



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“ANTEPROYECTO DE NUEVAS INSTALACIONES
PORTUARIAS EN MANTA, ECUADOR”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA CIVIL

PRESENTA:

ADRIANA HERNÁNDEZ MENDOZA

ASESORA: AMALIA ADRIANA CAFAGGI FÉLIX

México D.F., 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos por brindarme su apoyo incondicional en todo lo que he hecho.

A Ana Laura que es una de las personas que más admiro y siempre ha estado a mi lado.

A Karla Andrea que es mi motivo para seguir superándome.

A Rocío de la Aurora que es una gran amiga y ha estado al tanto de mi titulación.

A Adriana Cafaggi por todo el apoyo que me ha brindado.

A mis profesores porque gracias a ellos adquirí los conocimientos necesarios para llevar a cabo este trabajo.

A todas aquellas personas que se han cruzado por mi camino y han compartido una parte de su vida conmigo.

Contenido

Contenido.....	2
Tablas	2
Figuras	4
Introducción.....	8
1. Puerto existente.....	11
1.1 Generalidades.....	11
1.2 Instalaciones portuarias.....	14
1.3 Operaciones del puerto	19
1.4 Análisis del movimiento de la carga.....	21
2. Posición competitiva con otros puertos locales y regionales.....	32
2.1 A nivel local	32
2.2 A nivel regional.....	39
2.3 Evaluación la de posición competitiva a nivel local.....	42
3. Proyecciones de la carga	44
3.1 Carga general	44
3.1.1 Gráneles	44
3.1.2 Fluidos	47
3.2 Carga de contenedores	50
3.3 Pesca comercial	54
3.4 Automóviles.....	56
3.5 Pasajeros	58
4. Propuestas de distribución.....	60
4.1 Requerimientos de infraestructura.....	60
4.2 Opciones de desarrollo.....	62
5. Evaluación de las propuestas.....	67
6. Diseños preliminares de las diferentes componentes portuarias.....	76
6.1 Distribución conceptual	76
6.2 Obras de protección	79
6.3 Áreas de navegación.....	111
7. Conclusiones y recomendaciones	132
8. Glosario	140
9. Fuentes de Consulta.....	141

Tablas

Tabla 1 Longitud de muelles y profundidad con marea baja.....	15
Tabla 2 Importación según el tipo de carga en toneladas.....	22
Tabla 3 Exportación según el tipo de carga en toneladas.....	23
Tabla 4 Principales productos de importación en toneladas	24
Tabla 5 Principales productos de exportación en toneladas	25

Tabla 6	Total de carga en toneladas	26
Tabla 7	Contenedores movilizados en el puerto de Manta	27
Tabla 8	TEU's movilizados en el puerto de Manta.....	28
Tabla 9	Número de vehículos movilizados por el puerto de Manta.....	29
Tabla 10	Volumen de pasajeros	30
Tabla 11	Comparación de puertos locales.....	42
Tabla 12	Pesca nacional desembarcada.....	54
Tabla 13	Resultados de alturas de rompiente	88
Tabla 14	Pesos y espesores para cuando la ola rompe	91
Tabla 15	Cálculo de elementos prefabricados para coraza cuando la ola rompe	91
Tabla 16	Pesos y espesores para cuando la ola no rompe	92
Tabla 17	Cálculo de elementos prefabricados para coraza para cuando la ola no rompe	92
Tabla 18	Pesos y espesores para coraza y capa secundaria	94
Tabla 19	Pesos y espesores de las capas del.....	96
Tabla 20	Pesos y espesores para coraza y capa secundaria del	96
Tabla 21	Resumen del prediseño del rompeolas para los diferentes tramos	97
Tabla 22	Cálculo del Run-up	104
Tabla 23	Sobreanchos de maniobra en canales de acceso.....	114
Tabla 24	Franja de resguardo del talud, mangas.....	115
Tabla 25	Contrabilidad del Barco.....	115
Tabla 26	Tipos de dársenas de maniobras.....	117
Tabla 27	Dimensiones de la dársena de ciaboga	117
Tabla 28	Cálculo de la longitud del canal de acceso	121
Tabla 29	Cálculo de la franja de resguardo	122
Tabla 30	Cálculo de la contrabilidad del barco	122
Tabla 31	Cálculo de sobreanchos de maniobra.....	123
Tabla 32	Clasificación de la dársena de maniobra	126
Tabla 33	Cálculo de las dimensiones de la dársena de ciaboga.....	126
Tabla 34	Tipo de embarcaciones.....	129
Tabla 35	Rangos de probabilidad de ocurrencia de la altura de ola.....	136
Tabla 36	Diseño de secciones y costo por metro lineal	137

Tabla 37 Costo esperado de daños.....	137
Tabla 38 Costos totales de inversión.....	138

Figuras

Figura 1 Mapa de la ubicación de Manta.....	11
Figura 2 Ventajas geográficas de Manta.....	12
Figura 3 Vista aérea del puerto de Manta.....	13
Figura 4 Muelles en espigón (Muelles internacionales 1 y 2).....	14
Figura 5 Muelle marginal.....	14
Figura 6 Muelle de apoyo a operaciones.....	15
Figura 7 Estructura de atraque armada.....	16
Figura 8 Patio 600.....	16
Figura 9 Patios 300, 400 y 500.....	17
Figura 10 Puertas de acceso al puerto.....	18
Figura 11 Importación según el tipo de carga en toneladas.....	22
Figura 12 Exportación según el tipo de carga en toneladas.....	23
Figura 13 Principales productos de importación en toneladas.....	24
Figura 14 Principales productos de exportación en toneladas.....	25
Figura 15 Total de carga en toneladas.....	26
Figura 16 Contenedores movilizados en el puerto de Manta.....	27
Figura 17 TEU's movilizados en el puerto de Manta.....	28
Figura 18 Número de vehículos movilizados en el puerto de Manta.....	29
Figura 19 Número de pasajeros tripulantes.....	30
Figura 20 Puerto de Guayaquil.....	33
Figura 21 Bananapuerto.....	34
Figura 22 Trinipuerto.....	35
Figura 23 Puerto de Esmeraldas.....	36
Figura 24 Puerto Bolívar.....	37
Figura 25 Puerto de Posorja.....	38

Figura 26 Puerto de Callao	40
Figura 27 Puerto de Buenaventura	41
Figura 28 Indicadores de eficiencia portuaria, promedios 2001-2006.....	43
Figura 29 Proyecciones base de importaciones de gráneles en Ecuador.....	44
Figura 30 Proyecciones base de importaciones de gráneles.....	45
Figura 31 Proyecciones de posibles variaciones de importación de gráneles	46
Figura 32 Proyecciones base de fluidos.....	48
Figura 33 Proyecciones de posibles variaciones de fluidos.....	49
Figura 34 Proyecciones base de carga de contenedores	50
Figura 35 Comparativa de proyecciones base de carga de contenedores	51
Figura 36 Proyecciones de posibles variaciones de carga de contenedores	52
Figura 37 Pesca nacional desembarcada	54
Figura 38 Proyecciones base de carga de automóviles	56
Figura 39 Proyecciones de posibles variaciones de automóviles	57
Figura 40 Crecimiento de volumen de pasajeros	58
Figura 41 Índice natural de crecimiento y crecimiento acelerado al final de suministro ...	59
Figura 42 Zona de Pescadores	62
Figura 43 Propuesta 1.....	63
Figura 44 Propuesta 2.....	63
Figura 45 Propuesta 3.....	64
Figura 46 Propuesta 4.....	64
Figura 47 Propuesta 5.....	65
Figura 48 Propuesta 6.....	65
Figura 49 Propuesta 7.....	66
Figura 50 Propuesta 1.....	68
Figura 51 Propuesta 2.....	69
Figura 52 Propuesta 3.....	70
Figura 53 Propuesta 4.....	71
Figura 54 Propuesta 5.....	72
Figura 55 Propuesta 6.....	73
Figura 56 Propuesta 7.....	74

Figura 57 Distribución conceptual de la propuesta 7	76
Figura 58 Fases de crecimiento de la propuesta 7	77
Figura 59 Olas incidentes y rompeolas	79
Figura 60 Esquema de una ola rompiente.....	82
Figura 61 Esquema de definición de “Run-up”	83
Figura 62 Parte expuesta, protegida, punto de inflexión y morro del rompeolas.....	85
Figura 63 Parte del rompeolas expuesta al oleaje.....	86
Figura 64 Zona de rompiente	90
Figura 65 Parte del rompeolas protegida del oleaje	93
Figura 66 Punto de inflexión y Morro del rompeolas	95
Figura 67 Tramo 1 (del cadenamiento 0+000 al 0+660).....	98
Figura 68 Tramo 2 (del cadenamiento 0+660 al 1+460).....	99
Figura 69 Tramo 3 (del cadenamiento 1+460 al 1+680).....	100
Figura 70 Tramo 4 (del cadenamiento 1+680 al 2+280).....	101
Figura 71 Tramo 5 (del cadenamiento 2+300)	102
Figura 72 Tramo 6 (del cadenamiento 1+040 al 2+280).....	103
Figura 73 Empotramiento del rompeolas.....	105
Figura 74 Cambio en la elevación del núcleo.....	105
Figura 75 Cuerpo del rompeolas.....	106
Figura 76 Punto de inflexión y Morro.....	106
Figura 77 Sección tipo del cadenamiento 0+000 al 0+120	107
Figura 78 Sección tipo del cadenamiento 0+120 al 0+320	107
Figura 79 Sección tipo del cadenamiento 0+320 al 0+660	108
Figura 80 Sección tipo del cadenamiento 0+660 al 1+040	108
Figura 81 Sección tipo del cadenamiento 1+040 al 1+460	109
Figura 82 Sección tipo del cadenamiento 1+460 al 1+680	109
Figura 83 Sección tipo del cadenamiento 1+680 al 2+280	110
Figura 84 Sección tipo del cadenamiento 2+300.....	110
Figura 85 Parámetros para una vía navegable.....	113
Figura 86 Factores para determinar la profundidad del canal.....	116
Figura 87 Dársena de servicio con atraque en línea en ambos lados	118

Figura 88 Alineamiento en planta del canal de acceso.....	120
Figura 89 Longitud del canal de acceso	121
Figura 90 Ancho del canal de acceso	124
Figura 91 Dársena de ciaboga	127
Figura 92 Embarcaciones	129
Figura 93 Dimensiones de la dársena de atraque	130
Figura 94 Áreas de navegación	131
Figura 95 Gráfica costos de obras de protección	138

Introducción

La actividad portuaria contribuye a la independencia económica de las naciones y representa un factor estratégico en su comercio internacional. Los puertos contribuyen al desarrollo de los países, no sólo por el hecho de jugar un papel esencial en el tráfico exterior, sino porque también actúan como promotores del crecimiento de las áreas en las que están ubicados, promueven determinados tráficos, generan ingresos para el estado (tasas portuarias), crean empleo con el consiguiente aumento en la calidad de vida.

Es importante destacar el carácter multiproductivo de la actividad portuaria, en la que se desarrollan múltiples servicios en los cuales intervienen numerosos agentes y organismos: consignatarios, empresas estibadoras, autoridades portuarias, remolcadores, aduanas, astilleros, aseguradoras, cargadores, depósitos comerciales, etc.

La tendencia, sin embargo, apunta a que la función de los puertos deberá exceder con creces la de proporcionar servicios al buque y a la carga. Aunque actuar como interfase entre el medio marítimo y el terrestre siga siendo su rol primordial, los puertos tienden cada vez más a integrarse en las cadenas logísticas de producción, transporte y distribución y a convertirse en verdaderos centros de valor agregado, de tal manera que actúan no como un mero eslabón más de la cadena del transporte, sino que conforman un entorno productivo y logístico de gran importancia, en los se realizan entre otras, actividades industriales, turísticas, de negocios, que van mucho más allá del simple intercambio modal.

El actual papel que juegan los puertos en la economía mundial ha sido consecuencia de un proceso lento que se ha desarrollado a la par con el comercio mundial, pero que en las últimas décadas se ha catalizado por factores como la globalización económica, el desarrollo en las tecnologías del transporte, la integración de las cadenas logísticas, la búsqueda de economías de escala y la reducción en los costos.

También en las últimas décadas, se ha producido una intensificación de la competencia entre puertos y una especialización de las operaciones, de tal manera que la unidad operativa básica no es ya el puerto en su conjunto, sino las terminales de carga, ubicadas dentro de las zonas de servicios portuarios y las zonas especializadas en un determinado tipo de tráfico.

Los buques mayores presentan mayores economías en el transporte de la carga, pero precisan de mayor eficacia y eficiencia en su manipulación y mayor productividad en la carga y descarga, lo que obliga a la mejora de los rendimientos de los medios de transferencia que llevan inevitablemente a una especialización, tanto de buques como de terminales. De tal forma que, si hace unas décadas un puerto manejaba cargas en general sin especificar, hoy en día las terminales se especializan en tipos de producto cada vez más concretos: contenedores, gráneles líquidos, gráneles sólidos, entre otros.

Es comúnmente reconocida la prioridad que ocupa el comercio exterior en las políticas económicas de las naciones comercialmente más poderosas, a grado tal que las ha llevado a desarrollar, conjuntamente con el sector privado, programas de inversión y organización muy importantes para mantener a los bienes producidos en los países correspondientes, en posición competitiva respecto de las otras naciones.

En materia portuaria, casi la totalidad de las inversiones para asegurar el nivel competitivo requerido, se ha concentrado en terminales de contenedores y para servicios multimodales. A lo anterior se suman la especialización para incrementar la eficiencia de los sistemas de transporte que utilizan en las cadenas logísticas, agregando a ello el uso de sistemas de control, tramitación y seguimiento a base de teleinformática.

La eliminación gradual de las barreras de comercio, la rápida generación de información relacionada con flujos de mercado y las notables mejoras en la infraestructura de comunicaciones y transportes, han dado gran movilidad y un importante cambio a los flujos de comercio.

El cambio en las políticas económicas de numerosos países al sustituir su esquema de importaciones para ser exportadores, ha desembocado en importantes aumentos en el ámbito de la competencia en los mercados internacionales.

El transporte marítimo es el medio que ha experimentado mayores cambios tecnológicos y de organización. El incremento del tamaño de los barcos para el transporte de cargas, han producido un impacto dramático en la planeación, demandas de equipamiento, operación y administración de los puertos. En su productividad, en sus conexiones con el transporte terrestre, en el personal necesario, etc. Los puertos se han transformado en sitios intensivos de mano de obra y de capital. Sin embargo, el cambio más importante de todos estos nuevos desarrollos es el relativo al entorno de competencia bajo un concepto integral en materia de transporte y distribución. En ello, los puertos, se vuelven pieza clave lo cual ha traído como consecuencia la aparición de nuevas modalidades de uso como la de los puertos concentradores o principales, los de reembarque y los alimentadores.

Ahora se demanda mayor rapidez, confiabilidad y seguridad, costos reducidos, integración del comercio exterior y de las cadenas de transporte. Intermodalismo, desarrollo de redes de distribución integradas con transferencias en puertos concentradores; especializados y economías de escala en la operación de buques transoceánicos, flexibilidad y opciones múltiples para el usuario de transporte.

El presente trabajo surge por la necesidad que se tiene en el ámbito portuario de modernizar las instalaciones del puerto de Manta para que sea más competitivo y haya una mejora económica, tanto en la propia ciudad de Manta, como en el resto del país, Ecuador.

Para determinar cuáles son las necesidades que se tiene en el puerto de Manta se empieza por describir las condiciones actuales de dicho puerto, se menciona cuales son las cargas que se manejan y en qué cantidad; y finalmente se hace una comparación con otros puertos, con el propósito de saber las ventajas que se tiene sobre éstos.

Con el propósito de determinar la infraestructura necesaria para la modernización del puerto, se mencionan cuales son las proyecciones de carga y se describen las propuestas de distribución. Al evaluar las propuestas, se procede a hacer la distribución de áreas dentro del puerto y se realiza el diseño preliminar de la obras de protección y áreas de navegación del mismo.

Este trabajo busca dar un panorama general sobre el diseño preliminar de un puerto, tomando en cuenta solo algunas de las muchas variables que intervienen en la operación de éste.

1. Puerto existente

1.1 Generalidades

Manabí es una provincia al noroeste de Ecuador. Su capital es Portoviejo; limita al oeste con el Océano Pacífico, al norte con la provincia de Esmeraldas, al este con las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos, al sur con la provincia de Santa Elena y al sureste con la provincia de Guayas.

En su costa se encuentra la ciudad y puerto de Manta, el cual es un importante centro pesquero y de transferencia de carga de Ecuador.

El Puerto de Manta está situado en el área central en la costa ecuatoriana con Latitud S 0°56' y Longitud W 80°43'.

Figura 1 Mapa de la ubicación de Manta
(Fuente: Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



El puerto de Manta tiene una excelente posición geoestratégica y características físicas:

- Es el puerto más cercano de Asia en la Costa oeste de Sudamérica.
- El Puerto de Manta es el de mayor proximidad en toda Sudamérica a las grandes terminales de transferencia internacional del lejano oriente.
- Está a solo 600 millas del Canal de Panamá.
- Las profundidades de 15 y 18 metros se encuentran a solo 150 metros y 400 respectivamente de los muelles actuales.
- Se encuentra a 25 millas de la Ruta Internacional de Tráfico.
- El puerto es un punto estratégico para los negocios portuarios, el comercio exterior por vía marítima, aérea y el turismo de trasatlánticos, en una ruta enlazada con Puertos de Estados Unidos, Panamá, Perú, Chile y Argentina.
- Está a 56 millas de la línea equinoccial.

Figura 2 Ventajas geográficas de Manta
(Fuente: Página web, Autoridad Portuaria de Manta)



El Puerto de Manta es un puerto abierto y de profundidades naturales de 12 metros en la marea más baja, no presenta problemas al ingreso de las naves de gran *calado* a los muelles internacionales y marginales, lo que lo denomina como “Puerto de Aguas Profundas”.

El puerto cuenta con dos zonas francas: Zona Franca de Manta a 3,5 km y ZOFRAMA (que aseguran la existencia de grandes extensiones de áreas de almacenaje) a 22 km de distancia. Además, la ciudad de Manta tiene un Aeropuerto Internacional a menos de 5 km de las instalaciones portuarias, que cuenta con una de las mejores pistas de Sudamérica, el cual permite el arribo de naves de gran tonelaje, como el Antonov.

El Puerto de Manta maneja varios tipos de carga incluyendo la carga pesquera local y cargas internacionales como contenedores, vehículos, fluidos (excluye petróleo), gráneles y pasajeros. La carga internacional se genera casi exclusivamente de producción doméstica o consumos domésticos (no de trasbordo).

Figura 3 Vista aérea del puerto de Manta
(Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



1.2 Instalaciones portuarias

La configuración principal de muelles consiste en la siguiente infraestructura:

- Dos muelles en espigón de 200 m (Muelles Internacionales 1 y 2) con posiciones de atraque en ambos lados, permitiendo un total de 800 m de longitud de atraque para embarcaciones internacionales.

Figura 4 Muelles en espigón (Muelles internacionales 1 y 2)
(Fuente: Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



- Un muelle marginal de 610 m para apoyar la descarga y actividades de soporte de la flota pesquera.

Figura 5 Muelle marginal
(Fuente: Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



- Un muelle de apoyo a operaciones que también sirve como fondeadero para embarcaciones de hasta 25 m y accesible de ambos lados.

Figura 6 Muelle de apoyo a operaciones

(Fuente: Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



La longitud y profundidad de los muelles se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Longitud de muelles y profundidad con marea baja
(Fuente: Página web, Autoridad Portuaria de Manta)

Muelle Internacional No. 1	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
Atracadero No. 1	200	45	12
Atracadero No. 2	200	45	12

Muelle Internacional No. 2	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
Atracadero No. 3	200	45	12
Atracadero No. 4	200	45	12

Muelle Marginal (Pesquero y Cabotaje)	
Longitud (m)	Profundidad (m)
0 a 100 m	2,00 – 5,40
100 a 200 m	5,40 – 5,70
300 a 400 m	5,90 – 5,90
400 a 500 m	5,90 – 9,20
500 a 620 m	9,20 – 9,70

- Una estructura de atraque para la Armada de 50 m.

Figura 7 Estructura de atraque armada

(Fuente: Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



La configuración del patio de almacenamiento principal consiste en aproximadamente 13,5 hectáreas divididas en los siguientes lotes:

- El Patio 600 es el área de almacenamiento principal de carga de contenedores, el cual es de aproximadamente 3,2 hectáreas y está equipado con 60 tomacorrientes para contenedores refrigerados.

Figura 8 Patio 600

(Fuente: Página web, Autoridad Portuaria de Manta)



Los Patios 300, 400 y 500 sirven como áreas generales de almacenamiento que se utilizan actualmente para almacenar carga de entrada-salida roll-on roll-off (RORO), carga general, y área de reparación de redes de pesca. Al equipo portuario se le da mantenimiento en sitio en un área de mantenimiento informal adjunta al Patio 500.

Figura 9 Patios 300, 400 y 500

(Fuente: Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



El acceso al puerto se hace a través de tres áreas de acceso informales. Estas puertas de acceso tienen distintas funciones y sirven para los siguientes propósitos:

- *Un complejo de puertas de acceso para todo el tráfico de carga que ingresa al puerto. Este tráfico tiene que pasar un control antinarcóticos antes de ingresar a la instalación portuaria.*
- *Un complejo de puertas de acceso a los muelles internacionales los cuales dan uso múltiple de entrada y salida a todo el personal de los muelles internacionales. Esta puerta también se utiliza como puerta de salida de carga importada.*
- *Una puerta de direcciones múltiples que provee servicio a todo el personal y carga que trabajan en los muelles pesqueros.*

El personal de operaciones y administración del puerto ocupa dos edificios dentro del área del puerto. También existen dos edificios a las afueras del puerto que son usados por la gerencia y administración; uno de los edificios es utilizado por la Autoridad Portuaria de Manta.

Existen además otros tres edificios dentro de los terrenos del puerto, dos de los cuales son utilizados por la Armada Ecuatoriana y el tercero es un edificio de almacenaje que está inutilizado y adyacente al Patio 400.

Figura 10 Puertas de acceso al puerto
(Fuente: Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto)



Vías de Ingreso:

- Paso Lateral que conecta al Puerto con la Vía Manta - Rocafuerte - Quito - Guayaquil, longitud 18 kilómetros.
- Malecón y Avenida 4 de Noviembre que conecta al Puerto con las vías a Quito y Guayaquil, longitud 5,1 kilómetros.

1.3 Operaciones del puerto

Las operaciones en el puerto se llevan a cabo con poco uso de su infraestructura. A continuación se presenta una breve descripción del proceso de flujo de cada tipo de carga.

Operación de contenedores:

- Las operaciones en muelle para contenedores se llevan a cabo usando equipo propio de las embarcaciones, las cuales cargan los contenedores directamente de la embarcación al muelle internacional.
- Una vez en el muelle, cargadores frontales son utilizados para izar los contenedores sobre los chasis de carga para traslado hacia los patios de almacenamiento.
- En los patios de almacenamiento, los contenedores son apilados por Cargadores Frontales (*Top Lifters*) y se les deja en espera hasta ser montados en camiones de carga.

Operaciones de granos:

- El grano se descarga utilizando equipo propio de la embarcación y cucharones almeja suministradas por los estibadores.
- Los cucharones de almeja descargan el grano a tolvas móviles.
- Las tolvas actúan como reguladores que descargan directamente a los camiones.
- Los camiones transportan el grano directamente a molinos y silos locales fuera del puerto.

Operaciones de aceites comestibles:

- Los aceites comestibles son cargados y descargados en el Puerto de Manta.

Operaciones de carga de embarcaciones:

- Los camiones cisterna se conectan (dos al mismo tiempo) a bombas con capacidad de 100 toneladas por hora.
- Las bombas transfieren la carga a través de mangueras flexibles directamente a la embarcación.

Operaciones de descarga de embarcaciones:

- Las embarcaciones descargan directamente con bombas propias a los camiones cisterna.

Operaciones de automóviles:

- Los automóviles son descargados por rampas de llegada-salida (RORO) directamente a los atracaderos internacionales y son conducidos por estibadores a las áreas de almacenamiento designadas (generalmente los Patios 300, 400 y 500).
- El transporte de automóviles fuera del recinto portuario se hace ya sea por medio de camiones o también son conducidos directamente a su destino.

Operaciones de embarcaciones de pasajeros:

- Los pasajeros desembarcan directamente a los muelles internacionales.
- Los pasajeros son transportados fuera del área portuaria a través de camiones o taxis.

Operaciones de carga general suelta:

- La carga y descarga de carga general se hace directamente al muelle con equipo propio de las embarcaciones.
- Una vez en el muelle, la carga general se descarga en camiones plataforma y se la transporta a los patios de almacenamiento o directamente se la llevan fuera del puerto.

Operaciones de carga pesquera:

- La flota pesquera descarga directamente a camiones con equipo propio de las embarcaciones o con grúas móviles rentadas.

1.4 Análisis del movimiento de la carga

La productividad de las operaciones del puerto corresponde al volumen de la carga transferida (embarcada y desembarcada) por unidad de tiempo de la nave atracada en el muelle.

La carga promedio correspondiente al rubro de las importaciones en los últimos años ha sido de 451.931* toneladas, de los cuales el 82% de la carga corresponde a gráneles tales como trigo, soya y maíz; el 11% a fluidos tales como aceites vegetales y de palma.

La carga contenerizada alcanzó el 0,004%, mientras que la carga general en la que se ubica la importación de vehículos correspondió al 7%.

Las importaciones han experimentado un notable crecimiento debido a la demanda de materia prima necesaria para la elaboración de los productos de consumo masivo.

En lo referente al volumen de exportaciones entre los años 1999-2002 se puede observar que el promedio de carga corresponde a 81.768 toneladas, de los cuales el 9,40% corresponde a gráneles, el 22 % a fluidos, el 62,05% a contenedores y por último las exportaciones generales son del 7%.

Entre los años 2003-2007 se observa que el promedio de carga es de 159.434 toneladas, de las cuales el 56,54% corresponde a los contenedores, el 0,37% a gráneles, el 42,11% a fluidos, el 0,98% corresponde a la carga general.

Las exportaciones en el año 2009, han alcanzado 591.723 toneladas, de las cuales el 6,4% es de la carga general, el 0,13% corresponde a los contenedores, el 76% a gráneles, y el 17% a fluidos.

* En la notación se utiliza “,” para separar decimales y “.” para miles, como en el Sistema Internacional.

Tabla 2 Importación según el tipo de carga en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	General	Contenedores	Granel sólido	Granel líquido	Total
1999	7.709	14.911	157.786	29.782	210.188
2000	5.175	5.467	210.838	50.225	271.705
2001	23.136	19.860	247.530	61.994	352.520
2002	60.627	40.178	290.713	39.727	431.245
2003	75.594	55.531	301.331	34.363	466.819
2004	31.572	55.485	296.871	40.236	424.164
2005	20.568	72.397	321.801	42.271	457.037
2006	29.497	11.040	377.122	103.558	521.217
2007	33.267	1.926	368.947	47.791	451.931
2008	58.307	447	436.378	101.896	597.723
2009	38.304	773	450.785	101.861	591.723
2010*	11.969	128	187.151	19.786	219.034

* Primer trimestre Marzo 31 de 2010

Figura 11 Importación según el tipo de carga en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

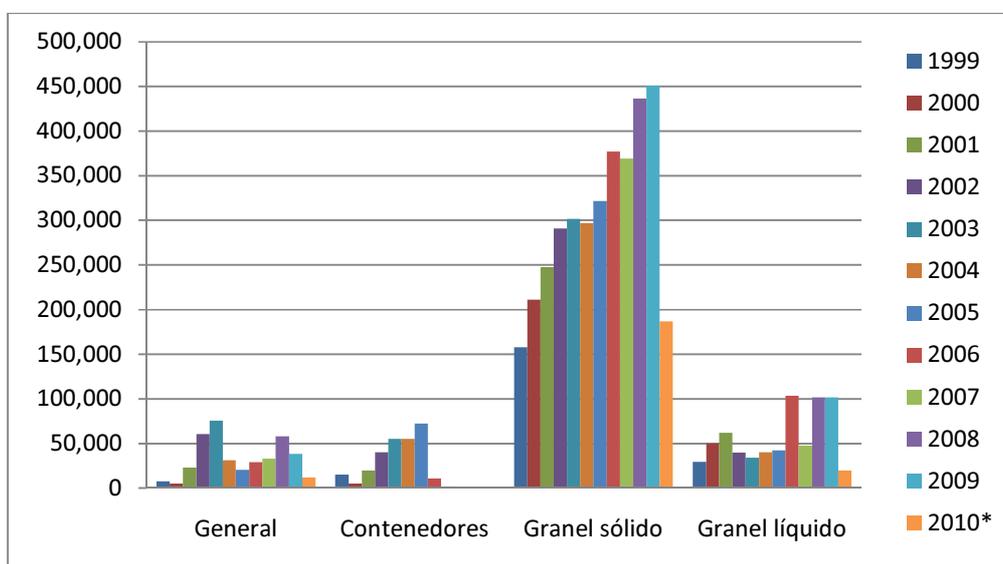


Tabla 3 Exportación según el tipo de carga en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	General	Contenedores	Gráneles	Fluidos	Total
1999	5.117	42.591	7.413	17.051	72.172
2000	5.210	54.384	10.669	16.304	86.567
2001	10.309	42.585	8.924	20.040	81.858
2002	2.268	63.382	3.734	17.089	86.473
2003	1.154	94.257	63	35.484	130.958
2004	1.604	99.876	2.092	29.840	133.412
2005	692	127.248	676	90.705	219.321
2006	3.741	93.979	-	81.709	179.429
2007	628	35.345	149	97.926	134.048
2008	10.554	16.994	-	28.836	56.384
2009	3.470	31.773	-	40.191	75.434
2010*	9	3.779	-	1.476	5.264

* Primer trimestre Marzo 31 de 2010

- No hay datos

Figura 12 Exportación según el tipo de carga en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

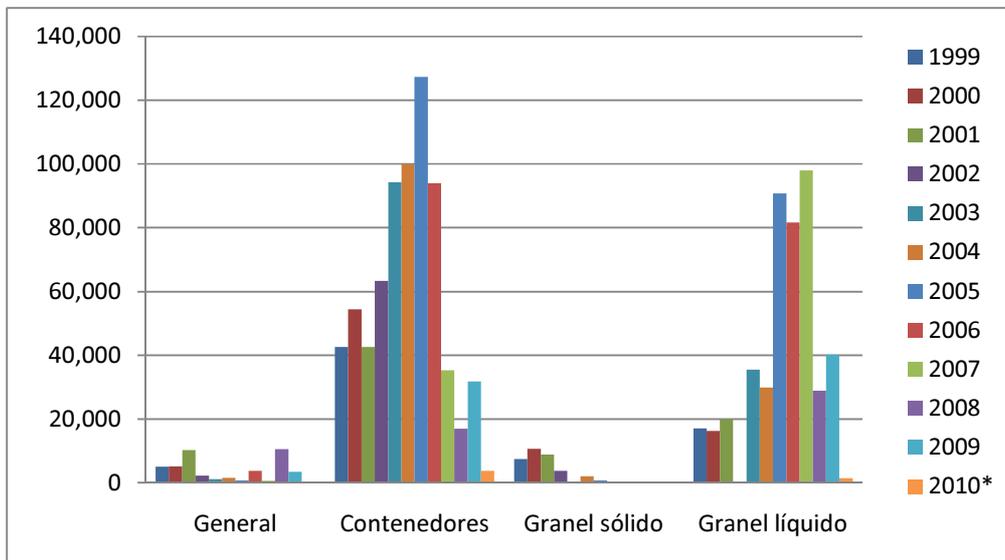


Tabla 4 Principales productos de importación en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	Aceites Vegetales	Atún Congelado	Cemento Arcilla	Soda Cáustica	Vehículos y maquinaria	Cereales y Leguminosas	Trigo
1999	26.309	23.342	-	3.960	2.832	4.447	130.285
2000	42.727	51.069	-	8.056	2.646	-	159.783
2001	57.690	76.296	-	5.141	14.955	4.980	166.224
2002	35.803	89.671	25.603	6.205	35.070	42.495	164.623
2003	32.201	109.087	52.312	3.108	49.640	6.468	181.553
2004	36.335	106.959	-	5.184	46.731	44.623	159.968
2005	37.728	90.213	-	5.230	68.413	12.870	221.069
2006	99.437	115.685	-	4.641	30.700	24.689	227.626
2007	41.802	131.383	-	6.002	33.224	30.094	207.026
2008	96.459	117.977	-	5.437	58.316	64.825	252.849
2009	96.778	136.567	7.783	5.083	34.169	25.268	279.920

- No hay datos

Figura 13 Principales productos de importación en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

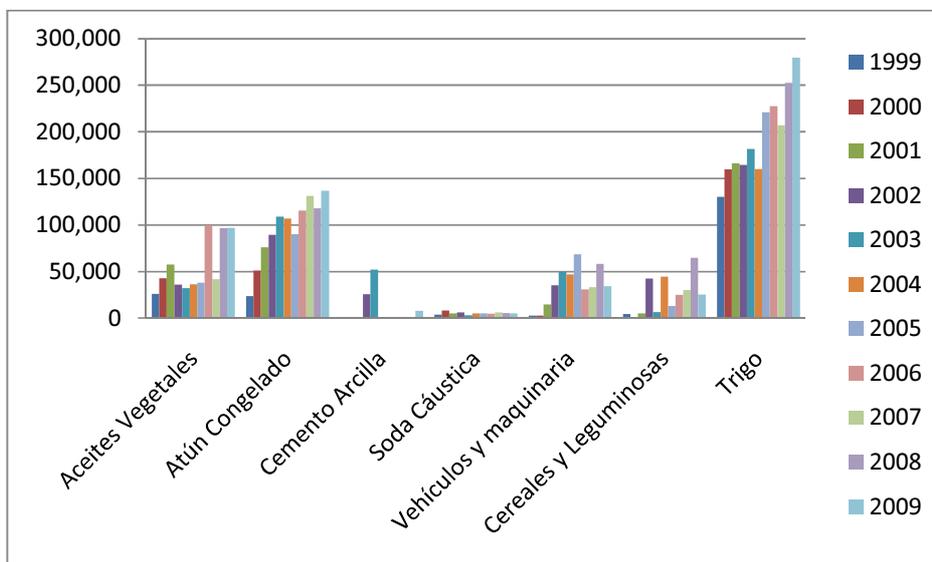


Tabla 5 Principales productos de exportación en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	Aceites Vegetales	Pescado, Mariscos	Banano	Harina de Pescado	Café	Cacao
1999	15.430	31.418	5.708	3.638	1.310	3.009
2000	13.344	40.322	9.544	7.057	1.655	2.325
2001	20.164	37.902	3.203	503	2.998	3.404
2002	17.477	51.843	3.963	1.782	2.741	1.719
2003	35.404	76.452	5.991	1.926	3.235	470
2004	30.270	77.753	5.524	1.839	4.117	-
2005	91.553	109.701	5.985	1.312	5.198	-
2006	82.871	80.718	6.804	1.707	284	-
2007	96.964	23.718	9.798	-	359	-
2008	28.836	14.907	1.547	-	-	-
2009	41.350	29.969	101	-	-	-

- No hay datos

Figura 14 Principales productos de exportación en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

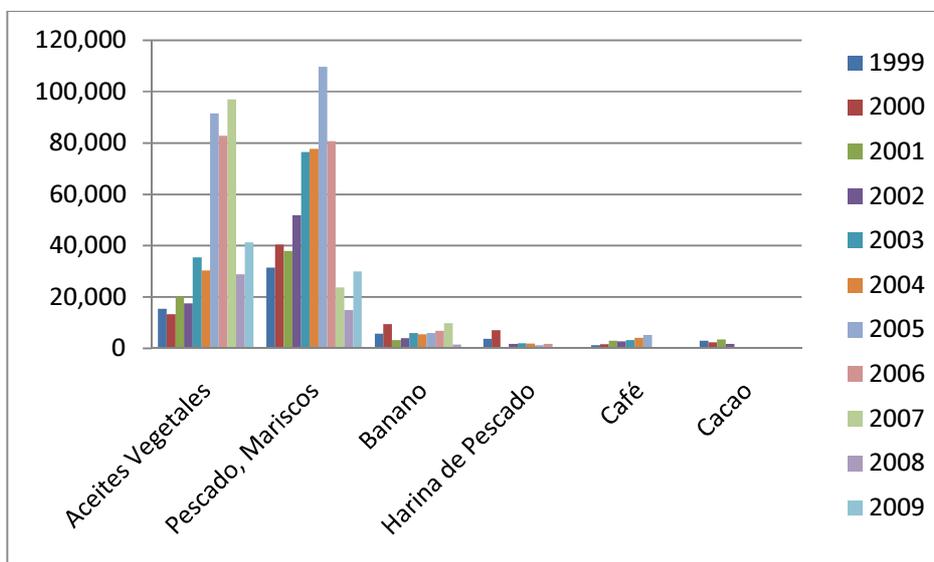


Tabla 6 Total de carga en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	Importación	Exportación	Transbordo	Total
1999	210.187	72.172	14.089	296.448
2000	271.705	86.567	1.747	360.019
2001	352.521	81.856	10.964	445.341
2002	431.245	86.473	40.824	558.542
2003	466.819	130.958	23.185	620.962
2004	424.164	133.412	3.805	561.381
2005	457.037	219.321	3.680	680.038
2006	521.217	179.429	12.625	713.271
2007	451.931	134.048	9.452	595.431
2008	597.028	56.384	132	653.544
2009	591.723	75.434	269	667.426
2010*	219.034	5.264	326	224.624

* Primer trimestre Marzo 31 de 2010

Figura 15 Total de carga en toneladas
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

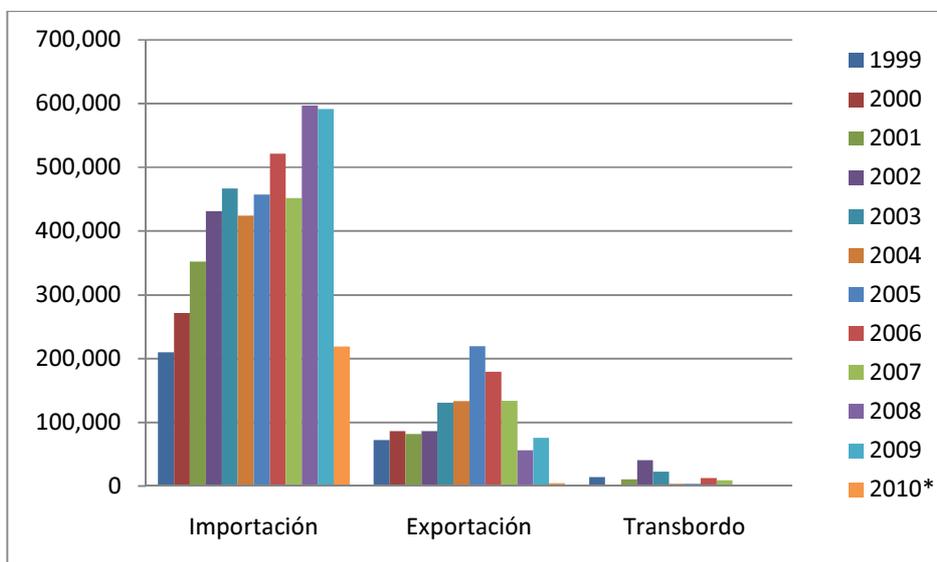


Tabla 7 Contenedores movilizados en el puerto de Manta
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	Importación	Exportación	Transbordo	Total
1999	1.539	2.861	-	4.400
2000	545	3.033	-	3.578
2001	2.466	3.293	-	5.759
2002	5.136	5.972	1.678	12.786
2003	7.524	8.136	1.041	16.701
2004	6.828	7.320	1	14.149
2005	9.535	11.643	1	21.179
2006	2.408	5.997	933	9.338
2007	164	1.750	617	2.531
2008	185	778	4	967
2009	832	1.394	-	2.226
2010*	145	158	14	317

* Primer trimestre Marzo 31 de 2010

- No hay datos

Figura 16 Contenedores movilizados en el puerto de Manta
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

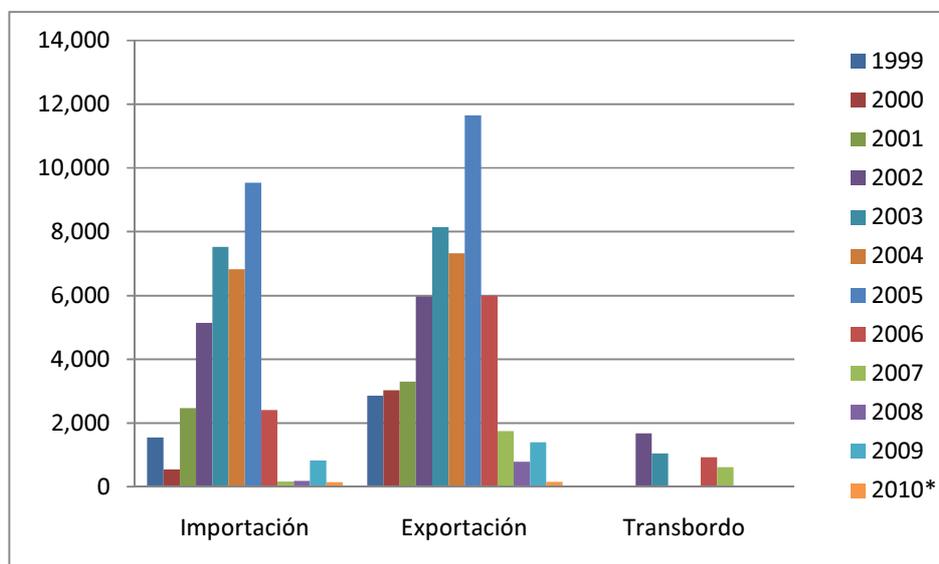


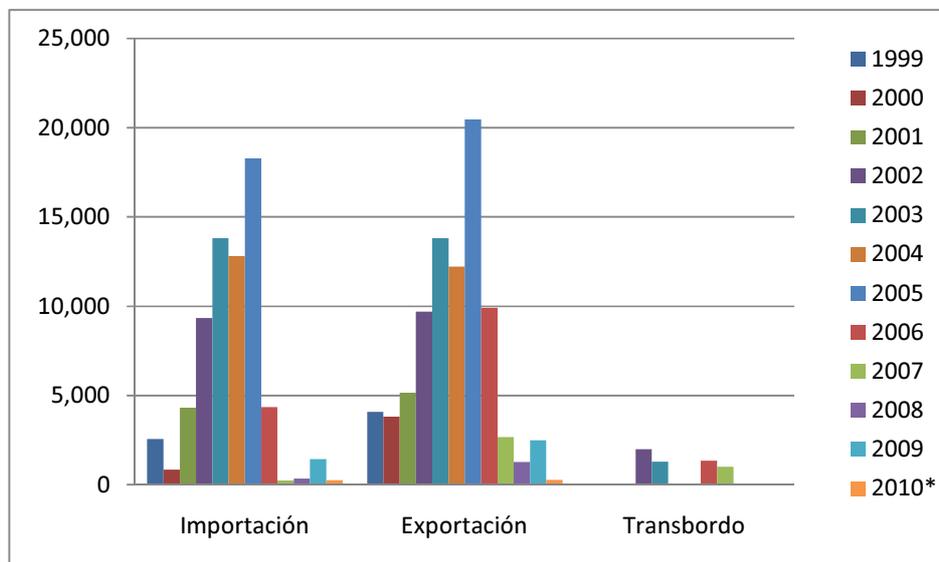
Tabla 8 TEU's movilizados en el puerto de Manta
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	Importación	Exportación	Transbordo	Total
1999	2.560	4.091	-	6.651
2000	851	3.820	-	4.671
2001	4.321	5.160	-	9.481
2002	9.353	9.694	1.988	21.035
2003	13.796	13.804	1.295	28.995
2004	12.807	12.226	1	25.064
2005	18.283	20.465	1	38.749
2006	4.360	9.909	1.338	15.607
2007	246	2.666	1.023	3.935
2008	361	1.281	8	1.650
2009	1.434	2.490	-	3.924
2010*	270	287	28	585

* Primer trimestre Marzo 31 de 2010

- No hay datos

Figura 17 TEU's movilizados en el puerto de Manta
(Fuente: Estadístico APM, 2010)



Manta se caracteriza por ser un importante importador de automóviles provenientes de reconocidas marcas de origen asiático como HYUNDAI y KIA.

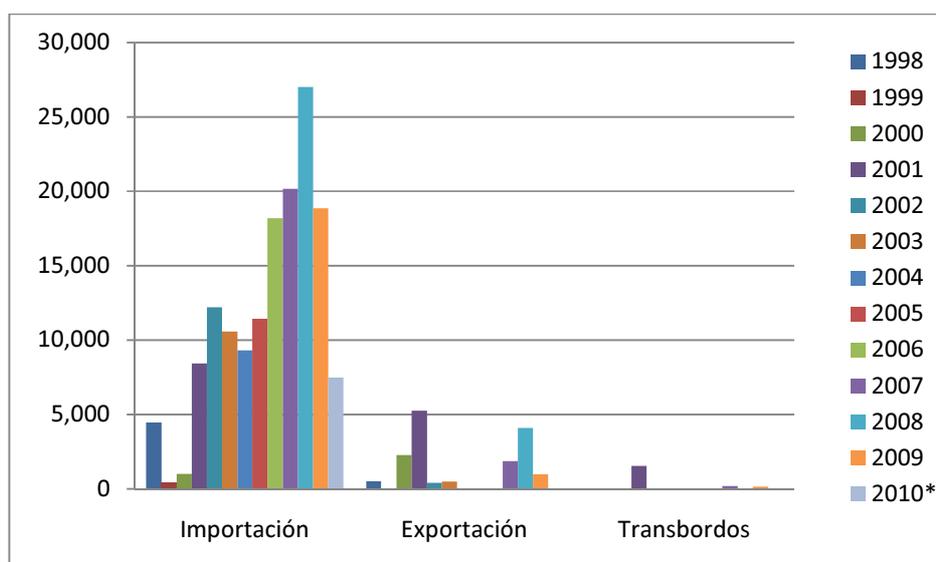
Tabla 9 Número de vehículos movilizados por el puerto de Manta
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	Importación	Exportación	Transbordos	Total
1998	4.481	531	-	5.012
1999	425	-	-	425
2000	1.013	2.293	-	3.306
2001	8.452	5.270	1.561	15.283
2002	12.198	397	30	12.625
2003	10.562	517	1	11.080
2004	9.317	14	-	9.331
2005	11.432	5	1	11.438
2006	18.184	26	-	18.210
2007	20.182	1.871	196	22.249
2008	27.001	4.090	1	31.092
2009	18.867	984	146	19.997
2010*	7.484	5	-	7.489

* Primer trimestre Marzo 31 de 2010

- No hay datos

Figura 18 Número de vehículos movilizados en el puerto de Manta
(Fuente: Estadístico APM, 2010)



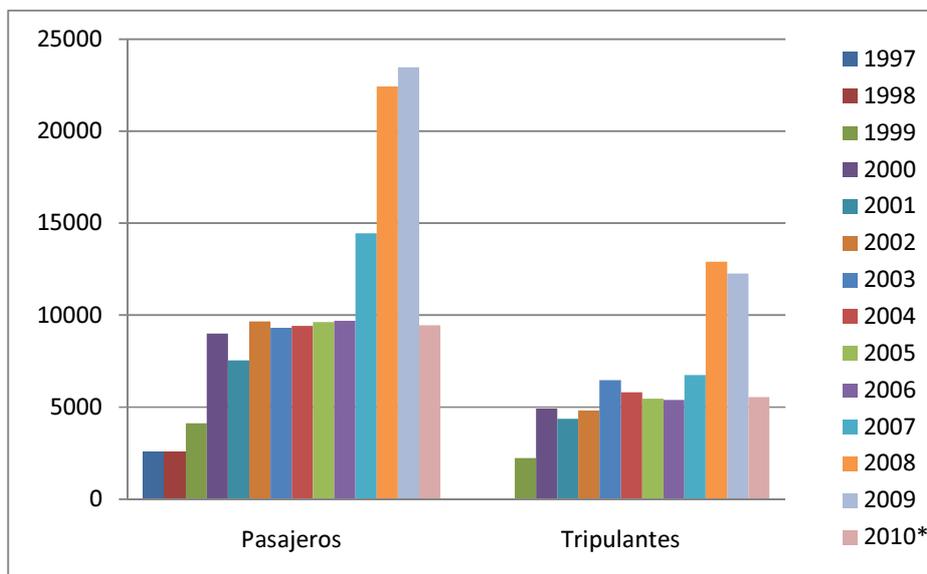
Los volúmenes históricos del Puerto de Manta desde 1999 hasta 2010 son:

Tabla 10 Volumen de pasajeros
(Fuente: Estadístico APM, 2010)

Año	No. De Buques	Pasajeros	Tripulantes
1997	5	2.589	-
1998	5	2.545	-
1999	6	4.121	2.227
2000	11	9.008	4.909
2001	9	7.526	4.365
2002	12	9.660	4.806
2003	14	9.297	6.476
2004	14	9.406	5.806
2005	11	9.621	5.456
2006	9	9.691	5.383
2007	15	14.431	6.734
2008	26	22.431	12.901
2009	21	23.473	12.254
2010*	13	9.445	5.544

* Primer trimestre Marzo 31 de 2010

Figura 19 Número de pasajeros tripulantes
(Fuente: Estadístico APM, 2010)



En el puerto de Manzanillo, México, el movimiento de TEU's del 2010 fue de 1.511.378, y en promedio del año 1999 al 2009, en tanto que Manta tuvo un movimiento de 14.524 TEU's lo que corresponde a menos del 1% del movimiento que tuvo Manzanillo. Por lo anterior, se puede inferir que la carga que se moviliza por el puerto de Manta es muy pequeña, y por lo tanto se tendrá que hacer una buena campaña para atraer carga.

2. Posición competitiva con otros puertos locales y regionales

Los Puertos considerados como posibles competidores debido a sus características y movimiento de carga son los siguientes:

2.1 A nivel local

Puerto de Guayaquil

El puerto marítimo de Guayaquil está localizado en la costa occidental de América del Sur, en la ciudad de Guayaquil.

Su ubicación geográfica es:

- Latitud 2° 16' 51" S
- Longitud 79° 54' 49" O

En esta ciudad se estima que se desarrolla el 60% de la actividad industrial y económica de Ecuador, contando con la ventaja de tener ya un núcleo de movimiento de contenedores y carga propia, pero con el inconveniente de su ubicación en el interior del Guayas, junto con las limitaciones de distancia y calado de su canal de acceso.

Casi el 91% del movimiento de contenedores en Ecuador es realizado a través de este Puerto.

Aunque el Puerto de Guayaquil cuenta con una demanda propia, se le podría considerar como competencia del Puerto de Manta en cuanto a exportaciones de productos de la pesca, frutas y vegetales provenientes de lugares del área de influencia de ambos puertos, y de importaciones de productos primarios e industrializados con destino a la Sierra.

El puerto de Guayaquil posee 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 adecuada para el desarrollo del comercio internacional, para lo que cuenta con medios óptimos para la ejecución de las operaciones.

Las principales características del puerto son:

- Área total del puerto: 200 hectáreas.
- Longitud total de la zona de los muelles es de 1.625 m.

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.

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

La Autoridad Portuaria de Guayaquil mueve el 70% del comercio exterior del país, y en Guayas compite con 17 puertos privados, que se ubican en la zona del canal del río Guayas, en los esteros del Muerto y Santa Ana. Los más grandes son Banapuerto, Fertisa, Trinipuerto, Terminal Portuaria del Guayas y los pesqueros de las atuneras Salica y Nirsa.

De menor tamaño son los muelles de Industrial Molinera, La Favorita y Sipresa, que proveen materia prima a esas empresas.

La mayor carga de TEU's (26%) que moviliza el puerto de Guayaquil es con destino a los Estados Unidos.

Figura 20 Puerto de Guayaquil
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



Puertos privados:

Fertisa: con un puerto de 47.000 m², descarga fertilizantes, bobinas de papel, cartonería, y contenedores refrigerados. De sus instalaciones salen contenedores con banano y otras frutas.

Banapuerto: del grupo Dole, descarga insumos y materiales para la empresa Procarsa, pero embarca plátano, piña, mango, pescado y camarón. Desde sus instalaciones, en las que trabajan 300 personas, salen semanalmente barcos con hasta 982 contenedores. Un total de 120 empresas se benefician de sus servicios, entre ellas Ecapalsa, Promarisco, Expoklore, Electrocables, Nestlé, Gaiman, Eurogress y Eurofish.

Figura 21 Bananapuerto
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



Trinipuerto: a diferencia de sus competidores, el 90% de la carga que maneja es importada. Se trata de gráneles (maíz, soya, trigo, fertilizantes, carbón y yeso) y solo exporta harina de pescado.

Figura 22 Trinipuerto
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



Puerto de Esmeraldas

La situación geoestratégica del Puerto de Esmeraldas con relación a los mercados de Asia y lo equidistante que se encuentra a los mercados del Sur, Centro y Norteamérica, lo ubican en un lugar muy favorable para el desarrollo de la actividad marítimo portuaria.

Este complejo portuario se encuentra en una estratégica posición de:

- Latitud: 00° 59' 39" N
- Longitud: 79° 38' 40" O

Es un puerto de aguas profundas, abrigado en una dársena, lo que permite una gran maniobrabilidad y atraque de las naves y que cuenta además con servicios calificados de remolques y practicaaje.

Además, cuenta con vías alternas que lo comunican con todas las regiones del país, como son:

- La ruta del Sol - acceso por el norte y sur de la provincia.
- Quito-Calacalí - La Independencia - Esmeraldas.

- Esmeraldas - San Lorenzo – Ibarra – Quito.
- Esmeraldas - Sto. Domingo – Aloag – Quito.

Esto lo convierte en un puerto de rápida transferencia de carga desde el modo marítimo al terrestre, de fácil acceso durante las 24 horas del día, los 365 días del año, optimizando así los recursos, tiempos de entrega y envío de las mercancías a los principales destinos comerciales de Ecuador y el mundo, cumpliendo con la misión de generar un transporte multimodal de carga eficiente “puerta a puerta”.

En este puerto está situada la principal terminal para la exportación de petróleo, además maneja las exportaciones de banano. Casi el 78% de su carga movilizada, es de importación, en donde los productos de los segmentos de Hierro-Acero y otros metales, junto con los de vehículos y maquinarias, representan más del 97% de las importaciones totales, lo que casi en su totalidad ingresa como Carga General (97% de las importaciones).

Las exportaciones del segmento madera y balsa representaron el 80% de las exportaciones, y su país destino es Japón.

Este sitio compite con el puerto de Manta por la carga de vehículos y maquinaria dirigida a la Sierra Norte Ecuatoriana, principalmente a la Provincia de Pichincha. Aunque Esmeraldas se dedica también a la pesca, no existen industrias de procesamiento representativas, por lo que las exportaciones en ese sector no son significativas.

Figura 23 Puerto de Esmeraldas
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



Puerto Bolívar

La Autoridad Portuaria del Puerto Bolívar, se encuentra localizada en el borde este del estero Santa Rosa frente a la isla de Jambelí.

Ubicación geográfica:

- Latitud: 03° 15' 55"
- Longitud: 80° 00' 01" W

Este puerto cuenta con instalaciones portuarias modernas, diseñadas para buques de hasta 20.000 toneladas de peso muerto y 9,1 metros de calado.

Es el segundo puerto con mayor movimiento de carga en el país (18,8%) y está dedicado casi en su totalidad a la exportación.

El Puerto Bolívar se encuentra localizado en una gran región agrícola destinada a la siembra de la fruta del banano, ubicada básicamente en la provincia de El Oro y parte de Azuay, Cañar, Guayas y Zamora. La mayor proporción de sus cargas pertenecen a productos no industrializados que se transportan como carga general (95,5% del total), y sólo una pequeña parte es movilizada en contenedores (45%).

En relación a la carga nacional, la zona de influencia de este puerto está fuera del área de influencia directa del Puerto de Manta, con lo que no se le considera como competidor directo.

Figura 24 Puerto Bolívar
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



Puerto de Posorja

Posorja es una zona natural para la construcción de un terminal de aguas profundas, ya que posee un área marítima con una profundidad de hasta 12 m, lo que permite el ingreso de buques tipo Panamax (que soporta alrededor de 65.000 toneladas de carga), lo que representa una fuerte competencia para el Puerto de Manta.

El proyecto de concesión de este puerto ya ha sido presentado y estará a cargo de la empresa extranjera Alianza Internacional Portuaria Alinport, la cual contempla la construcción de un puerto de aguas profundas en la parroquia Posorja, provincia de Guayas.

Además, la zona cuenta con condiciones climáticas estables y la cercanía de empresas relacionadas al negocio exportador, como las atuneras: Negocios Industriales Real (Nirsa), Sállica del Ecuador, y Empresa Pesquera Ecuatoriana (Empesec), entre otras. Éstas serán beneficiadas una vez que concluyan los trabajos del puerto, ya que significará un ahorro en los costos de transporte de sus productos. Aproximar los puntos de embarque a las empresas exportadoras, mejorará los costos.

La construcción del puerto está dividida en dos fases, la primera contará con un muelle de 595 m, más 262.000 m² para el patio de contenedores, donde puedan acceder barcos y cruceros de gran calado que ahora no pueden hacerlo por el puerto de Guayaquil. Con la infraestructura inicial, la meta será movilizar 730 mil TEU's (contenedores de 20 pies) cada año, con un patio de contenedores de 262 mil. En la segunda fase, se extenderán sus muelles hasta 980 m y se procesará 1,1 millones de TEU's mientras que, al final, abarcará 1,5 millones.

Figura 25 Puerto de Posorja
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



2.2 A nivel regional

Puerto de Callao - Perú

Es considerado como puerta de Lima hacia el exterior y futuro HUB del Océano Pacífico en América, es considerado como uno de los más seguros y espaciosos al Sur de América.

Se encuentra ubicado a 1.126 millas náuticas de Buenaventura - Colombia, 712 millas náuticas de Guayaquil - Ecuador, 593 millas náuticas de Arica - Chile, 813 millas náuticas de Antofagasta - Chile y 1.306 millas náuticas de Valparaíso - Chile.

Volumen de carga movilizada:

- Más del 50% de la carga marítima del Perú.
- Más de 22 millones de TM al año.
- Más de 1,1 millones de TEU's al año.

Su múltiple infraestructura compuesta por 8 muelles, 18 sitios de atraque y una capacidad de almacenaje de 264.473 m², le permite atender naves de portacontenedores, graneleras, petroleras y carga general.

Maneja actualmente 70% de la carga marítima del país y el 50% del comercio exterior, traducándose en 13,5 millones de toneladas al año; se especializa en el manejo de textiles, cereales, maquinaria, papel y alimentos procesados.

Sin embargo, el principal problema de este puerto es la congestión, lo cual genera sobre costos para los importadores en la demora de la entrega de su carga y del flete extra pagado en recoger su carga en los puertos vecinos.

Entre tres y cuatro barcos desisten arribar diariamente en la terminal marítima del Puerto del Callao, dirigiéndose a otros puertos para dejar su carga por la congestión que presenta, debido a que ha sobrepasado su capacidad operativa y actualmente su productividad es de aproximadamente 18 movimientos de contenedores por hora, que baja a diez movimientos en horas de mayor congestión.

Figura 26 Puerto de Callao
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



Puerto de Buenaventura - Colombia

Está ubicado cerca del Canal de Panamá, equidistante entre América del Norte y Sur. Es uno de los Puertos más cercano al Oriente, está en el Centro del Mundo y cerca de las principales rutas marítimas que atraviesan el planeta de Norte a Sur y de Oriente a Occidente.

Sus condiciones geográficas le permiten ser un puerto concentrador y de transbordo, optimizando el uso de los barcos de gran porte.

El puerto es multipropósito, de transporte multimodal. Permite el manejo y almacenamiento seguro y adecuado de todo tipo de carga en contenedores, en gráneles, fluidos, carga general y refrigerada.

Su canal de acceso tiene 21 millas de longitud totalmente señalizado, profundidad promedio de 34 pies, zonas de maniobras amplias y su zona de fondeo con una profundidad variable de 30 y 40 pies.

Muelles con longitud de 2.000 m con 12 atracaderos y amplia zona de aproximación. Muelle especializado en fluidos con una plataforma para operaciones de 60 m, profundidad promedio de 35 pies, capacidad para buques de hasta 200 m de eslora.

Figura 27 Puerto de Buenaventura
(Fuente: Boletín Estadístico Portuario)



2.3 Evaluación la de posición competitiva a nivel local

El Puerto de Manta está diversificado en términos de líneas de negocio y en los tipos de carga que maneja en sus instalaciones. Las líneas de negocio principales del Puerto incluyen:

- Carga: contenedores, carga general, automóviles, y gráneles y fluidos.
- Pesca: atún y pescado blanco.
- Pasajeros: llegada de cruceros de días múltiples en ruta.

El puerto de Manta es un portal de acceso a Ecuador y como tal tiene características con ventaja y desventaja con el resto de puertos Ecuatorianos y que se describen a continuación:

Tabla 11 Comparación de puertos locales

Puerto	Carga Manejada	Ventajas /Desventajas Competitivas
Puerto de Manta	Carga General Contenedores Gráneles Fluidos	<u>Desventajas</u> - Baja actividad de carga existente - Instalaciones actuales limitadas <u>Ventajas</u> - Acceso directo a mar abierto - Potencial de aguas profundas en el futuro
Puerto de Guayaquil	Carga General Contenedores Gráneles Fluidos	<u>Desventajas</u> - Restricciones de viento y marea - Espacio limitado de crecimiento <u>Ventajas</u> - Posición dominante de mercado - Base local de clientes grandes
Puerto de Esmeraldas	Carga General Contenedores Gráneles Fluidos	<u>Desventajas</u> - Localización física/ estuario <u>Ventajas</u> - Proximidad de plantaciones de aceite de palma - Proximidad al mercado de Quito
Puerto Bolivar	Carga General Contenedores Gráneles Fluidos	<u>Desventajas</u> - Localización física/ estuario <u>Ventajas</u> - Fuerte presencia del mercado general de carga

- La balanza de los movimientos de carga portuaria en los puertos de Ecuador determina su desarrollo a través de la operatividad y la dotación de asistencia técnica, indicadores que varían en cada terminal portuaria del país debido a factores naturales, económicos e incluso políticos.

A nivel nacional, se estima que la mayor cifra de carga portuaria de exportación sale por Guayaquil con 204.043 TEU's, posteriormente en Puerto Bolívar 8.288 TEU's, en Manta con 2.206 TEU's y Esmeraldas 1.780 TEU's.

A pesar de las variaciones de movilización portuaria que tiene Ecuador los destinos de exportación son distintos. En el caso de Guayaquil la mayor carga de TEU's es enviada a EE.UU. (26%), Manta envía a España (26%), Esmeraldas a Japón (50%) y Puerto Bolívar a Rusia (29%).

El Puerto de Guayaquil, moviliza la mayor carga portuaria a nivel nacional a través de la principal naviera MAERSK, operadora que moviliza el 20,55% de la exportación, seguido de la Compañía de Vapores CSAV (14,62%), Hamburgo (9,27%), entre otras. Por otro lado, la naviera que moviliza la carga portuaria en Manta es la CCNI quien cuenta con el 5,06% de la exportación. La falta de navieras en el puerto de la localidad ha disminuido su dinámica y desarrollo.

En eficiencia portuaria, lamentablemente el mayor tiempo en puerto (131,89 Hrs/buq) lo tiene Manta, a diferencia de los otros puertos que mantienen un acelerado embarque/desembarque de contenedores. Lo que contribuye además a que aumente el tiempo en muelles (Hrs/buq) y disminuya el promedio de carga movilizada y en consecuencia el tiempo de operación.

Figura 28 Indicadores de eficiencia portuaria, promedios 2001-2006
(Fuente: Anuarios CAMAE, 2006)



3. Proyecciones de la carga

3.1 Carga general

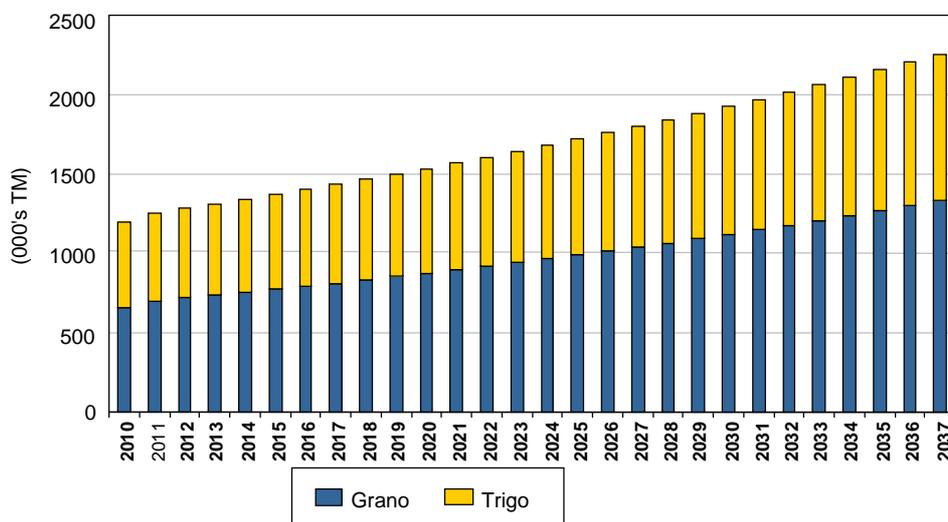
3.1.1 Gráneles

Las importaciones consisten en granos de alimento animal y granel para consumo humano. Los usuarios actuales del puerto sólo importan productos de trigo a través del Puerto de Manta. Los importadores más grandes son Grupo Moderna y Grupo Superior importando aproximadamente 130.000 TM y 100.000 TM respectivamente.

Las siguientes consideraciones se utilizaron en el desarrollo de las proyecciones base de importaciones de gráneles para los puertos de Guayaquil y Manta (principales importadores):

- Mientras que el PIB Ecuatoriano crece al 2,5% CAGR, el índice de crecimiento para el trigo permanece constante con lo observado históricamente con tendencias del 2% CAGR.
- Los índices de crecimiento de granos para alimento animal se proyectan en un 7% hasta el 2012 y luego se reduce a 2,5% CAGR, consistente con el PIB.

Figura 29 Proyecciones base de importaciones de gráneles en Ecuador Manta/Guayaquil 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)

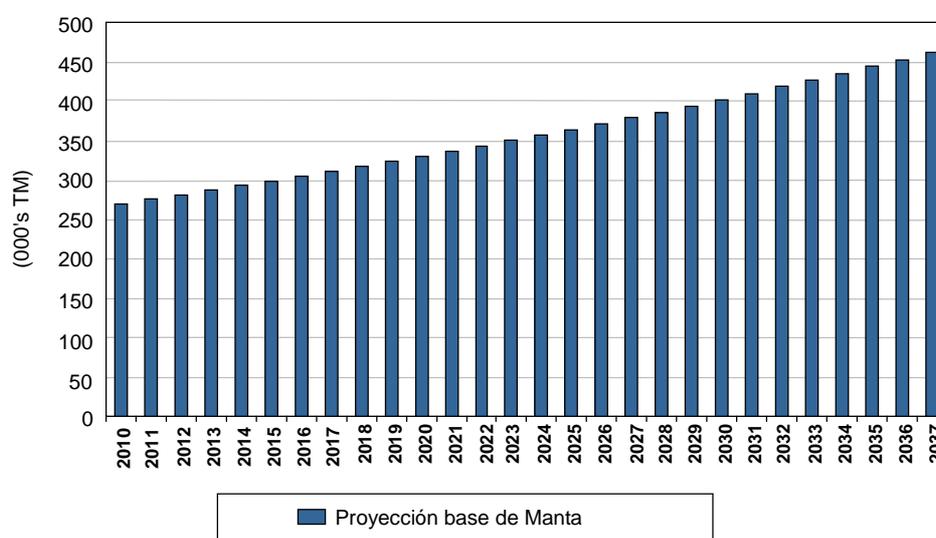


Proyecciones base de gráneles

Las siguientes consideraciones fueron hechas en el desarrollo de las proyecciones base del mercado para importaciones de gráneles en el Puerto:

- El crecimiento total de ambos tipos de granel, trigo y alimento animal, son consistentes con las bases de proyección nacional proporcionadas en la Figura 29.
- Sin crecimiento o disminución de la base de consumidores, resultando en un segmento del mercado consistente durante el transcurso planeado.

Figura 30 Proyecciones base de importaciones de gráneles
Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)



Posibles variaciones de gráneles

El aumento en calado de los canales y atracaderos del Puerto dará una ventaja única al mercado local de importación de granos.

Específicamente, la profundidad futura permitirá a los cargueros utilizar embarcaciones con mayor calado para su comercio, y expandirá el atractivo de Manta como un portal de importación para gráneles.

Los estimados obtenidos de entrevistas indican que hasta el 40% del volumen de gráneles existentes son manejados en otros puertos de Ecuador y pueden ser desviados a Manta después del plan de mejoramiento del Puerto.

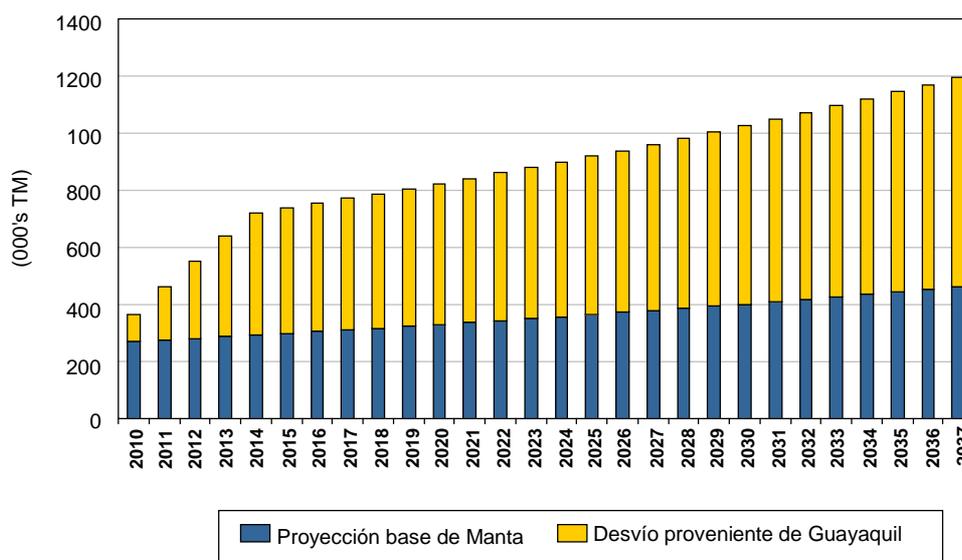
La realización de este desvío potencial a Manta incrementará la demanda de importaciones de gráneles con volumen de aproximadamente 550.000 TM (en volúmenes actuales).

El factor determinante para este potencial desvío de comercio a Manta será la eficiencia en el costo por unidad que se producirá al utilizar embarcaciones más grandes.

Las proyecciones de las posibles variaciones de gráneles para el Puerto de Manta se basa en las siguientes consideraciones:

- El crecimiento total de ambos tipos de gráneles, trigo y alimento animal, son consistentes con las proyecciones base proporcionadas en la Figura 30.
- Incremento en los desvíos de importación de granos de otros puertos regionales hacia Manta.
- El índice de captura se considera al 10% anual pero este índice cambiará cuando el 40% del volumen de carga de otros puertos sea desviado.

Figura 31 Proyecciones de posibles variaciones de importación de gráneles Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)



3.1.2 Fluidos

El mercado de importación de fluidos consiste en aceites vegetales y de palma. Las exportaciones consisten en aceites de palma crudos y aceites procesados.

Los factores claves para importaciones y exportaciones de fluido en el Puerto de Manta son los siguientes:

- Importación/Exportación – Importación de materiales de insumo de zonas de producción internacionales y domésticas, procesamiento, y exportación de productos refinados y empaquetados.
- Localización próxima al Puerto de Manta de plantas de procesamiento de aceites comestibles.
- Futura consolidación de atraques en Manta después del desarrollo de capacidad de embarcaciones mayores.
- Creciente demanda internacional de productos basados en aceites de palma.
- Creciente demanda internacional de productos biodiesel.

Proyecciones base de fluidos

Los volúmenes de fluidos están anticipados en crecer a un ritmo substancial en el futuro. Tendencias históricas han demostrado un índice de crecimiento de 22% CAGR para el total de Ecuador.

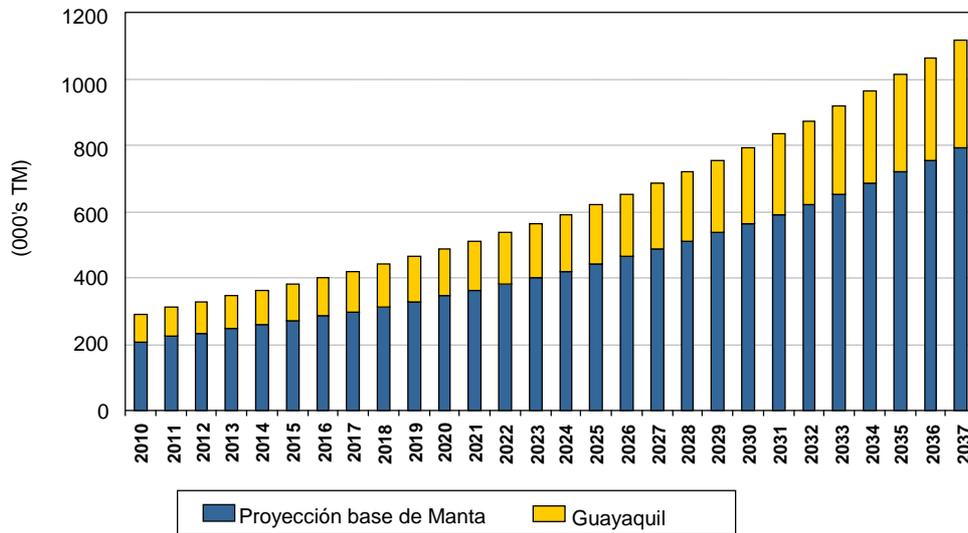
Durante el periodo 2000 al 2004, el volumen de fluidos se incrementó en un promedio del 9% al 10% CAGR. Para calcular las proyecciones optimistas de carga, cifras conservadoras fueron usadas por lo que se espera que el crecimiento futuro sea robusto.

Las consideraciones usadas para las proyecciones base de fluidos en los puertos de Guayaquil y Manta son:

- El crecimiento a corto plazo (5 años) se considera estar en línea con los datos históricos del 2000 al 2004 de 9% CAGR.
- El crecimiento a plazo largo (más de 5 años) se calcula debe correlacionarse con el PIB (2,5%) resultando en un índice de crecimiento del 5% (importación/exportación).

Los resultados indican el crecimiento de Manta aproximadamente a 800.000 TM para el año 2037.

Figura 32 Proyecciones base de fluidos
Manta/Guayaquil 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)



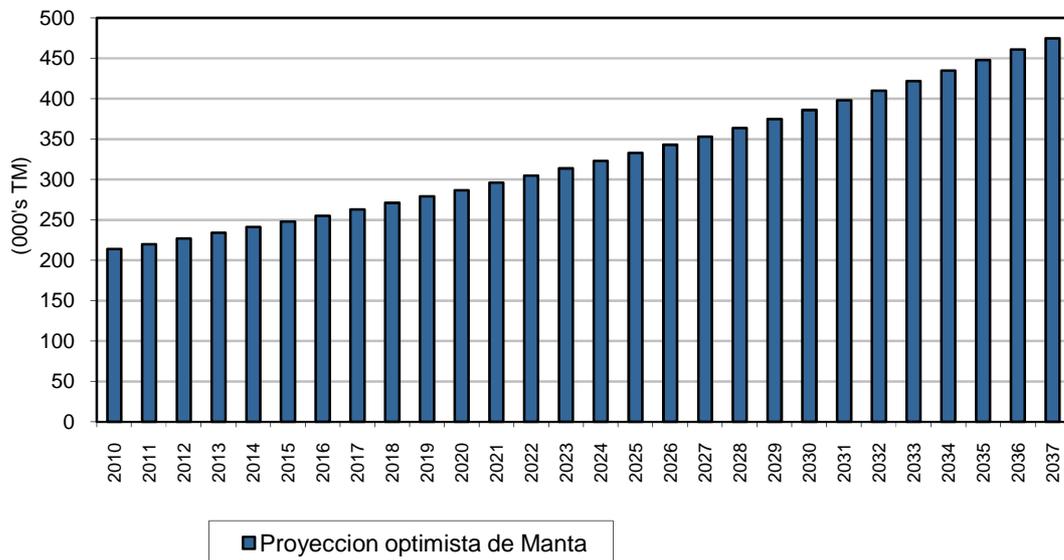
Posibles variaciones de fluidos

Las entrevistas con clientes de carga líquida indicaron una preferencia casi inmediata de consolidar sus operaciones en Manta después de la implementación del programa de adelantos del Puerto.

Los siguientes factores se utilizaron para las proyecciones de la posible variación de fluidos para el puerto de Manta

- El 2005 como año base, empezando con 190.000 TM
- Crecimiento sostenido y paralelo con la tendencia histórica del 2000-2004 al 9% CAGR

Figura 33 Proyecciones de posibles variaciones de fluidos
Manta/Guayaquil 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)



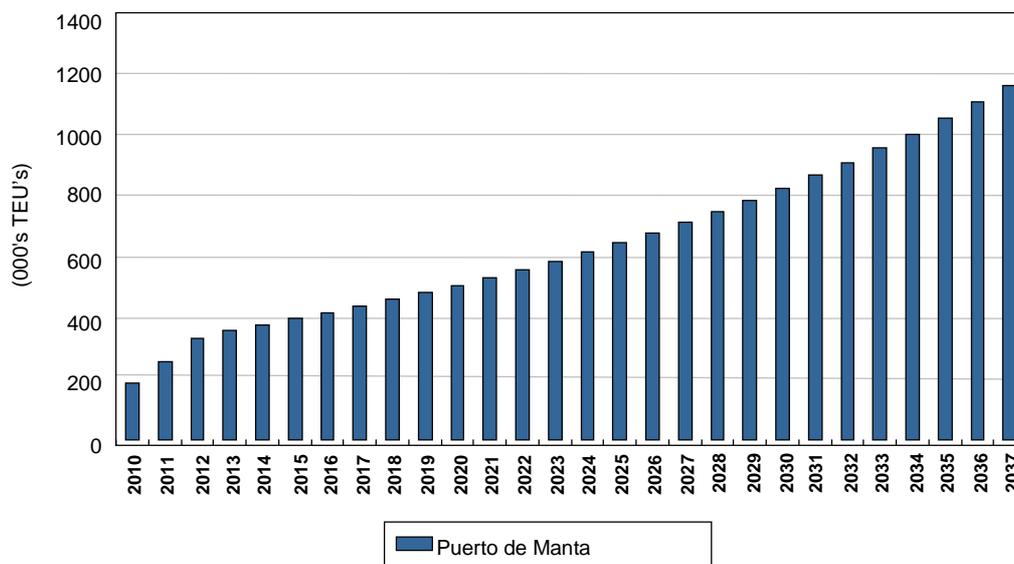
3.2 Carga de contenedores

Proyecciones base de carga de contenedores

Las proyecciones base de la carga de contenedores para el Puerto de Manta se fundamentan en las siguientes consideraciones:

- El PIB ecuatoriano crecerá en un 2,5% CAGR resultando en un crecimiento de la carga de contenedores del 5% CAGR.
- Las ventajas en costo y servicios del Puerto de Manta inducirán una captura creciente del 40% del mercado de contenedores ecuatoriano representando más del 90% de la zona natural de influencia económica (hinterlands) de Manta y el 50% de la carga “discrecional” potencial de la ciudad capital, Quito.
- La creciente relación de captura es proyectada con un 10% adicional del mercado de Ecuador cada año empezando por el año 2010.
- Volumen de trasbordo mínimo, inferior al 1%.

Figura 34 Proyecciones base de carga de contenedores
Puerto de Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)



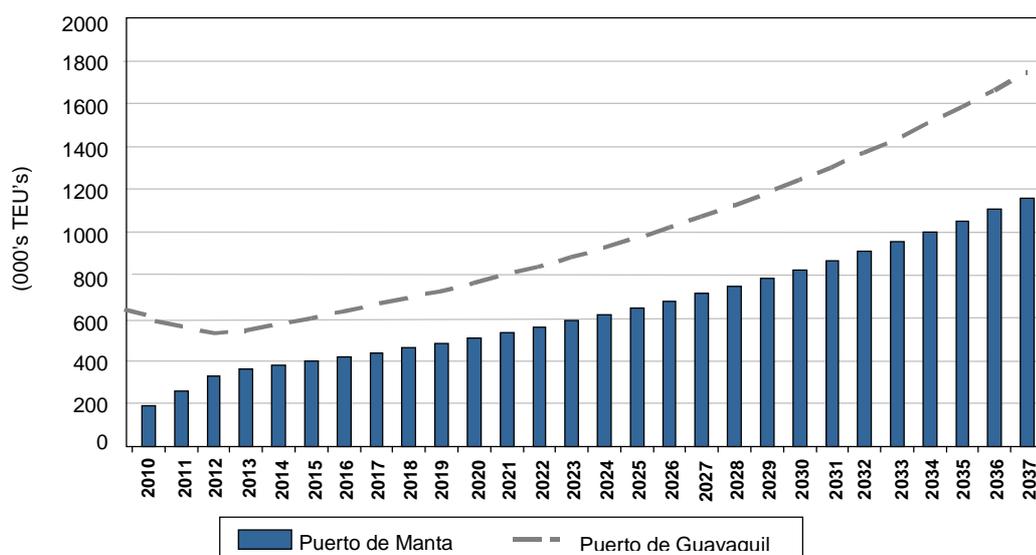
Guayaquil actualmente domina el mercado dentro del área de influencia económica (hinterlands) de Manta, y una porción dominante de la carga discrecional dentro de la zona de producción y consumo de Quito.

Guayaquil y Manta representan los puertos ecuatorianos con el mayor potencial para crecer en el futuro (2037).

La Figura 35 compara las proyecciones base de carga de contenedores para el Puerto de Manta con el resultado de volúmenes proyectados para el Puerto de Guayaquil.

Los datos indican que existe un gran potencial para capturar un segmento adicional del mercado inclusive aun mas que las hipótesis que se usaron anteriormente en el desarrollo de las proyecciones base.

Figura 35 Comparativa de proyecciones base de carga de contenedores Puerto de Manta vs. Guayaquil 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)

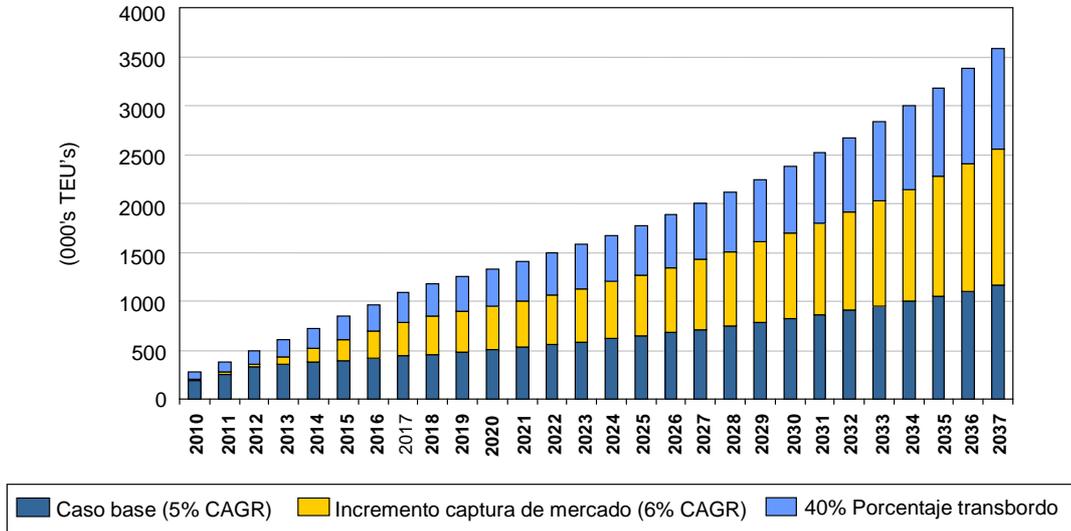


Posibles variaciones de carga de contenedores

La Figura 36 presenta las proyecciones de posibles variaciones de la carga de contenedores para el Puerto de Manta. Estas proyecciones se basan en las siguientes consideraciones:

- El PIB ecuatoriano crece al 3% CAGR resultando en un crecimiento de carga de contenedores del 6% CAGR.
- Las ventajas de servicio y costo del Puerto de Manta inducirán una captura creciente del 65% del total del mercado de contenedores ecuatoriano representando toda la carga de Manabí y la carga “discrecional”. La relación de la creciente captura es proyectada al 10% de la porción del mercado ecuatoriano cada año empezando después del 2009.
- Una captura agresiva del mercado de trasbordo resultando en un margen del 40% sostenido, después de la instalación de grúas pórtico. Este 40% de margen de trasbordo equivaldrá al 2% del total de la carga sudamericana transbordada en Manta en el 2011 creciendo hasta un total del 4% para el 2036.

Figura 36 Proyecciones de posibles variaciones de carga de contenedores Puerto de Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)



Factores Claves para capturar la carga discrecional:

- Importaciones/Exportaciones: Desarrollo de mejores caminos entre Manta y Quito.** Actualmente la carga de Quito tiene ventajas en costo y tiempo en fletes hacia los demás puertos ecuatorianos. Cuando se concluyan las mejoras a los caminos entre Manta y Quito, se espera que Manta obtendrá ventajas en costo y tiempo para la carga de Quito y permitirá capturar más de este mercado.
- Importaciones/Exportaciones: Atracción de rutas similares o mejores por el puerto de Manta.** Manta necesita incrementar la frecuencia de tráfico de naves con más trayectorias y metas para así poder proveer los servicios requeridos por usuarios locales del puerto antes de que el Puerto de Manta pueda ser usado como un medio de acceso principal. Una vez que el volumen de arribo de naves llegue a un nivel de masa crítica, los usuarios del puerto tendrán la libertad de escoger su entrada principal de carga que será basada en costos y servicios en vez de rumbos navieros.
- Trasbordos:** La localización estratégica de Manta la hace una instalación atractiva de trasbordos para servir a Sudamérica. Está localizada a 7.773 millas náuticas (mn) de las entradas de Tokio Wan mientras que Callao, Perú, está localizado a 8.391 mn de Tokio Wan. Estas 618 mn de diferencia representa aproximadamente 26 horas de tiempo de navegación (a 24 nudos de velocidad). Buenaventura, Colombia, es el único puerto Sudamericano que tiene tiempos similares de navegación desde Asia; sin embargo, este puerto probablemente no representa un

nivel igual de competencia para volúmenes de trasbordo por restricciones de vientos, calado y dada su localización que requeriría distancias más largas para conexiones de abastecimiento hacia el sur.

El desarrollo de Manta como el puerto de aguas más profundas al sur de Panamá, permitirá el manejo de embarcaciones más grandes con un costo por unidad de embarcaciones menor. La adición de servicios modernos con grúas pórtico de alta productividad, permitirá a embarcaciones sin equipo propio de desembarque tener servicios con tiempos de carga/descarga más cortos.

En vista a la habilidad de prestar servicio de alta productividad y servicios consistentes a través de la modernización de sus instalaciones, el Puerto de Manta probablemente atraerá volúmenes de trasbordo para Colombia, Ecuador, Perú y potencialmente el norte de Chile.

3.3 Pesca comercial

La industria de la pesca comercial es un componente significativo de la comunidad marítima ecuatoriana. Hoy en día, las actividades de pesca comercial están mayormente localizadas en Manta y Guayaquil.

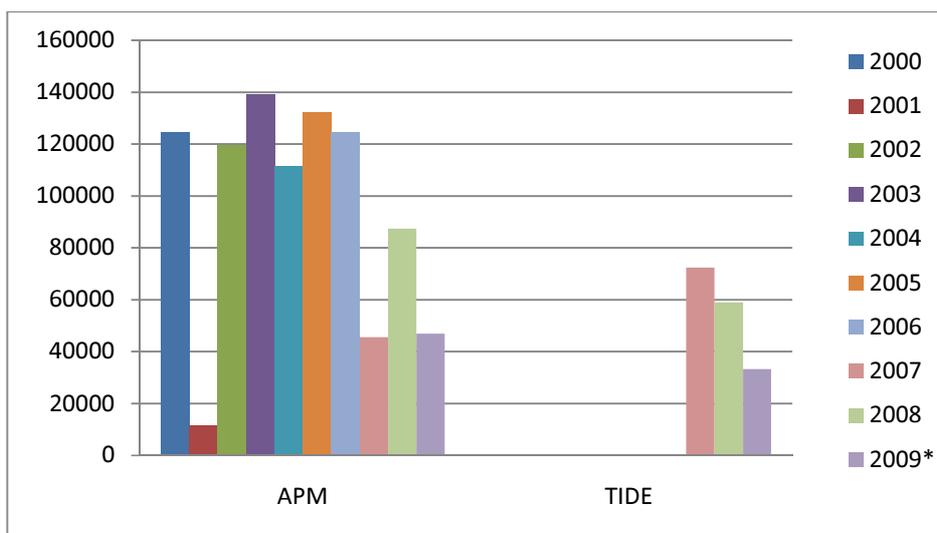
El Puerto de Manta acoge la flota de pesca comercial más grande de Ecuador con una capacidad de entrega de aproximadamente 250.000 toneladas de atún y 30.000 toneladas de pescado blanco por año.

Tabla 12 Pesca nacional desembarcada
(Fuente: Estadístico APM, 2009)

Año	APM	TIDE	Total
2000	124.389		124.389
2001	11.803		111.803
2002	119.688		119.688
2003	139.247		139.247
2004	111.302		111.302
2005	132.197		124.792
2006	124.792		118.084
2007	45.641	72.443	146.471
2008	87.393	59.078	80.296
2009*	46.944	33.352	

* Datos al 30 de junio de 2009

Figura 37 Pesca nacional desembarcada
(Fuente: Estadístico APM, 2009)



La captura de peces está limitada de acuerdo a convenios y regulaciones internacionales con el propósito de mantener almacenamiento de pesca disponible. Estas regulaciones limitan el tamaño de la flota pesquera lo que a su vez limita el potencial de pesca en el país. Aunque estos acuerdos internacionales pueden ser modificados en un futuro, se estima que existirá un límite en el crecimiento potencial de las actividades pesqueras de Ecuador.

La flota está representada mayormente con embarcaciones grandes. Aproximadamente el 70% de la flota comercial pesquera tiene embarcaciones con un rango de 70 m de eslora. El 30% restante de la flota consiste en embarcaciones pequeñas. Se puede asumir que mientras se cumplan con los acuerdos internacionales de capacidad de pesca la distribución de la flota tenderá a expandirse con embarcaciones grandes.

Aunque el Puerto de Manta representa la operación más grande de pesca comercial en Ecuador, las exportaciones de pescado procesado están mayormente centralizadas en Guayaquil. Aproximadamente el 80% del atún nacional es procesado y exportado como atún enlatado. El 20% remanente es exportado como producto congelado. La masa crítica de tráfico de contenedores está actualmente localizada en Guayaquil representando la razón principal por la que los productos procesados de pescado se exporten por Guayaquil. La industria de pesca comercial representa una oportunidad futura para la exportación de productos de pesca procesados a través de Manta.

Las actividades relacionadas a la pesca comercial pueden crecer como resultado de dos factores claves:

1. Las mejoras a instalaciones y servicios del Puerto sea el factor que influya en un traslado parcial a Manta de las actividades de comercio pesquero de Guayaquil.
2. El atractivo de los servicios de exportación de contenedores del Puerto, haga que se dé un traslado parcial a Manta de las actividades del comercio pesquero de Guayaquil.

Mientras exista una posible oportunidad de incrementar las actividades de pesca comercial en el Puerto, es importante notar que las instalaciones continuarán compitiendo con operadores privados de instalaciones actualmente situadas en Guayaquil. Se estima que el volumen de actividades de pesca comercial permanecerá consistente con las tendencias históricas realizadas en el Puerto.

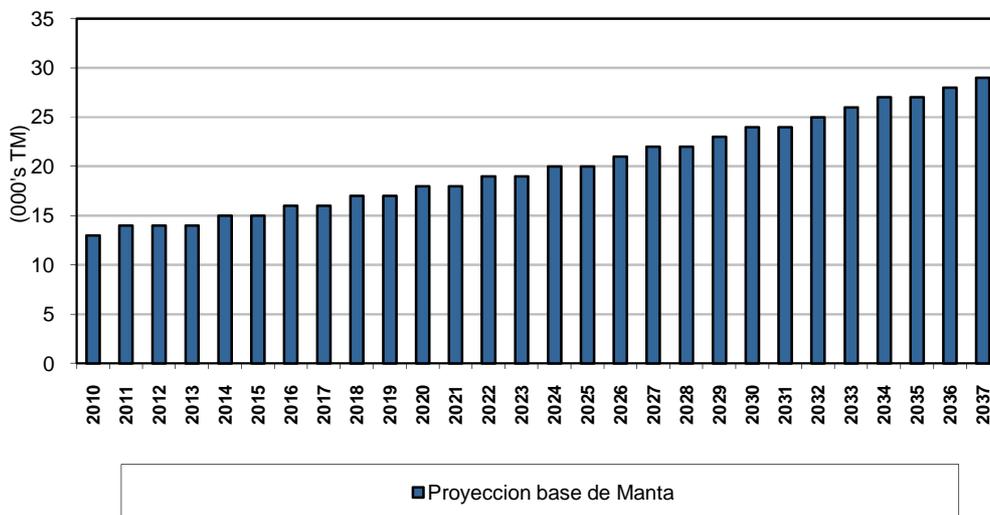
3.4 Automóviles

Proyecciones base de carga de automóviles

Las proyecciones base de carga de automóviles en el Puerto de Manta se basan en un crecimiento del PIB del 3% CAGR para tráfico de importaciones de automóviles.

El análisis indica que la demanda del mercado de automóviles para Manta puede alcanzar 30.000 unidades para el año 2037.

Figura 38 Proyecciones base de carga de automóviles
Puerto de Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)

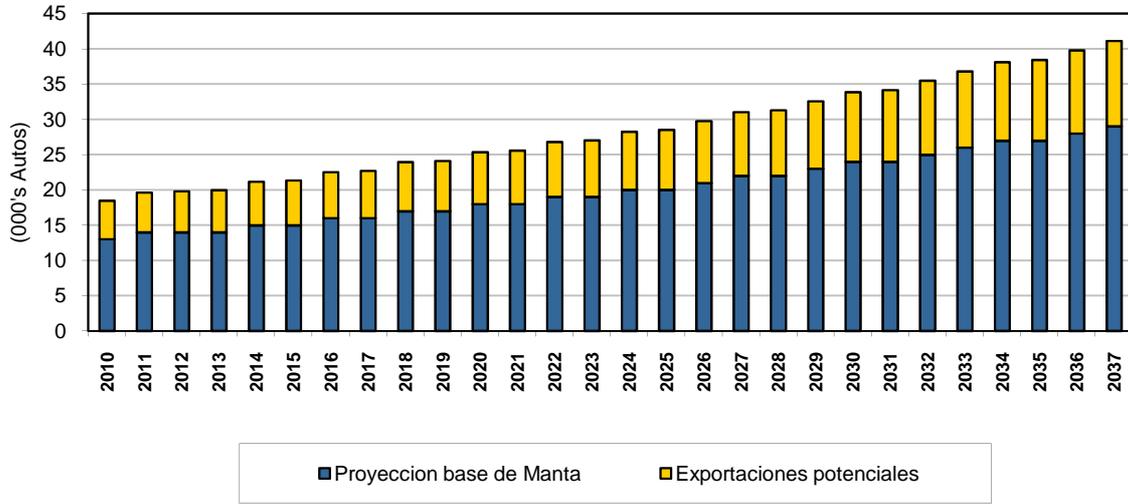


Posibles variaciones de carga de automóviles

Las proyecciones de posibles variaciones de la carga de automóviles para el Puerto de Manta se basan en las siguientes consideraciones:

- La reapertura de la instalación de manufactura de automóviles en Manta permitirá nuevas oportunidades de exportación similares a las realizadas en el 2001 con 5.000 unidades por año con crecimiento en esta industria de exportación de un 3% CAGR.
- Retención de toda la carga de importación después del desarrollo, renovación y nueva capacidad de producción.

Figura 39 Proyecciones de posibles variaciones de automóviles
Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)

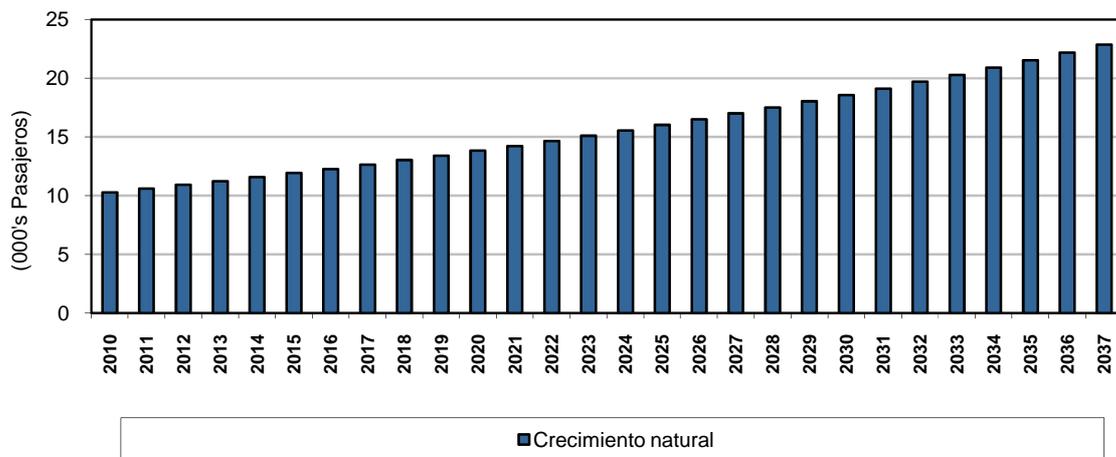


3.5 Pasajeros

Proyecciones base de pasajeros

Las proyecciones base de pasajeros considerará un índice de crecimiento natural de 3% por año. Éste es un equivalente a tres atraques por mes utilizando el mismo tamaño de embarcación que atraca en Manta.

Figura 40 Crecimiento de volumen de pasajeros
Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)

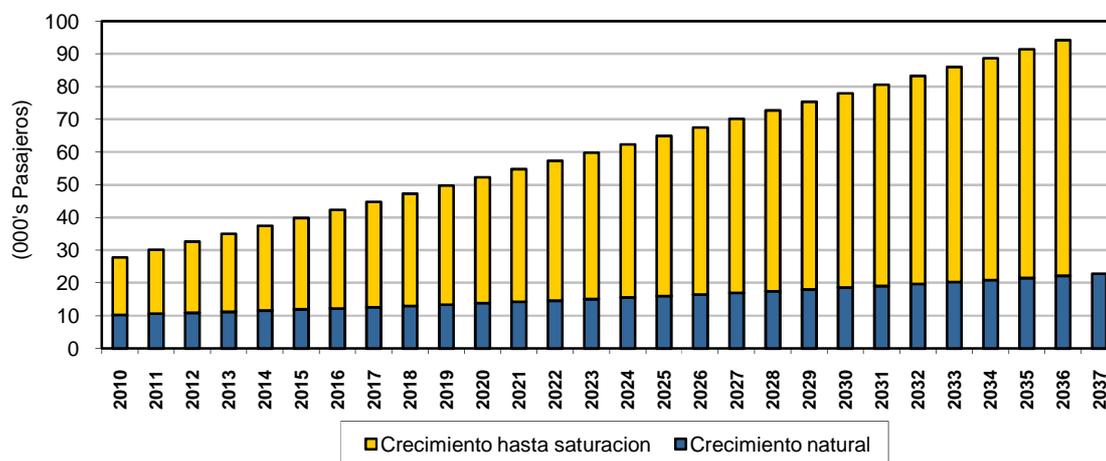


Posibles variaciones de pasajeros

Las proyecciones de posibles variaciones de pasajeros no se basa en la demanda sino en las facilidades que se provean en las instalaciones del puerto. Esta base se utiliza para determinar si se necesitan instalaciones nuevas específicamente diseñadas para pasajeros, los cuales serían mejor servidos en áreas separadas del puerto.

Las proyecciones de posibles variaciones consideran un crecimiento hasta un punto en que una embarcación con capacidad de 1.500 pasajeros atracaría en el puerto cada semana. Este evento se considera como el punto de saturación de las instalaciones actuales, y como punto base en que las líneas de cruceros podrían empezar con instalaciones fuera del puerto. El crecimiento sobre este punto de saturación se considera un punto donde Manta se podría convertir en un puerto de embarque de pasajeros en lugar de un puerto de atraque. Puertos de embarque de pasajeros son aquellos donde los pasajeros toman o llegan de viajes en cruceros.

Figura 41 Índice natural de crecimiento y crecimiento acelerado al final de suministro Manta 2010 – 2037 (Fuente: Proyecto de expansión de CH2MHILL, 2007)



Los factores determinantes para atraer el negocio de cruceros en un puerto de embarque incluyen lo siguiente:

- **Localización compatible con el itinerario de un crucero típico de 7 días.** El itinerario de 7 días es importante para el negocio de los cruceros, el puerto debe ser compatible con itinerarios de 7 días y provenientes de otros destinos portuarios para poder ser puerto de pasajeros. Investigaciones iniciales sugieren que Manta es compatible con cruceros con itinerario de 7 días que vienen desde el sur de la Florida a través del Canal de Panamá y de cruceros que vienen desde el sur de Chile.
- **Desarrollo de hoteles de lujo en el área que ofrecerían alojamiento a pasajeros que embarquen o desembarquen en Manta.**
- **Desarrollo de instalaciones aeroportuarias que puedan apoyar Manta como un puerto de pasajeros.** El aeropuerto de Manta tiene una de las pistas más largas de Sudamérica; por consiguiente, la capacidad de pista existe para soportar un puerto base de cruceros. Sin embargo, mejoras adicionales a la terminal aérea son necesarias para permitir volúmenes adicionales de pasajeros.
- **Creación de un atractivo específico para atraer pasajeros a Manta como podría ser un centro comercial libre de impuestos.**

4. Propuestas de distribución.

4.1 Requerimientos de infraestructura

La ampliación del puerto de Manta tiene como objetivo mejorar las condiciones físicas y operativas, que permitan captar mayor volumen de carga y convertir el puerto de Manta en un puerto especializado en el manejo de carga contenerizada.

Para que el puerto tenga un buen funcionamiento y operación, es necesario que cuente con la siguiente infraestructura:

- **Obras de protección.** Sirven primordialmente para absorber energía en grandes cantidades; debido a que cuenta con la capacidad de disipar energía cinética de la ola, por medio del deslizamiento que realiza la ola hacia arriba de la corona, y por la fricción que sufre ésta con las irregularidades que la estructura tiene en su talud.

En cuestiones de diseño, la altura se encuentra determinada por el fenómeno llamado Run-Up; la cresta siempre deberá tener una altura suficiente para evitar que la ola rebase la estructura.

- **Canal de acceso.** Es propiamente el camino sobre el cual entran o salen las embarcaciones que llegan al puerto.

Es recomendable que el canal de acceso sea lo más recto posible, y en caso de que las curvaturas sean necesarias, deberán ser graduales y ligeras.

El ancho del canal depende de la manga y eslora del barco de diseño. La profundidad del canal también depende del barco de diseño y de su velocidad.

- **Dársena de ciaboga y de atraque.** La geometría de las dársenas se encuentra en función de su mejor aprovechamiento, y de la mejor orientación debida a los vientos, las corrientes y la protección del oleaje.

Dársena de ciaboga: Es el área marítima dentro del puerto, donde los barcos hacen las maniobras de giro y revire con el fin de enfilarse hacia las distintas áreas del puerto; es la representación esquemática del círculo de evolución que sigue un barco en esta maniobra, puede o no estar incluida la maniobra de parada.

Dársena de atraque: Comprenden las áreas de agua contiguas a los muelles y las áreas complementarias que permiten reparaciones a flote. Las dársenas de atraque normalmente dependen de la longitud del frente de atraque, las que se usan para reparaciones son función del tamaño del buque y tipo de anclaje.

- **Muelles.** Son estructuras que tienen la función de sostener a las embarcaciones, abordar y desabordar a su tripulación para abastecerse de agua, víveres, y para cargar aceites, gasolina, y demás servicios que la embarcación o sus tripulantes puedan demandar.

El dimensionamiento de los muelles depende de las características de la embarcación, operación portuaria y el tipo de muelle (forma y características).

- **Patios de almacenamiento.** Las dimensiones de los patios de almacenamiento dependen de las características de la carga (protección y almacenamiento, altura de estiba, condiciones físicas del suelo, áreas de reserva/operación), del equipo para estibar o depositar la carga o el producto (circulaciones, radios de giro, bases de sustentación de las estructuras).
- **Vialidades.** Estas áreas dependen del tipo de carga, equipo de transporte y los vehículos y equipos que se necesiten (anchos de carril, espacio de los equipos radios de giro, estacionamientos y superficies de acceso), instalaciones de control y vigilancia, casetas, básculas.
- **Edificios administrativos.** La localización de los edificios administrativos se situarán en un punto estratégico, debido a que deberá abarcar y vigilar las operaciones que se realicen, por lo que se recomienda que se encuentre cerca del acceso.

4.2 Opciones de desarrollo

Una de las limitantes para la ampliación del puerto de Manta es que el área actual de pescadores no sea afectada y que sigan operando los muelles internacionales.

La siguiente figura muestra la zona de pescadores:

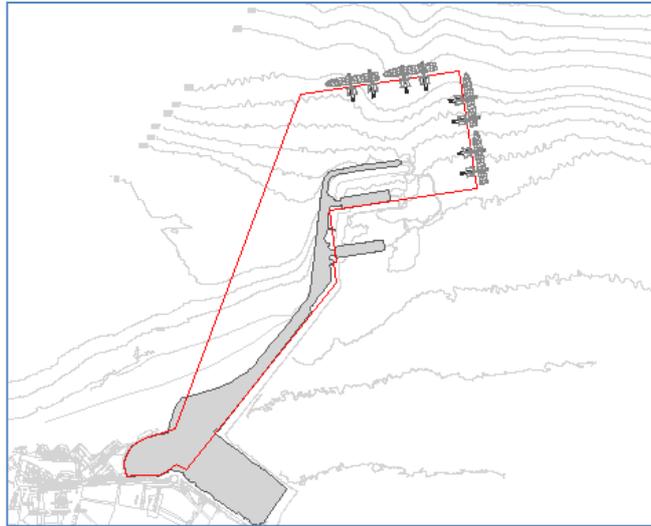
Figura 42 Zona de Pescadores
(Fuente: Google Earth)



Propuesta 1:

- Longitud total de muelle 1.140 m
- Superficie 71 hectáreas

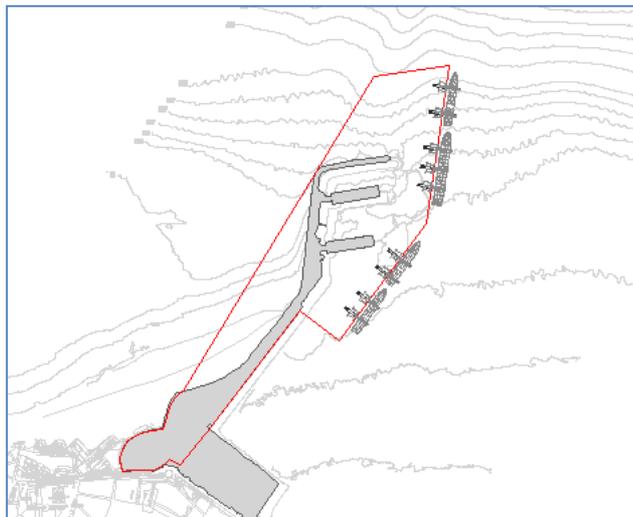
Figura 43 Propuesta 1
(Fuente: Propia)



Propuesta 2:

- Longitud total de muelle 1.256 m
- Superficie 66 hectáreas

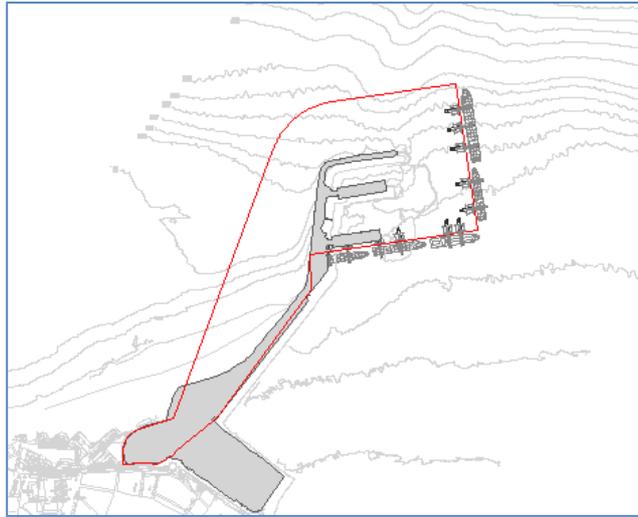
Figura 44 Propuesta 2
(Fuente: Propia)



Propuesta 3:

- Longitud total de muelle 1.200 m
- Superficie 75 hectáreas

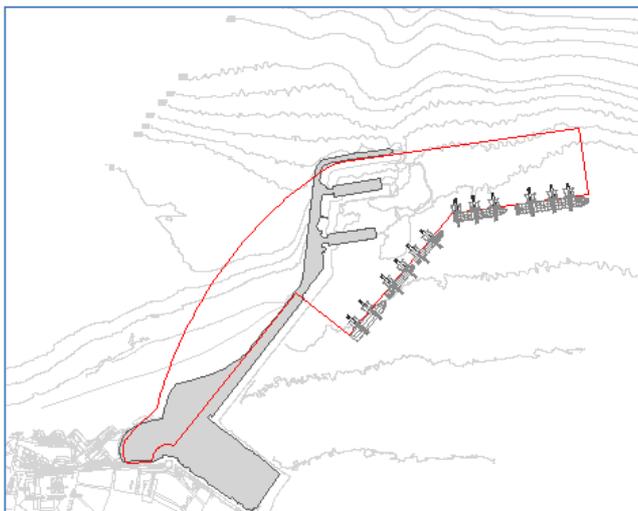
Figura 45 Propuesta 3
(Fuente: Propia)



Propuesta 4:

- Longitud total de muelle 1.238 m
- Superficie 76 hectáreas

Figura 46 Propuesta 4
(Fuente: Propia)



Propuesta 5:

- Longitud total de muelle 1.200 m
- Superficie 72 hectáreas

Figura 47 Propuesta 5
(Fuente: Propia)



Propuesta 6:

- Longitud total de muelle 1.280 m
- Superficie 74 hectáreas

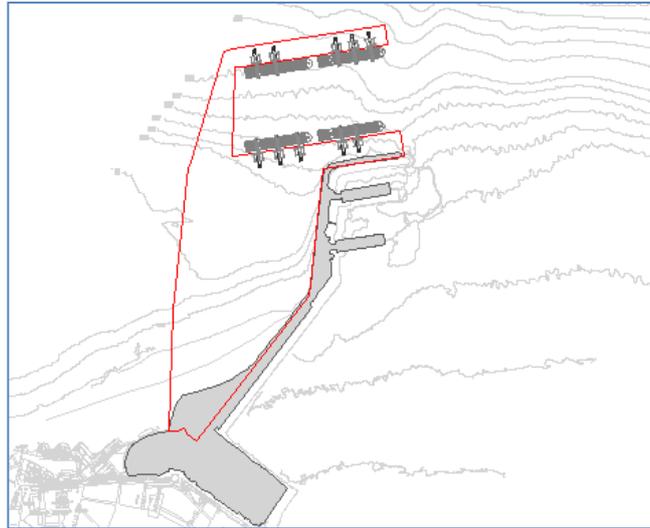
Figura 48 Propuesta 6
(Fuente: Propia)



Propuesta 7:

- Longitud total de muelle 1.200 m
- Superficie 63 hectáreas

Figura 49 Propuesta 7
(Fuente: Propia)



5. Evaluación de las propuestas

Se considera desarrollar el proyecto por etapas, que den respuesta a la demanda en el momento que sea requerido, teniendo como primer objetivo la captación del mercado regional y en la medida de su necesidad, ampliar la capacidad para extender el área de influencia. La capacidad en la última etapa será de 1.000.000 a 1.600.000 TEU's al año.

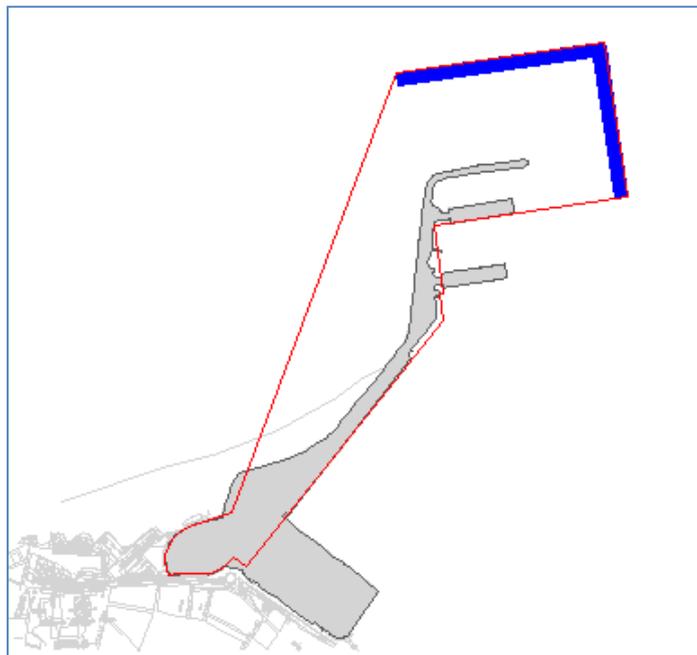
Los factores a evaluar para cada alternativa son:

- Rellenos
- Dragado
- Obra de protección (rompeolas)
- Crecimiento por etapas
- Disposición de muelles, todas las alternativas tienen 4 posiciones de atraque para embarcaciones grandes; sin embargo, cuando las embarcaciones son pequeñas, se puede tener hasta 6 posiciones.
- Operación

Propuesta 1:

- ✓ Los muelles girados 90 grados permiten atacar barcos de eslora variable.
- ✓ El acomodo para buques de eslora variable es poco eficiente.
- ✓ No permite compartir grúas de muelle.
- ✓ El relleno llega hasta profundidades de 18 m.
- ✓ El dragado es a partir de la batimétrica -9 m.
- ✓ La configuración favorece al adecuado aprovechamiento para patios de contenedores.
- ✓ El rompeolas llega hasta profundidades de 27 m.
- ✓ Factibilidad de crecer por etapas sin afectar la operación portuaria (dejando libre el muelle internacional 2).

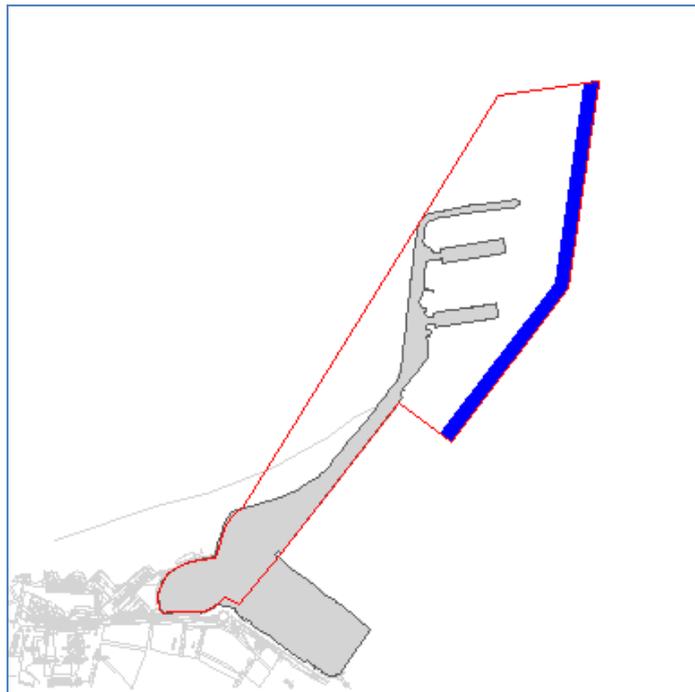
Figura 50 Propuesta 1
(Fuente: Propia)



Propuesta 2:

- ✓ Los muelles girados limitan un uso eficiente con barcos de eslora variable.
- ✓ En el punto de cambio de dirección, existe área sin operar debido al traslado de equipo entre muelles.
- ✓ Acomodo poco eficiente para buques con eslora variable.
- ✓ Área sin operar en el cambio de dirección para transferencia de grúas.
- ✓ El relleno llega hasta profundidades de 18 m.
- ✓ El dragado es a partir de la batimétrica -3 m.
- ✓ La configuración favorece al adecuado aprovechamiento para patios de contenedores.
- ✓ El rompeolas llega hasta profundidades de 19 m.
- ✓ No es factible crecer por etapas sin afectar la operación portuaria.

Figura 51 Propuesta 2
(Fuente: Propia)



Propuesta 3:

- ✓ Los muelles girados 90 grados permiten atracar barcos de eslora variable.
- ✓ El acomodo para buques de eslora variable es poco eficiente.
- ✓ No permite compartir grúas de muelle.
- ✓ El relleno llega hasta profundidades de 15 m.
- ✓ El dragado es a partir de la batimétrica -3 m.
- ✓ Configuración con adecuado aprovechamiento para patios de contenedores.
- ✓ El rompeolas llega hasta profundidades de 16 m.
- ✓ No es factible crecer por etapas sin afectar la operación portuaria.

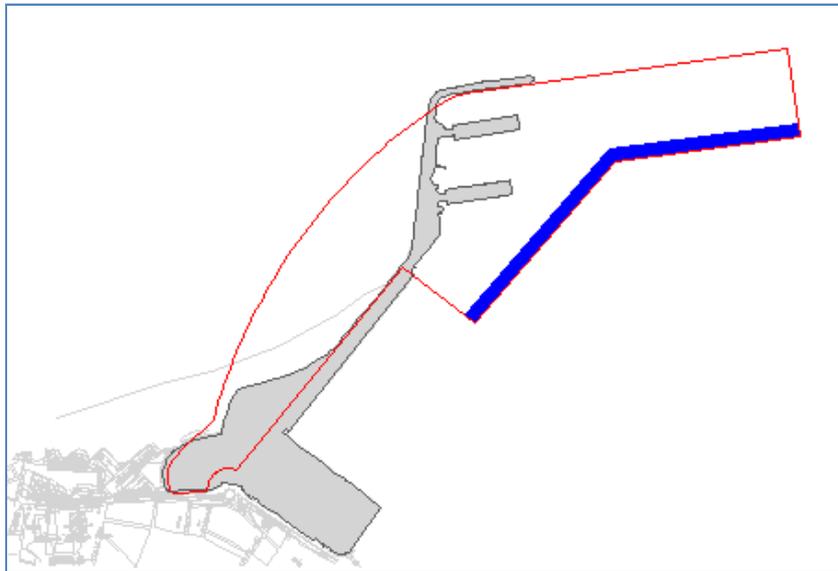
Figura 52 Propuesta 3
(Fuente: Propia)



Propuesta 4:

- ✓ Los muelles girados limitan un uso eficiente en barcos de eslora variable.
- ✓ En el punto de cambio de dirección existe un área sin operar debido al traslado de equipo entre muelles.
- ✓ El relleno llega hasta profundidades de 11 m.
- ✓ El dragado es a partir de la batimétrica -3 m.
- ✓ Configuración con adecuado aprovechamiento para patios de contenedores.
- ✓ El rompeolas llega hasta profundidades de 12 m.
- ✓ No es factible el crecimiento por etapas sin afectar la operación portuaria.

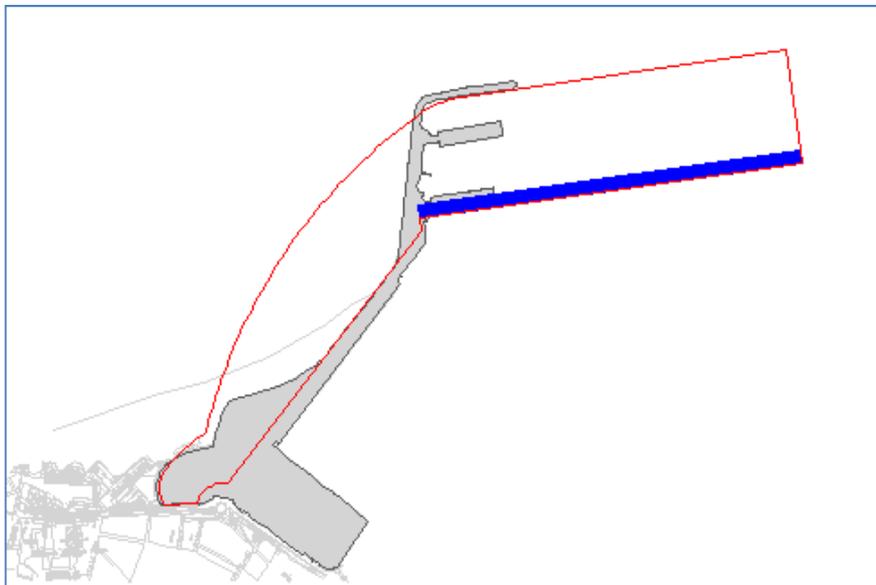
Figura 53 Propuesta 4
(Fuente: Propia)



Propuesta 5:

- ✓ Muelle marginal con óptimo aprovechamiento de frente de atraque y permite compartir grúas.
- ✓ El relleno llega hasta profundidades de 11 m.
- ✓ El dragado es a partir de la batimétrica -3 m.
- ✓ Configuración con adecuado aprovechamiento para patios de contenedores.
- ✓ El rompeolas llega hasta profundidades de 14 m.
- ✓ No es factible el crecimiento por etapas sin afectar la operación portuaria.

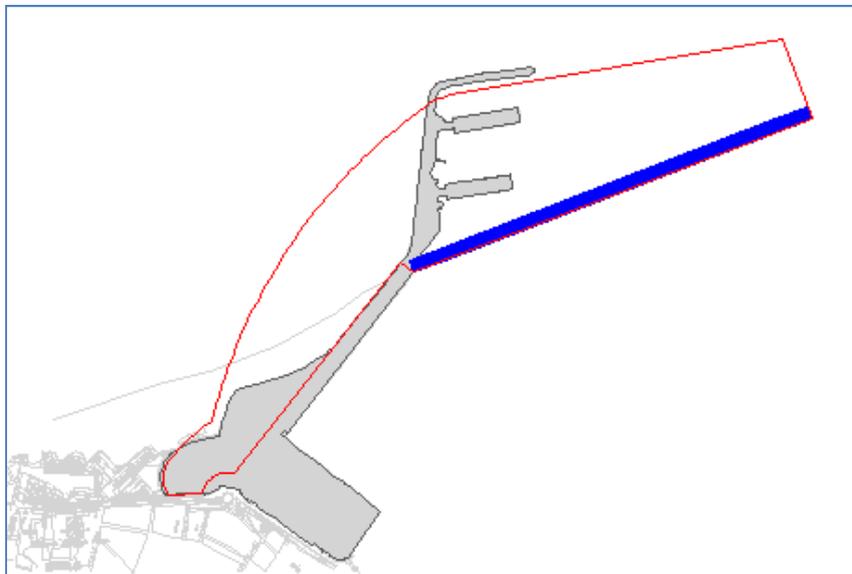
Figura 54 Propuesta 5
(Fuente: Propia)



Propuesta 6:

- ✓ Muelle marginal con óptimo aprovechamiento de frente de atraque y permite compartir grúas.
- ✓ El relleno llega hasta profundidades de 11 m.
- ✓ El dragado es a partir de la batimétrica -3 m.
- ✓ Configuración con adecuado aprovechamiento para patios de contenedores.
- ✓ El rompeolas llega hasta profundidades de 12 m.
- ✓ No es factible el crecimiento por etapas sin afectar la operación portuaria.

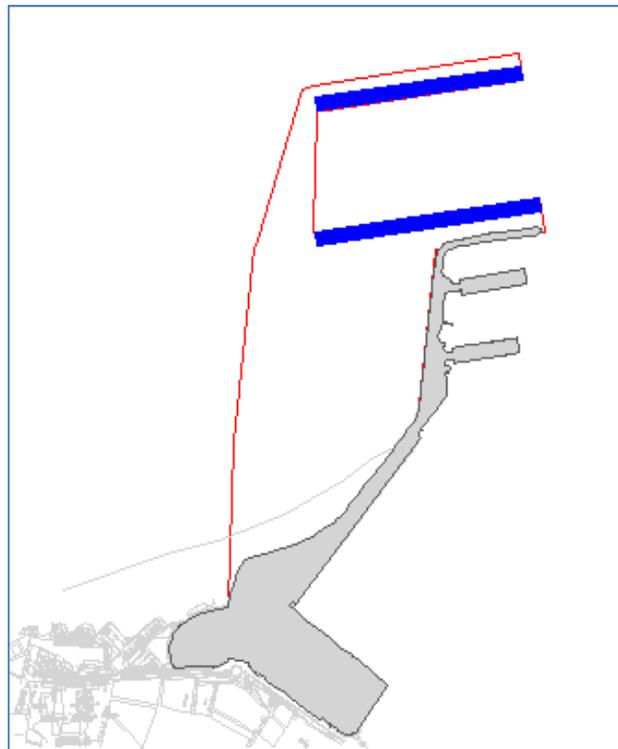
Figura 55 Propuesta 6
(Fuente: Propia)



Propuesta 7:

- ✓ Muelle en espigón con óptimo aprovechamiento de frente de atraque y permite compartir grúas.
- ✓ El relleno llega hasta profundidades de 18 m.
- ✓ El dragado es a partir de la batimétrica -12 m.
- ✓ Configuración con adecuado aprovechamiento para patios de contenedores.
- ✓ El rompeolas llega hasta profundidades de 26 m.
- ✓ Es factible el crecimiento por etapas sin afectar la operación portuaria.

Figura 56 Propuesta 7
(Fuente: Propia)



Del análisis anterior, las propuestas 2 a 6 quedan descartadas porque no es factible su crecimiento por etapas sin afectar la operación, aún cuando en algunas la zona a rellenar tiene menor profundidad, lo que implicaría un menor costo.

Las únicas propuestas que tienen la ventaja de crecer por etapas sin afectar la operación portuaria son la 1 y la 7; ambas tienen la misma profundidad de relleno (18 m); sin embargo en la propuesta 1 el rompeolas llega a una profundidad mayor, y debido a la disposición de los muelles se requiere mayor dragado (hay dos dársenas de atraque) incrementando el costo, en cambio en la propuesta 7 los muelles comparten la dársena de atraque y el rompeolas llega a una profundidad menor.

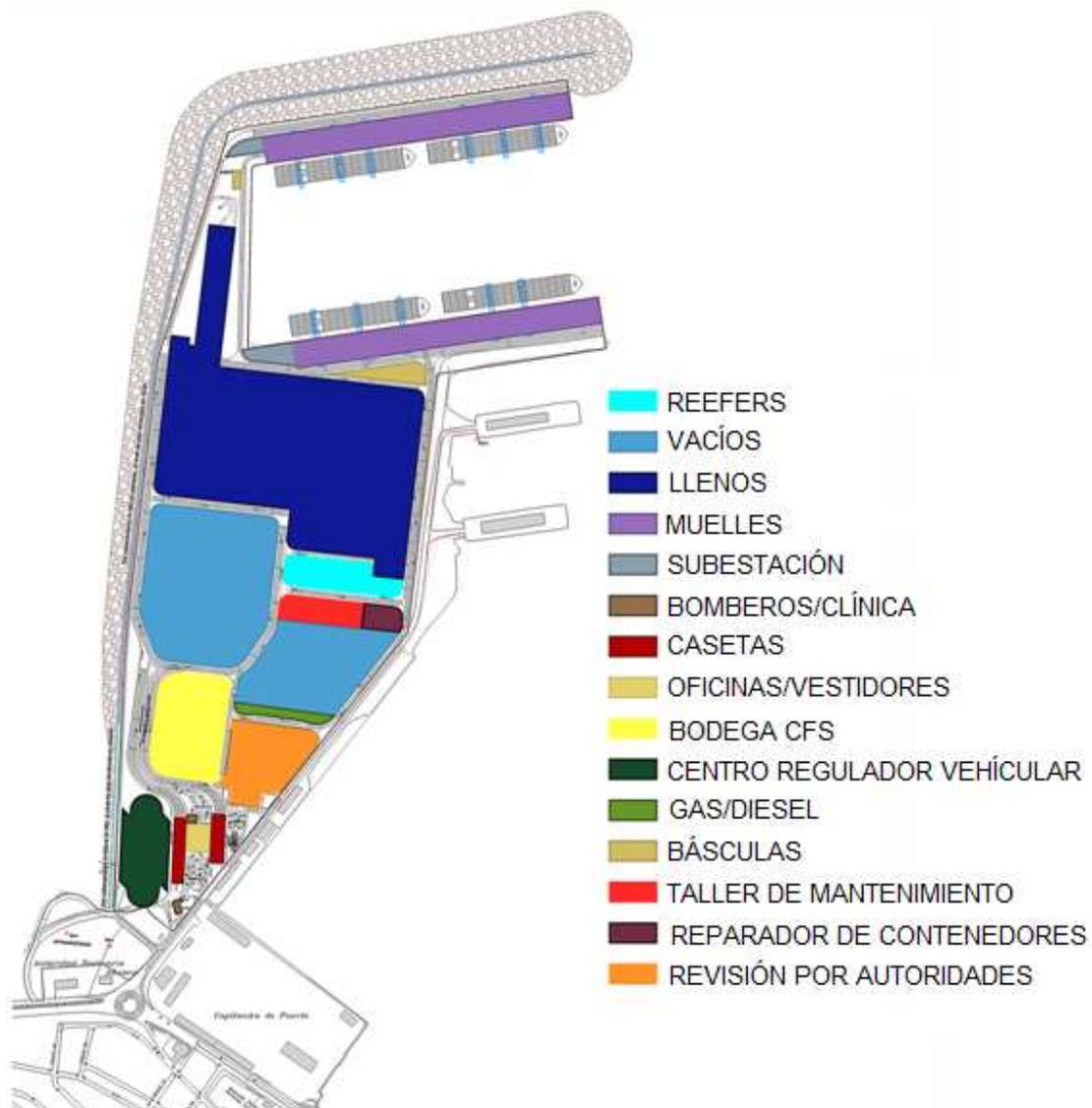
Por lo tanto la propuesta que se selecciona para realizar el diseño preliminar de las componentes portuarias es la propuesta 7.

6. Diseños preliminares de las diferentes componentes portuarias

6.1 Distribución conceptual

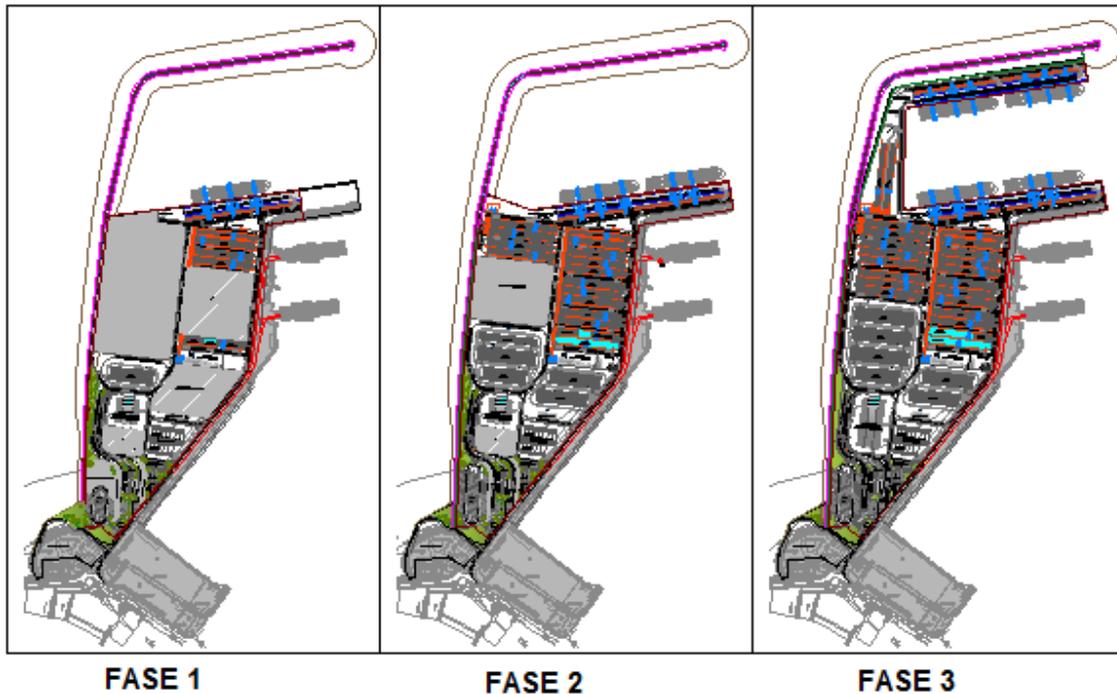
En la siguiente figura se muestra la distribución de las diferentes instalaciones del puerto en la zona de tierra.

Figura 57 Distribución conceptual de la propuesta 7
(Fuente: Propia)



El crecimiento de la alternativa seleccionada (propuesta 7) será en 3 fases.

Figura 58 Fases de crecimiento de la propuesta 7
(Fuente: Propia)



En términos generales la fase 1 de desarrollo se integrará de lo siguiente:

- Rompeolas de aproximadamente 2.300 m
- Muelle especializado de 400 m de longitud
- Dragado a una profundidad de -16 m referidos al MLWS
- Retención de rellenos (tablestacado)
- Rellenos a la cota +4 m referidos al MLWS
- Patios para almacenaje de contenedores en un área aproximada de 7,4 hectáreas para llenos, vacíos y refrigerados y revisión por autoridades
- Taller de mantenimiento de equipo portuario y estación de combustible para autoconsumo
- Bodega de consolidación y desconsolidación de carga en aproximadamente 1.800 m
- Bodega para revisión de carga refrigerada en aproximadamente 750 m²
- Accesos a la terminal para vehículos pesados (2 casetas de entrada y 2 casetas de salida) y ligeros en forma independiente
- Oficinas para personal administrativo en aproximadamente 750 m²
- Oficinas para personal operativo, vestidores y oficinas para Autoridades con cobertizo para revisiones

- Estación de bomberos y clínica
- Estacionamiento para vehículos pesados con capacidad para 54 espacios
- Instalaciones generales de apoyo a las operaciones integrales del puerto (hidrosanitarias, pluviales, eléctricas, contraincendio, básculas, revisión, seguridad y comunicaciones)

La fase 2 incluye:

- Extensión de 200 m del muelle para llegar a una longitud total de 600 m
- Patios para almacenaje de contenedores en un área aproximada de 12,9 hectáreas para llenos, vacíos y refrigerados.

La fase 3 contempla lo siguiente:

- Muelle de 400 m de longitud
- Patios para almacenaje de contenedores en un área aproximada de 48,6 hectáreas para llenos, vacíos y refrigerados.

6.2 Obras de protección

La obra de protección consiste en un rompeolas que consta de 3 capas de material:

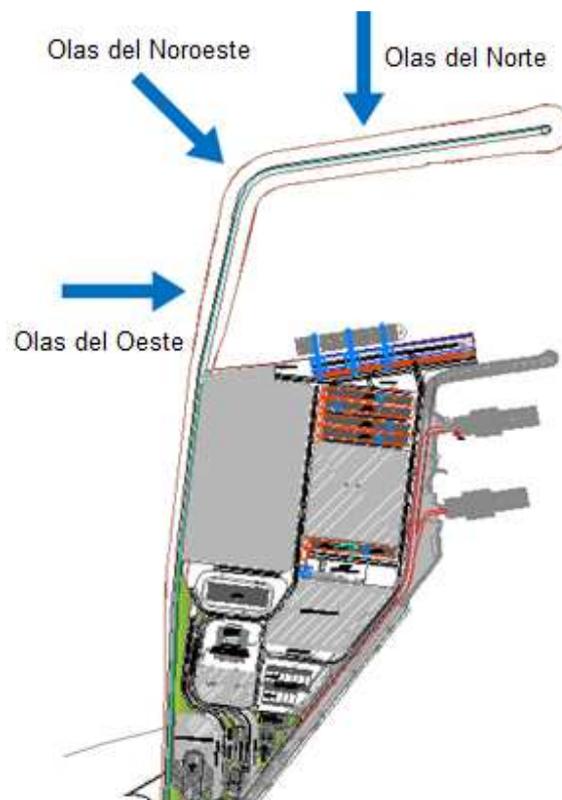
1. Núcleo, capa interna del rompeolas.
2. Capa Secundaria, capa inmediata al núcleo, conformada por rocas de mayor tamaño que el núcleo.
3. Coraza, capa superior del rompeolas. Esta capa se encuentra en contacto directo con el oleaje.

El talud del rompeolas de proyecto es 1,5:1 (H:V), debido a que el volumen es menor en comparación con un talud de 2,0:1 (H:V), aunque el peso de los elementos es mayor.

El rompeolas de proyecto está orientado de tal forma que provea protección a los barcos que se van a atracar, como también a los barcos de pesca amarrados en la Bahía Manta de las olas que se acercan desde el norte y el oeste.

En la siguiente figura se muestra la orientación del rompeolas y la dirección de las olas que inciden sobre éste.

Figura 59 Olas incidentes y rompeolas
(Fuente: Propia)



Criterios de diseño

El diseño de un rompeolas consiste en determinar los pesos y espesores de las capas que lo constituyen.

El cálculo se realizó utilizando las siguientes fórmulas:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_w}$$

$$W_{cs} = \frac{W}{10}$$

$$W_n = \frac{W}{200}$$

$$r = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

Donde:

W = Peso de cada unidad en la capa de coraza (ton)

γ_r = Peso específico de la unidad de coraza (2,3 ton/m³ para roca y 2,2 ton/m³ para elementos prefabricados, "Construction material sources for Manta sea port facilities expansion", 2007)

H = Altura de la ola de diseño (4 m)

$\cot \theta = 1,5$ (valor obtenido a partir del talud del rompeolas 1,5:1)

K_D = Coeficiente de estabilidad que varía principalmente con la forma de las unidades de la coraza, rugosidad y grado de interconexión logrado durante la construcción (Valores obtenidos de la tabla 7-8 "Shore Protection Manual", 1984)

$K_D = 2$ (considerando una ola rompiente para roca)

$K_D = 4$ (considerando una ola no rompiente para roca)

$K_D = 3,2$ (considerando una ola no rompiente para el morro con roca)

$K_D = 7$ (considerando una ola rompiente para tetrápodos)

$K_D = 8$ (considerando una ola no rompiente para tetrápodos)

$K_D = 6$ (considerando una ola no rompiente para el morro con tetrápodos)

S_r = Densidad relativa específica de la unidad de coraza (2,23 y 2,14 para roca y tetrápodos respectivamente)

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

W_{cs} = Peso de cada unidad en la capa secundaria (ton)

W_n = Peso de cada unidad en el núcleo (ton)

r = Espesor promedio de la capa (m)

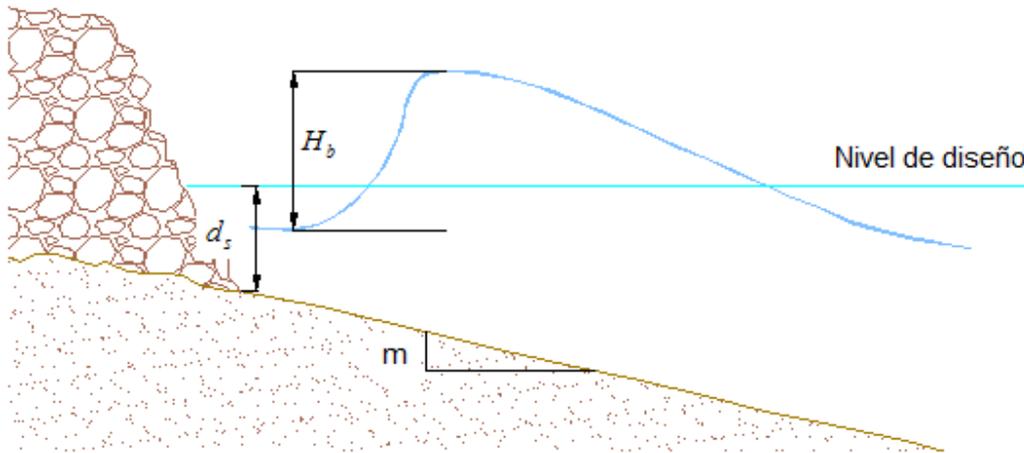
n = Número de elementos que componen la capa de coraza (2 obtenido de "Manual de Dimensionamiento Portuario", 1992)

k_A = Coeficiente de capa (1,15 y 1,02 para roca y tetrápodos, respectivamente. Valor obtenido de la tabla VI-5-51 "The Coastal Engineering Manual", 2001)

Otros valores necesarios

- a) Los siguientes valores fueron necesarios para realizar la revisión del rompeolas cuando una ola rompe sobre la cara de dicha estructura.

Figura 60 Esquema de una ola rompiente
(Fuente: Shore Protection Manual)



$$\frac{d_s}{gT^2}$$

$$\frac{H_b}{d_s}$$

$$(d_b)_{max} = \alpha H_b$$

$$(d_b)_{min} = \beta H_b$$

Donde:

d_s = Distancia del pie del rompeolas a la superficie libre del Nivel Medio de Bajamar de Sicigia (MLWS)

g = Aceleración gravitacional ($9,81 \text{ m/s}^2$)

T = Periodo de la ola de diseño (15 segundos)

H_b = Altura de rompiente

m = Pendiente del terreno (1% en promedio)

$(d_b)_{max}$ = Profundidad máxima a la cual puede romper la ola

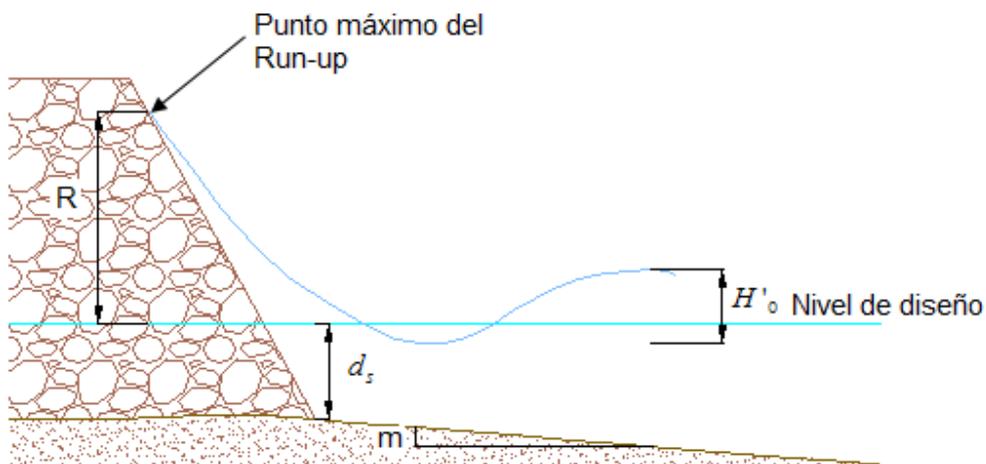
α = Coeficiente (obtenido de la figura 7-2 "Shore Protection Manual", 1984)

$(d_b)_{min}$ = Profundidad mínima a la cual puede romper la ola

β = Coeficiente (obtenido de la figura 7-2 "Shore Protection Manual", 1984)

- b) Los valores utilizados para cuando una ola no rompe, se presenta el fenómeno del Run-Up.

Figura 61 Esquema de definición de "Run-up"
(Fuente: Shore Protection Manual)



$$\frac{d_s}{L_0} = \frac{2\pi d_s}{gT^2}$$

$$\frac{H}{H'_0}$$

$$\frac{R}{H'_0}$$

$$r = \frac{\frac{R}{H'_0} (Rugosa)}{\frac{R}{H'_0} (Lisa)}$$

Donde:

π = Valor constante y adimensional (3,14)

d_s = Distancia del pie del rompeolas a la superficie libre del Nivel Medio de Bajamar de Sicigia (MLWS)

g = Aceleración gravitacional (9,81 m/s²)

T = Periodo de la ola de diseño (15 segundos)

H'_0 = Altura de ola sin considerar refracción

R = Run Up (señala el punto máximo en donde llega la ola cuando no rompe)

k = Factor de corrección (1,19 valor obtenido de la figura 7-13 "Shore Protection Manual", 1984)

r = Coeficiente que depende de las características de la superficie (0,45 valor obtenido de la tabla 7-2 "Shore Protection Manual", 1984)

$\frac{R}{H'_0} (Lisa)$ = Coeficiente obtenido de las figuras 7-10 y 7-11 ("Shore Protection Manual", 1984)

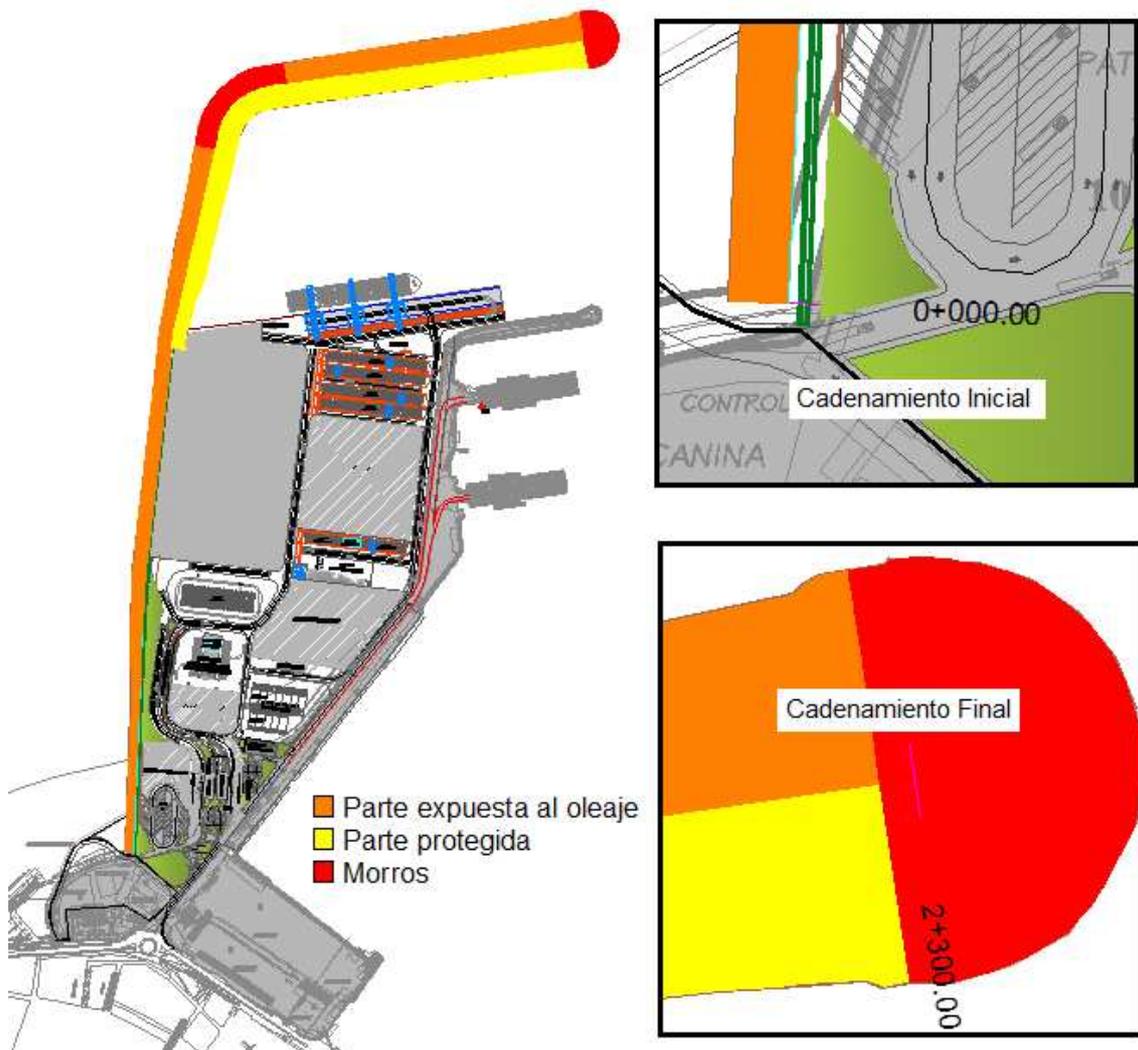
$\frac{R}{H'_0} (Rugosa)$ = Valor con el cual se va a obtener el verdadero valor del Run-Up considerando la rugosidad de la superficie

Cálculos

Dado que las condiciones de oleaje no son las mismas dentro y fuera de la dársena, para el diseño del rompeolas se hicieron las siguientes consideraciones:

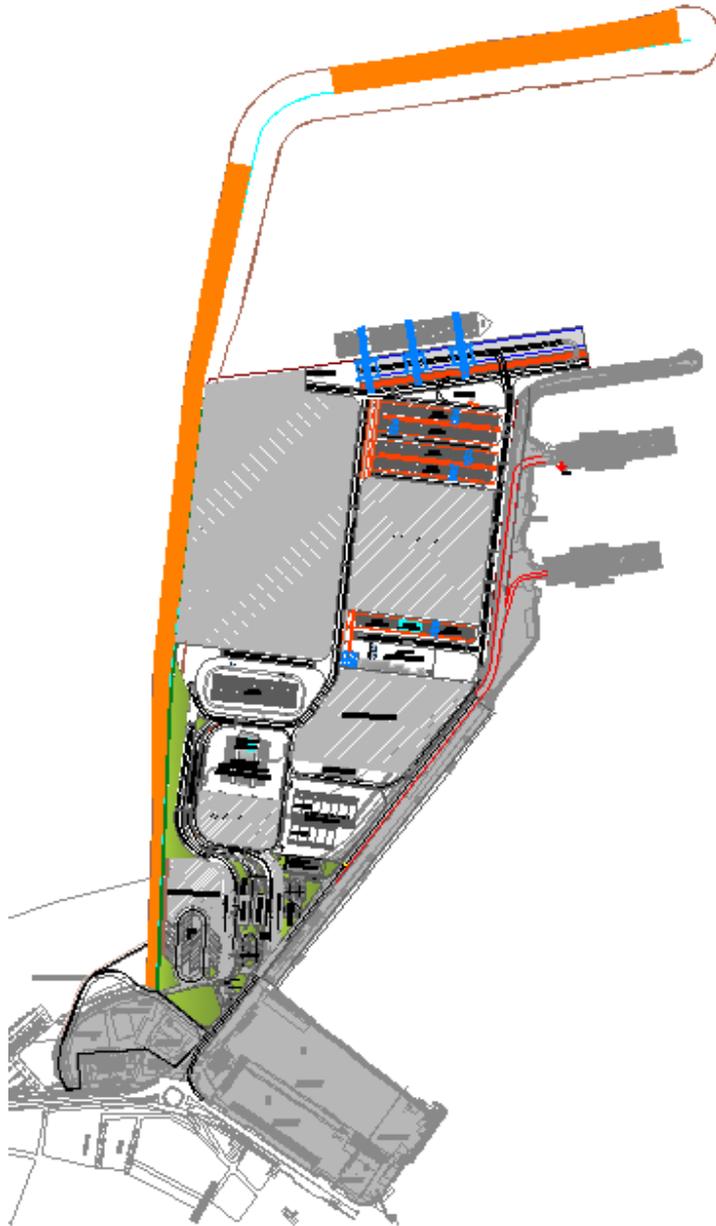
- Diseño del rompeolas para la parte expuesta al oleaje
- Diseño del rompeolas para la parte protegida
- Diseño para punto de inflexión y morro

Figura 62 Parte expuesta, protegida, punto de inflexión y morro del rompeolas
(Fuente: Propia)



a) Diseño para la parte expuesta al oleaje

Figura 63 Parte del rompeolas expuesta al oleaje
(Fuente: Propia)



Para el diseño del rompeolas en la parte expuesta al oleaje se consideró una altura de ola de 4 m y un periodo de 15 segundos.

Se hizo la revisión con las siguientes consideraciones de oleaje:

- I. Rompiente
- II. No rompiente

I. Rompiente

La zona del rompeolas que tiene que disipar mayor energía debida al oleaje, es aquella en la que rompen las olas sobre la estructura, pero además hay que considerar el fenómeno de marea astronómica (pleamar) y condiciones extremas (se considera el incremento por tormentas, elevaciones locales de niveles de agua y la elevación global del nivel del mar). De ahí la importancia de calcular la altura de rompiente (H_b).

La altura de rompiente depende del periodo de la ola y de la distancia entre el pie del talud a la superficie libre del Nivel Medio de Bajamares de Sicigia (MLWS).

Como el nivel de diseño es el Nivel Medio de Bajamar de Sicigia (MLSW) hay que aumentar la marea astronómica y las condiciones extremas (datos obtenidos de "Análisis de Condiciones Físicas, Viento, Oleaje, Corrientes y Niveles de Agua", 2007), entonces queda lo siguiente:

Condiciones Extrema = Incremento por tormentas + Elevaciones locales de niveles de agua + Elevación global del nivel del mar

Condiciones Extremas = 0,3 + 0,4 + 0,2

Condiciones Extremas = 0,9 m

MLWS + Pleamar + Condiciones Extremas = 0,00 + 2,96 + 0,9

MLWS + Pleamar + Condiciones Extremas = 3,86 m

La siguiente tabla muestra los resultados de las alturas de rompiente (considerando condiciones de pleamar y extremas) para diferentes profundidades referidas al MLWS (para los cálculos realizados se utilizó la figura 7-4 “Shore Protection Manual”, 1984):

Tabla 13 Resultados de alturas de rompiente

Batimétrica	d_s	$\frac{d_s}{gT^2}$	$\frac{H_b}{d_s}$	H_b
(m)	(m)	(adimensional)	(adimensional)	(m)
-26	29,86	0,0135	0,81	24,19
-25	28,86	0,0131	0,81	23,38
-24	27,86	0,0126	0,81	22,57
-23	26,86	0,0122	0,81	21,76
-22	25,86	0,0117	0,82	21,21
-21	24,86	0,0113	0,82	20,39
-20	23,86	0,0108	0,82	19,57
-19	22,86	0,0104	0,82	18,75
-18	21,86	0,0099	0,82	17,93
-17	20,86	0,0095	0,83	17,31
-16	19,86	0,0090	0,83	16,48
-15	18,86	0,0085	0,83	15,65
-14	17,86	0,0081	0,84	15,00
-13	16,86	0,0076	0,84	14,16
-12	15,86	0,0072	0,84	13,32
-11	14,86	0,0067	0,85	12,63
-10	13,86	0,0063	0,85	11,78
-9	12,86	0,0058	0,85	10,93
-8	11,86	0,0054	0,85	10,08
-7	10,86	0,0049	0,85	9,23
-6	9,86	0,0045	0,85	8,38
-5	8,86	0,0040	0,86	7,62
-4	7,86	0,0036	0,86	6,76
-3	6,86	0,0031	0,86	5,90
-2	5,86	0,0027	0,87	5,10
-1	4,86	0,0022	0,87	4,23
-0,8	4,66	0,0021	0,87	4,05
0	3,86	0,0017	0,87	3,36
1	2,86	0,0013	0,88	2,52
2	1,86	0,0008	0,88	1,64
3	0,86	0,0004	0,88	0,76
4	0,00	0,0000	0,89	0,00

De la tabla anterior se puede observar que para profundidades de 0,8 m (referidas al MLWS) se puede tener una distancia de 4,66 m entre el pie del rompeolas y la superficie libre del agua del MLWS (considerando condiciones de pleamar y extremas), lo que podría ocasionar que se presente la máxima ola esperada (ola de diseño de 4 m).

Cuando una ola rompe, no lo hace puntualmente; es decir, hay un rango de profundidades en las cuales se presente la rotura de la misma. Ese rango se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{4}{9,81 * 15^2}$$

$$\frac{H'_0}{gT^2} = 0,0018$$

Con la figura 7-3 ("Shore Protection Manual", 1984) y el valor 0,0018 se obtiene:

$$\frac{H_b}{H'_0} = 1,35$$

$$H_b = (1,35)(4)$$

$$H_b = 5,4 \text{ m}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{5,4}{9,81(15^2)}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0,0024$$

Con el valor 0,0024 y la figura 7-2 ("Shore Protection Manual", 1984) queda:

$$\alpha = 1,5$$

$$\beta = 1,19$$

Entonces la profundidad máxima a la cual puede romper la ola es:

$$(d_b)_{\text{máx}} = \alpha H_b$$

$$(d_b)_{m\acute{a}x} = (1,5)(5,4)$$

$$(d_b)_{m\acute{a}x} = 8,1 \text{ m}$$

La profundidad mınima en la cual la ola puede romper estı dada por:

$$(d_b)_{m\acute{i}n} = \beta H_b$$

$$(d_b)_{m\acute{i}n} = (1,19)(5,4)$$

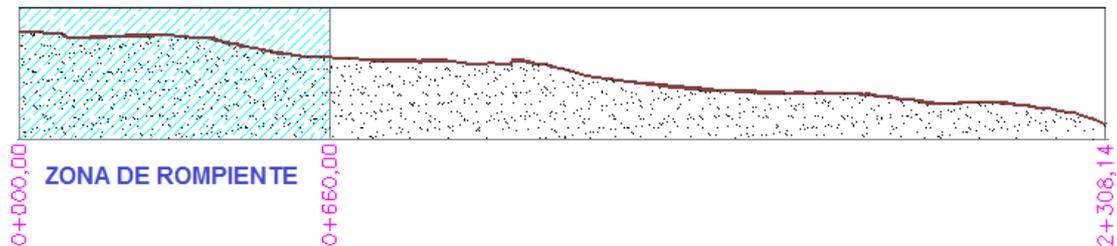
$$(d_b)_{m\acute{i}n} = 6,4 \text{ m}$$

A partir de la profundidad mımima y mımima de rompiente y la tabla de resultados de rompiente (considerando condiciones de pleamar y condiciones extremas), se tiene que la zona de rompientes es de la elevaciın -8,1 a la -0,8.

Por lo tanto el rompeolas se diseın por rompiente desde el empotramiento hasta el cadenamamiento 0+660.

A continuaciın se muestra el perfil de la zona de rompiente.

Figura 64 Zona de rompiente
(Fuente: Propia)



Los pesos y espesores de las capas que conforman al rompeolas cuando se presenta una ola rompiente son los siguientes:

Tabla 14 Pesos y espesores para cuando la ola rompe

Altura de ola m	Peso		Espesor		Peso Núcleo ton
	Coraza ton	Capa Sec. Ton	Coraza m	Capa Sec. m	
4,00	26,18	2,62	5,17	2,40	0,131

Dado que los elementos de la coraza son muy grandes y probablemente sea difícil obtenerlos de los bancos de materiales, se propone utilizar elementos prefabricados (tetrápodos), el peso y espesor calculado para estos elementos es:

Tabla 15 Cálculo de elementos prefabricados para coraza cuando la ola rompe

Altura de ola m	Peso Coraza ton
4,00	9,15

Se presupone que se acepta un determinado número de daños en la estructura, por lo tanto se recomienda tetrápodos de 8,79 toneladas con un espesor de 2,65 m.

II. No rompiente

El análisis por no rompiente es solamente para profundidades mayores a 8,1 m (valor obtenido del análisis por rompiente considerando condiciones de pleamar y condiciones extremas). Por lo tanto el peso y espesor de las capas del rompeolas (en la zona expuesta al oleaje), para una altura de ola de diseño de 4 m y periodo de 15 segundos, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16 Pesos y espesores para cuando la ola no rompe

Altura de ola	Peso		Espesor		Peso
	Coraza	Capa Sec.	Coraza	Capa Sec.	Núcleo
m	ton	Ton	m	m	ton
4,00	13,09	1,31	4,11	1,91	0,065

Como los elementos de la coraza son muy grandes y probablemente sea difícil obtenerlos de los bancos de materiales, se propone utilizar elementos prefabricados (tetrápodos), el peso y espesor calculado para estos elementos es:

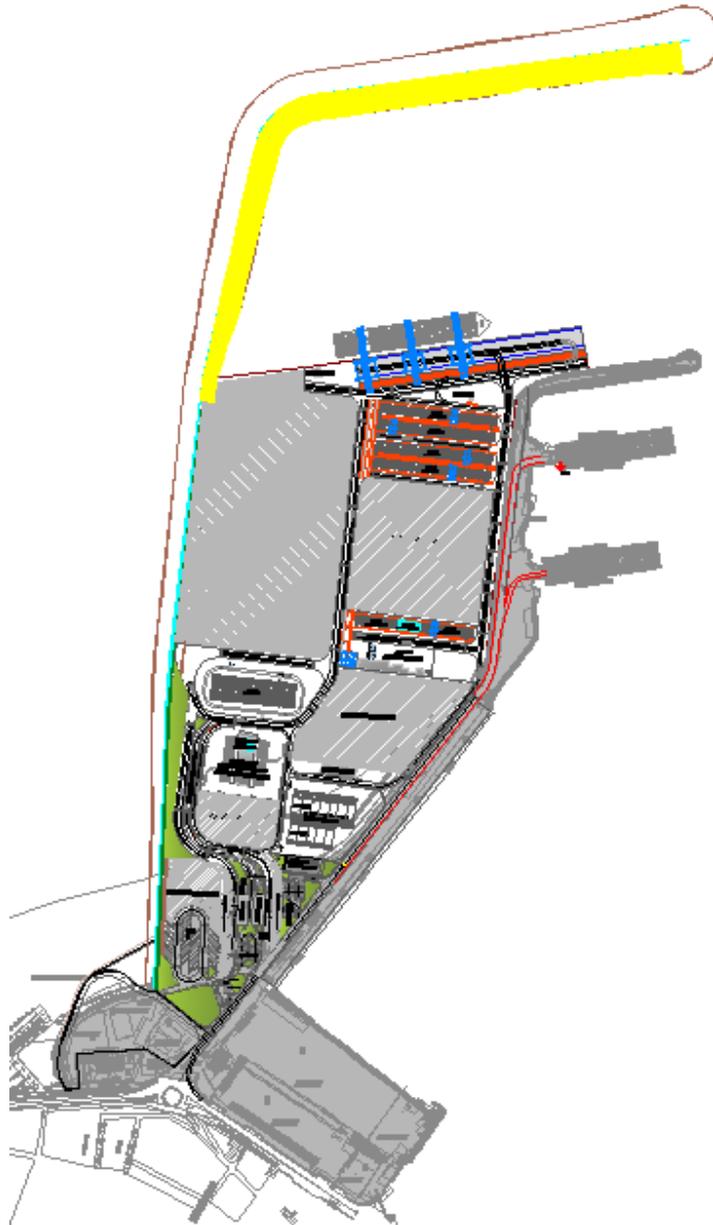
Tabla 17 Cálculo de elementos prefabricados para coraza para cuando la ola no rompe

Altura de ola	Peso Coraza
m	ton
4,00	8,01

Se recomienda tetrápodos de 8,79 toneladas con un espesor de 2,65 m.

b) Diseño para la parte protegida en zona de muelle

Figura 65 Parte del rompeolas protegida del oleaje
(Fuente: Propia)



La altura de la ola que se consideró para el diseño de la parte protegida del rompeolas fue de 2 m y un periodo de 15 segundos, pues las condiciones en esta zona no son tan desfavorables.

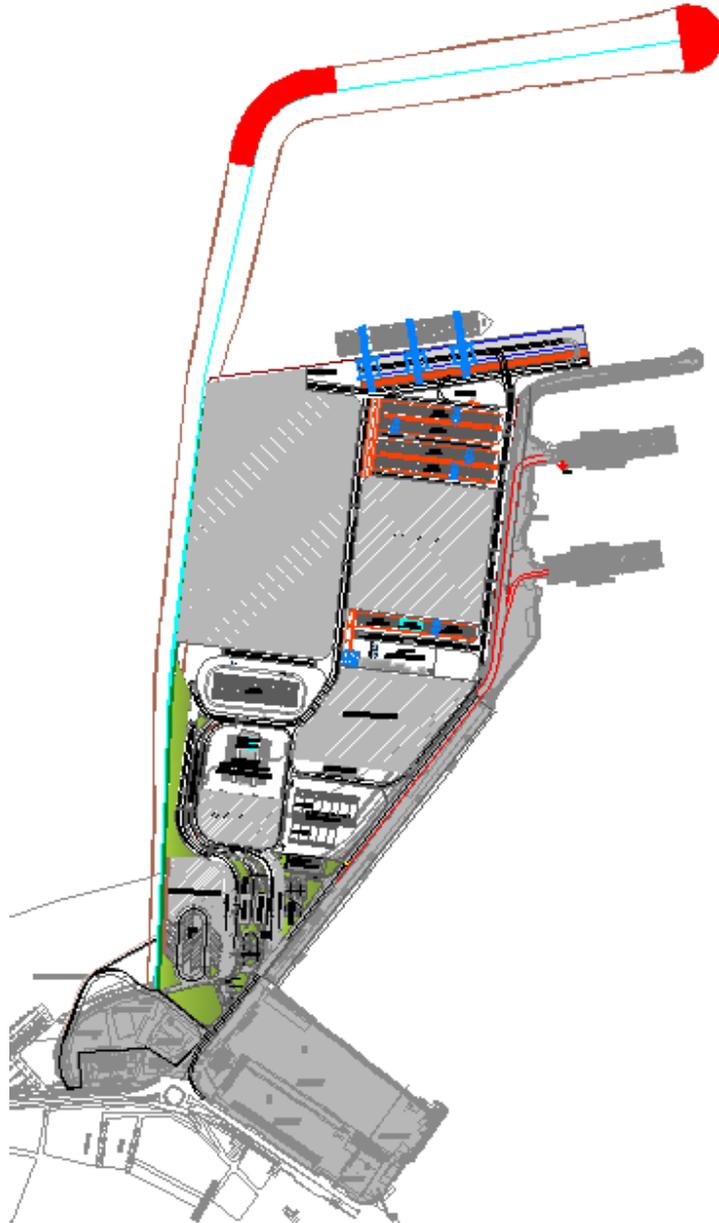
Los resultados de los cálculos de los pesos y espesores de la coraza y capa secundaria se muestran en la tabla:

Tabla 18 Pesos y espesores para coraza y capa secundaria

Altura de ola m	Peso		Espesor	
	Coraza ton	Capa Sec. Ton	Coraza m	Capa Sec. m
2,00	1,64	0,16	2,05	0,95

c) Diseño para punto de inflexión y morro

Figura 66 Punto de inflexión y Morro del rompeolas
(Fuente: Propia)



El análisis para el diseño del punto de inflexión y del morro se hizo con una altura de ola de 4 m y un periodo de 15 segundos.

Los resultados de pesos y espesores para el punto de inflexión y el morro son los siguientes:

Tabla 19 Pesos y espesores de las capas del Punto de inflexión y el morro

Altura de ola m	Peso	Peso	Espesor		Peso
	Coraza ton	Capa Sec. Ton	Coraza m	Capa Sec. m	Núcleo ton
4,00	16,36	1,64	4,42	2,05	0,0818

Dado que los elementos de la coraza son muy grandes y probablemente sea difícil obtenerlos de los bancos de materiales, se propone utilizar elementos prefabricados (tetrápodos), el peso y espesor calculado para estos elementos es:

Tabla 20 Pesos y espesores para coraza y capa secundaria del Punto de inflexión y morro

Altura de ola m	Peso Coraza ton
4,00	10,67

Se presupone que se acepta un determinado número de daños en la estructura, por lo tanto se recomienda tetrápodos de 10 toneladas con un espesor de 3,25 m.

Conclusiones para el prediseño del rompeolas:

Para que el diseño sea más eficiente se eligieron seis tramos:

Tabla 21 Resumen del prediseño del rompeolas para los diferentes tramos

	Cadenamiento	Profundidad Aproximada	Condiciones de Oleaje	Ola de Diseño	Zona	Elementos de Coraza
TRAMO 1	0+000 - 0+660	0 - 8	Rompiente	4	Expuesta	Tetrápodos
TRAMO 2	0+660 - 1+460	8 - 10	No rompiente	4	Expuesta	Tetrápodos
TRAMO 3	1+460 - 1+680	17 - 18	No rompiente	4	Punto de inflexión	Tetrápodos
TRAMO 4	1+680 - 2+280	18 - 25	No rompiente	4	Expuesta	Tetrápodos
TRAMO 5	2+300	25 - 26	No rompiente	4	Morro	Tetrápodos
TRAMO 6	1+040 - 2+280	10 - 25	No rompiente	2	Protegida	Roca

Figura 67 Tramo 1 (del cadenamiento 0+000 al 0+660)
(Fuente: Propia)

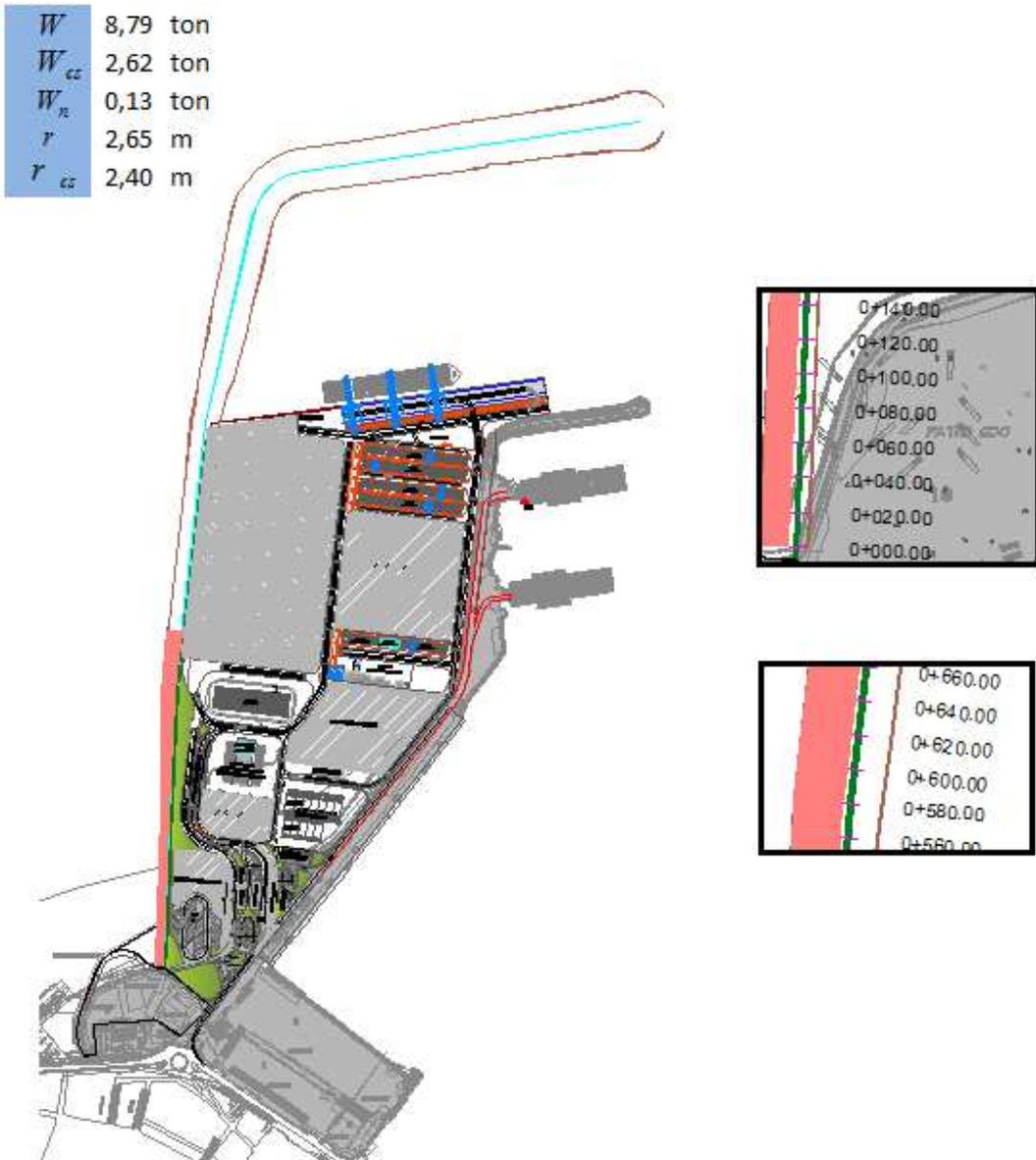


Figura 68 Tramo 2 (del cadenamiento 0+660 al 1+460)
 (Fuente: Propia)

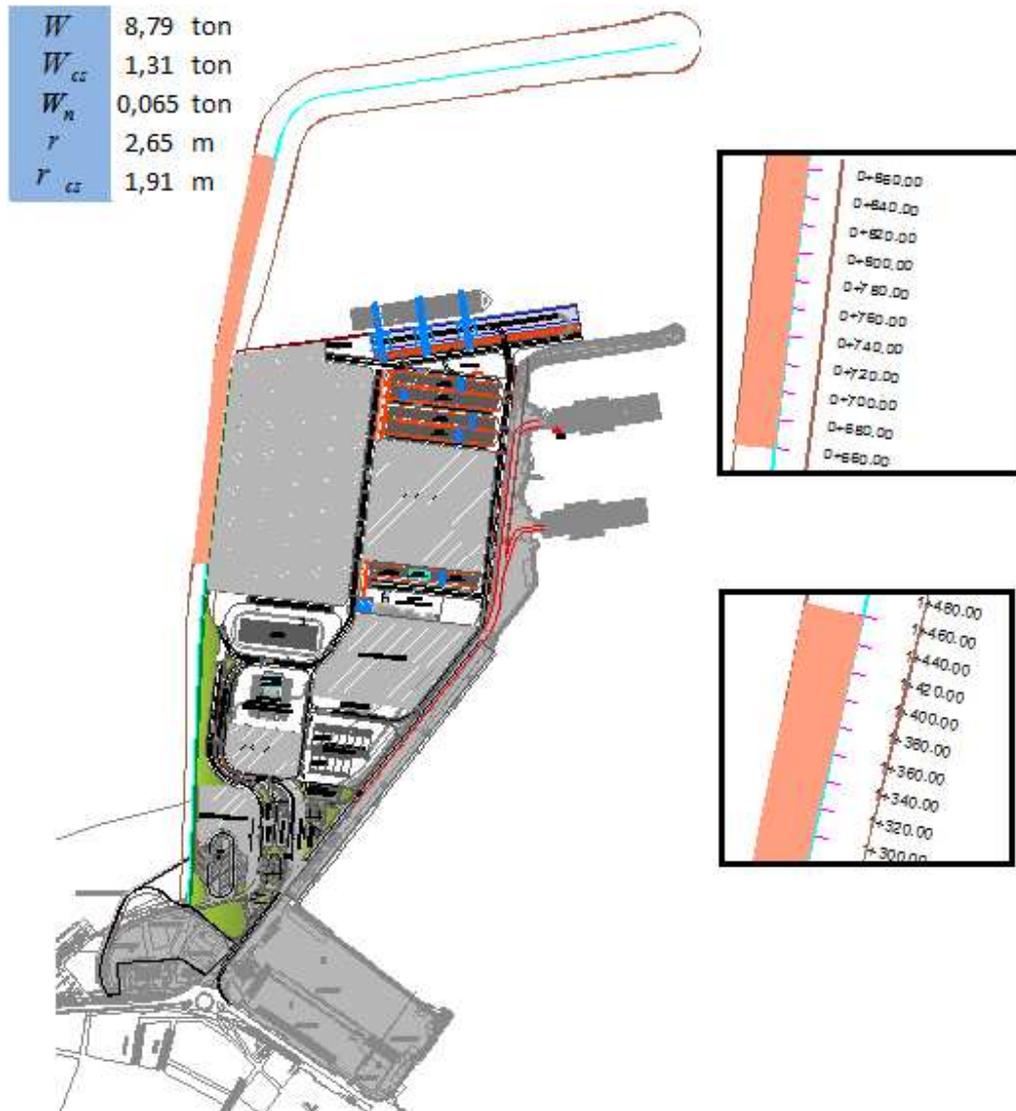


Figura 69 Tramo 3 (del cadenamiento 1+460 al 1+680)
(Fuente: Propia)

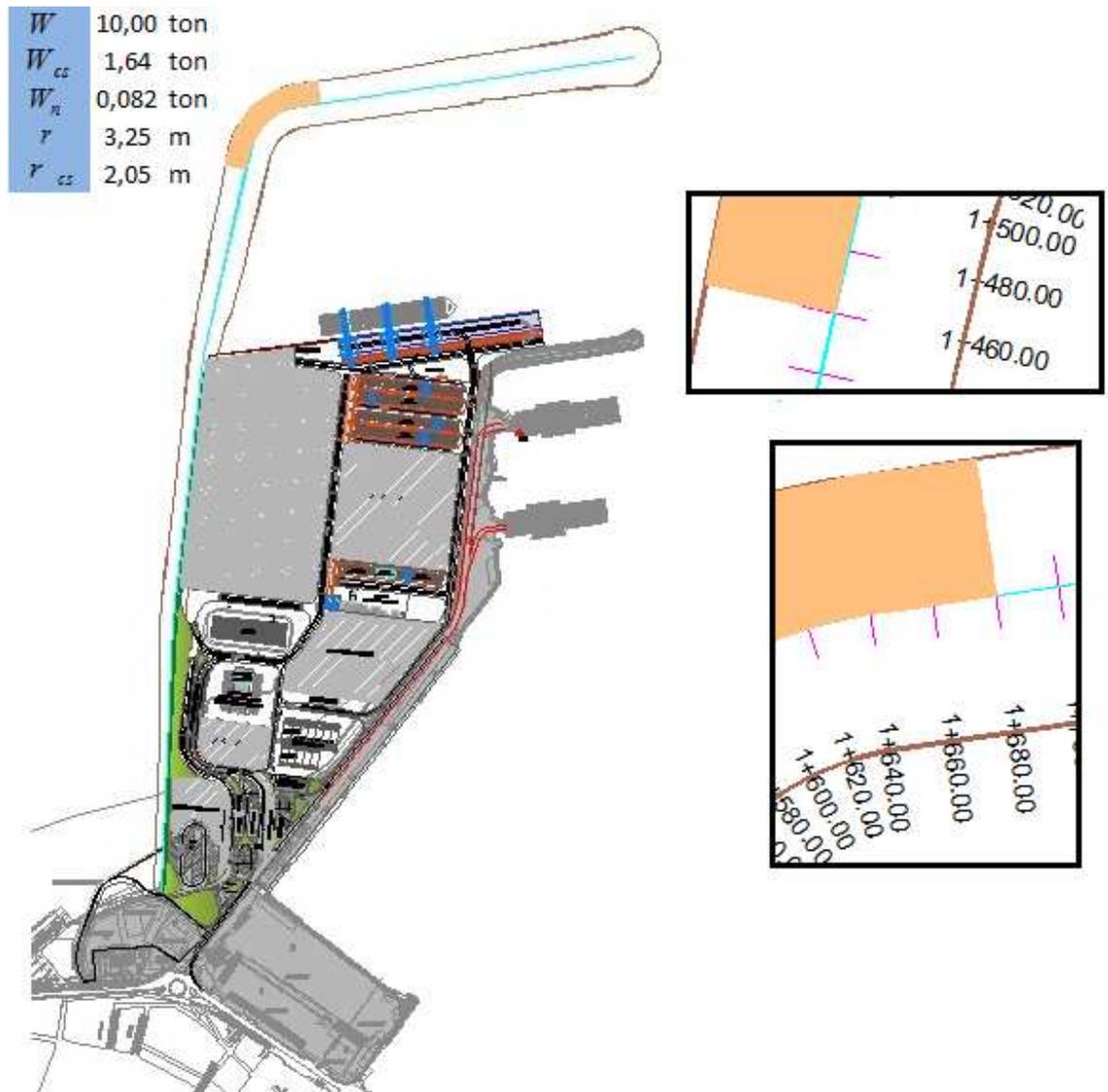


Figura 70 Tramo 4 (del cadenamiento 1+680 al 2+280)
 (Fuente: Propia)

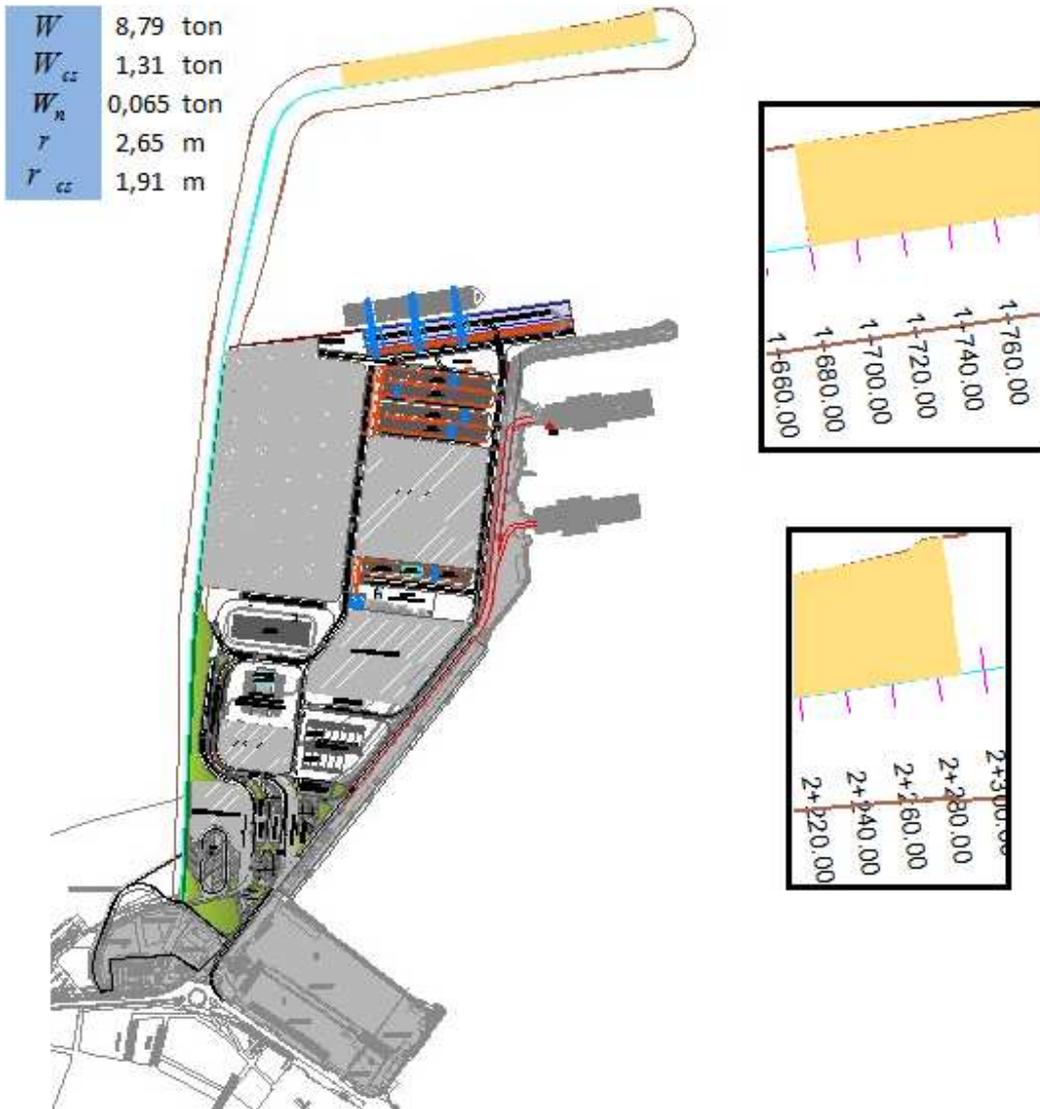


Figura 71 Tramo 5 (del cadenamiento 2+300)
(Fuente: Propia)

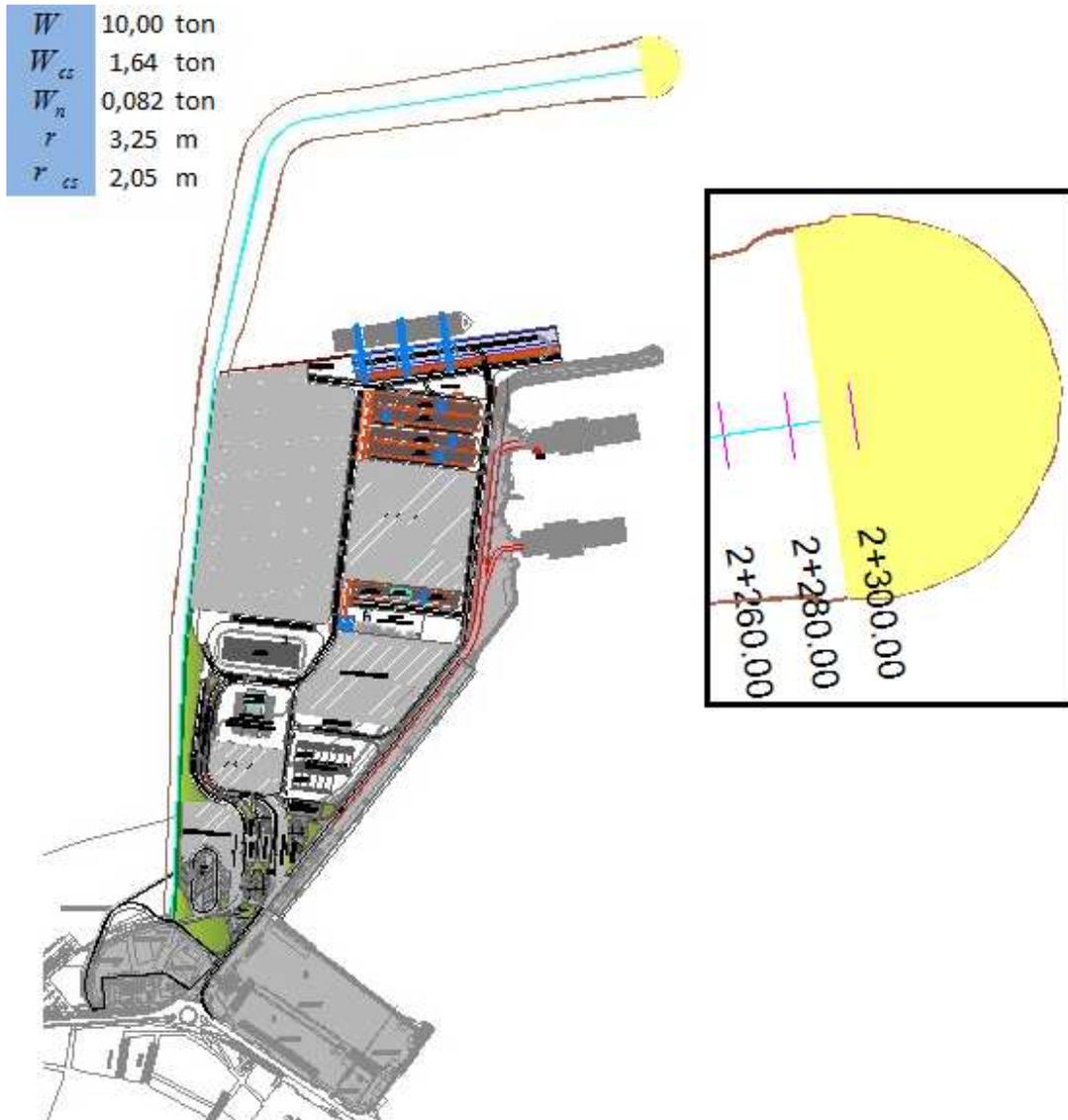
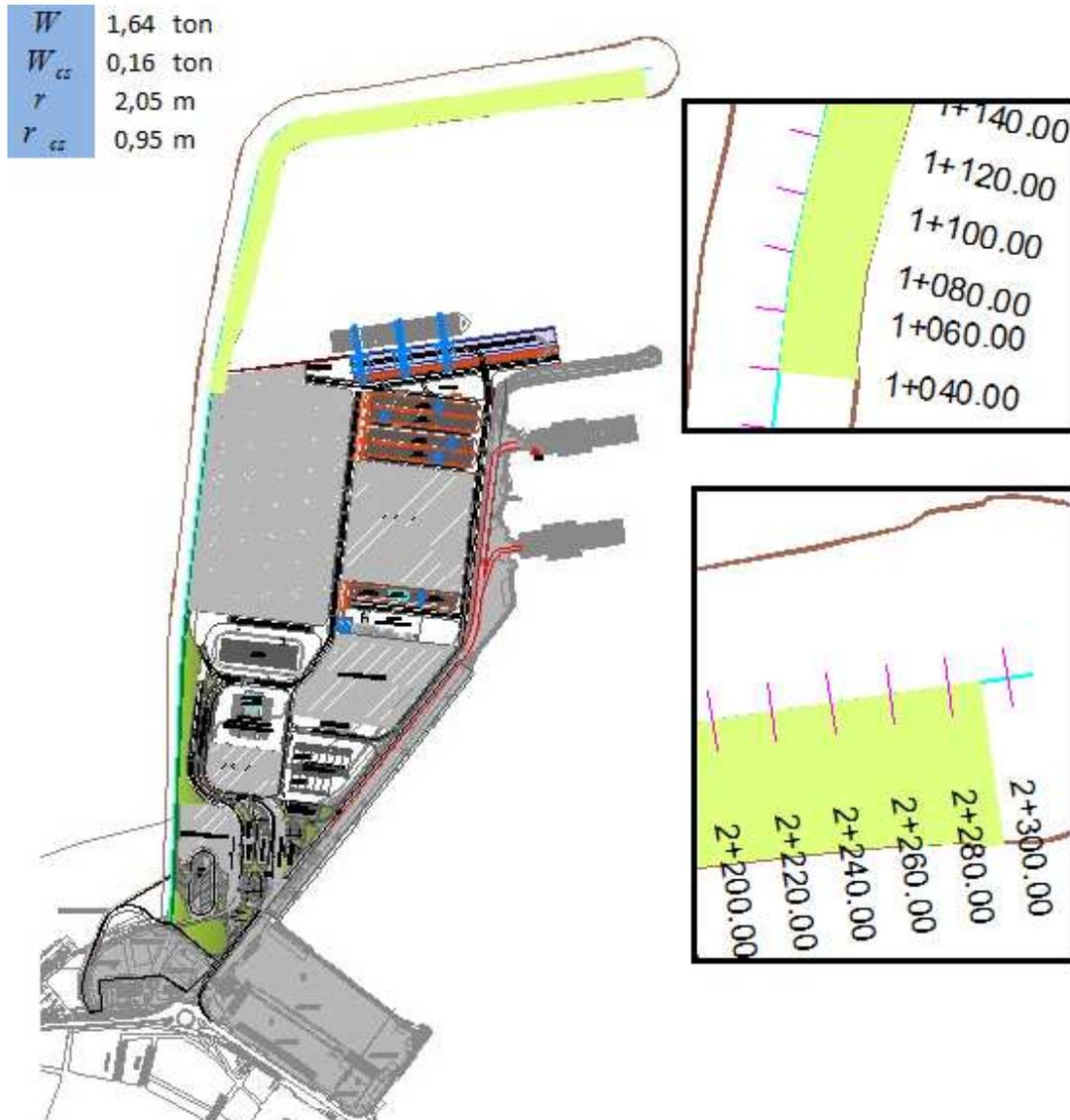


Figura 72 Tramo 6 (del cadenamiento 1+040 al 2+280)
(Fuente: Propia)



Elevación

La elevación es la altura a la cual debe de estar el rompeolas, para evitar que el agua rebese dicha estructura y que haya pérdidas (tanto humanas como materiales).

La elevación depende del fenómeno llamando Run-up, que éste a su vez es función de la pendiente, porosidad y rugosidad de la capa de coraza. El Run-up solamente se calcula para profundidades en las que la ola no rompe.

Del análisis que se hizo para cuando una ola rompe sobre la estructura de protección, tenemos que dicha ruptura se presenta a una profundidad máxima de 8 m, por lo tanto el cálculo para el fenómeno del Run-Up se hizo para profundidades mayores a esos 8 m y para una altura de ola de 4 m (sin considerar refracción). Para dichos cálculos se utilizó la tabla C-1 y las figuras 7-11 y 7-12 del "Shore Protection Manual", 1984.

Los cálculos del Run-up para las diferentes profundidades que alcanza el rompeolas se muestran a continuación.

Tabla 22 Cálculo del Run-up

d_s (m)	$\frac{d}{L_0}$ (m)	$\frac{H}{H'_0}$ (adimensional)	H'_0 (m)	$\frac{H'_0}{gT^2}$ (adimensional)	$\frac{d_s}{H'_0}$ (adimensional)	$\frac{R}{H'_0}$ (adimensional)	R (m)	R (m)	$\frac{R}{H'_0}$ (lisa) (adimensional)	$\frac{R}{H'_0}$ (rugosa) (adimensional)	R (m)
8,0	0,0228	1,1917	3,36	0,0015	2,38	3,30	11,08	13,18	3,93	1,77	5,93
9,0	0,0256	1,1624	3,44	0,0016	2,62	3,30	11,36	13,51	3,93	1,77	6,08
10,0	0,0285	1,1373	3,52	0,0016	2,84	3,30	11,61	13,81	3,93	1,77	6,22
11,0	0,0313	1,1158	3,58	0,0016	3,07	2,00	7,17	8,53	2,38	1,07	3,84
12,0	0,0342	1,0970	3,65	0,0017	3,29	2,00	7,29	8,68	2,38	1,07	3,91
13,0	0,0370	1,0800	3,70	0,0017	3,51	2,00	7,41	8,82	2,38	1,07	3,97
14,0	0,0399	1,0647	3,76	0,0017	3,73	2,00	7,51	8,94	2,38	1,07	4,02
15,0	0,0427	0,7530	5,31	0,0024	2,82	2,00	10,62	12,64	2,38	1,07	5,69
16,0	0,0455	1,0420	3,84	0,0017	4,17	2,00	7,68	9,14	2,38	1,07	4,11
17,0	0,0484	1,0284	3,89	0,0018	4,37	2,00	7,78	9,26	2,38	1,07	4,17
18,0	0,0512	1,0183	3,93	0,0018	4,58	2,00	7,86	9,35	2,38	1,07	4,21
19,0	0,0541	1,0097	3,96	0,0018	4,80	2,00	7,92	9,43	2,38	1,07	4,24
20,0	0,0569	1,0012	4,00	0,0018	5,01	2,00	7,99	9,51	2,38	1,07	4,28
21,0	0,0598	0,9938	4,03	0,0018	5,22	2,00	8,05	9,58	2,38	1,07	4,31
22,0	0,0626	0,9869	4,05	0,0018	5,43	2,00	8,11	9,65	2,38	1,07	4,34
23,0	0,0655	0,9805	4,08	0,0018	5,64	2,00	8,16	9,71	2,38	1,07	4,37
24,0	0,0683	0,9746	4,10	0,0019	5,85	2,00	8,21	9,77	2,38	1,07	4,40
25,0	0,0712	0,9691	4,13	0,0019	6,06	2,00	8,26	9,82	2,38	1,07	4,42
26,0	0,0740	0,9641	4,15	0,0019	6,27	2,00	8,30	9,87	2,38	1,07	4,44

De acuerdo a los cálculos anteriores el punto máximo que alcanza el Run-Up es 6,08 m (referida al MLWS); sin embargo la elevación del rompeolas depende del ancho de la capa secundaria y de la coraza; llegando a una elevación de 7,03 m, 7,74 m y 8,18 m (referidas al MLWS) en el empotramiento y cuerpo del rompeolas y el morro, respectivamente. De lo anterior se concluye que la ola no va a rebasar la estructura de protección.

Las siguientes figuras muestra un corte transversal del rompeolas en el cual se puede observar las tres capas que lo forman (núcleo, capa secundaria y coraza). La elevación del rompeolas varía de acuerdo al espesor de las capas y la elevación que tiene el núcleo; pues desde el cadenamiento 0+000 al 0+120 (empotramiento del rompeolas) el núcleo tiene elevación de 4,00 m, del cadenamiento 0+120 al 0+320 (cambio de elevación) se tiene un pendiente del 0,005% y del cadenamiento 0+320 (cuerpo del rompeolas y el morro) en adelante la elevación es de 5,00 m en el núcleo.

Figura 73 Empotramiento del rompeolas
(Fuente: Propia)

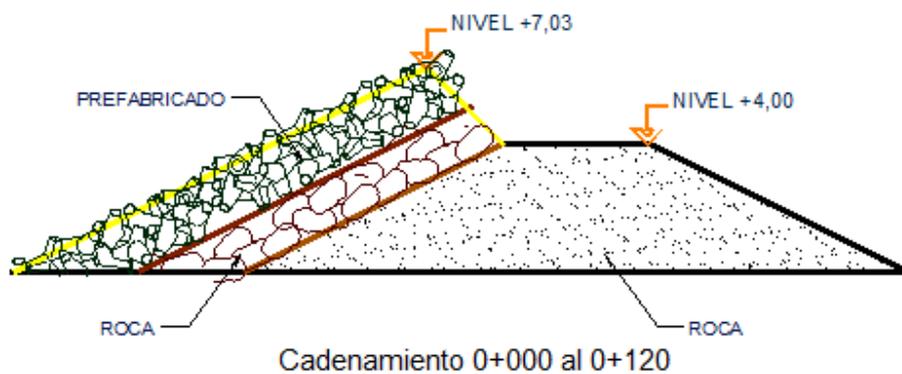


Figura 74 Cambio en la elevación del núcleo
(Fuente: Propia)

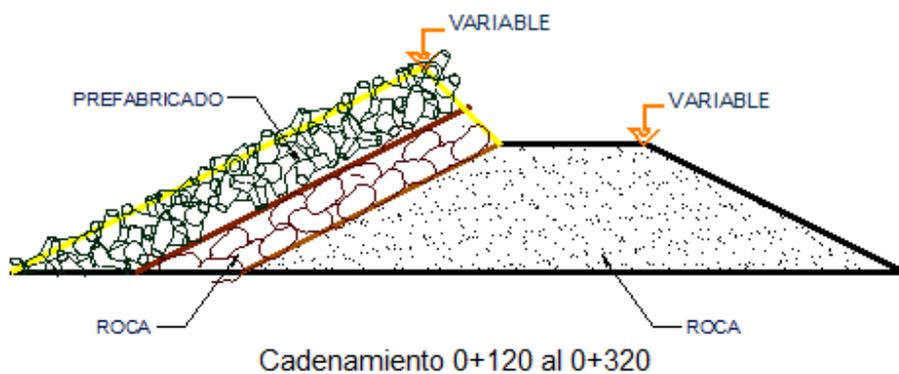


Figura 75 Cuerpo del rompeolas
(Fuente: Propia)

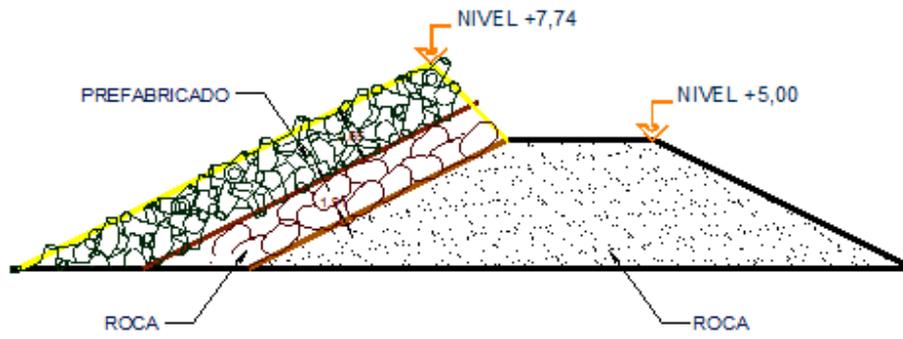
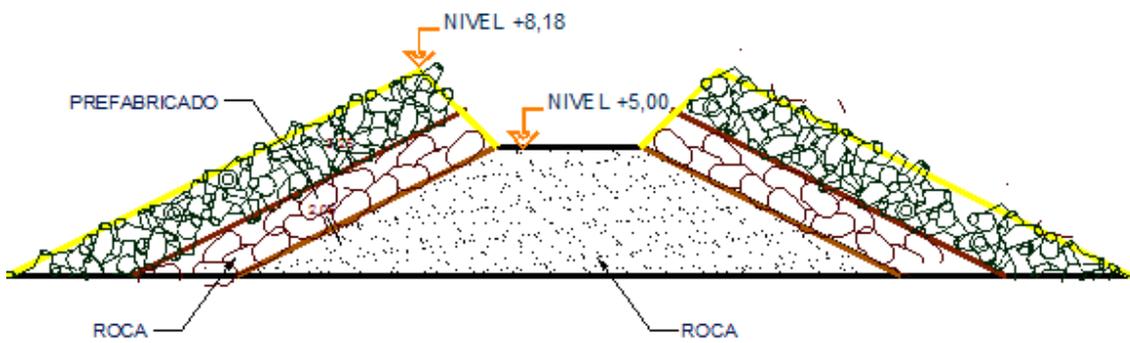


Figura 76 Punto de inflexión y Morro
(Fuente: Propia)



A manera de resumen, a continuación se presentan las secciones tipo del rompeolas y se indica que cadenamiento es aplicable a cada sección; así como los espesores y pesos de cada capa.

Figura 77 Sección tipo del cadenamiento 0+000 al 0+120
(Fuente: Propia)

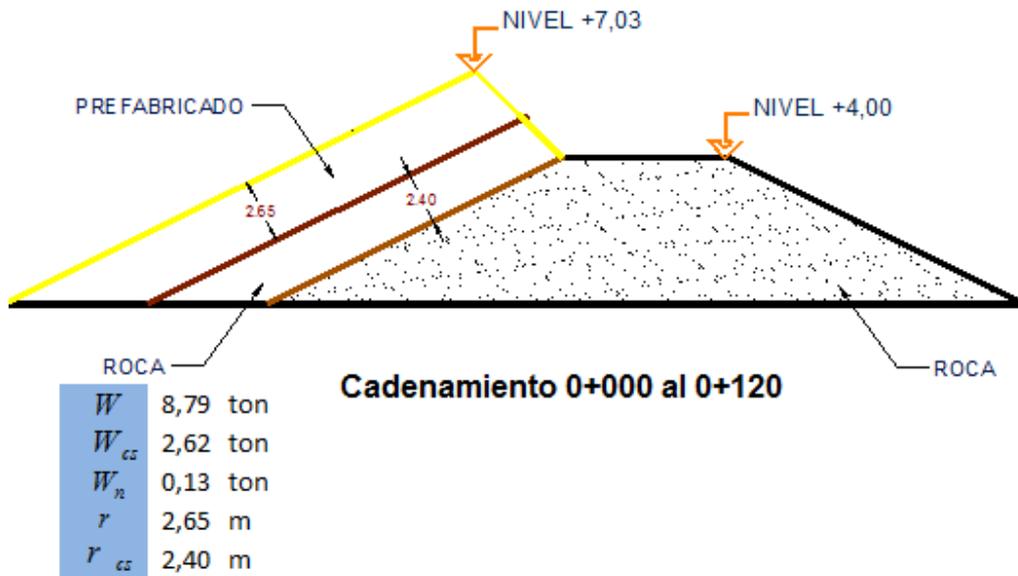


Figura 78 Sección tipo del cadenamiento 0+120 al 0+320
(Fuente: Propia)

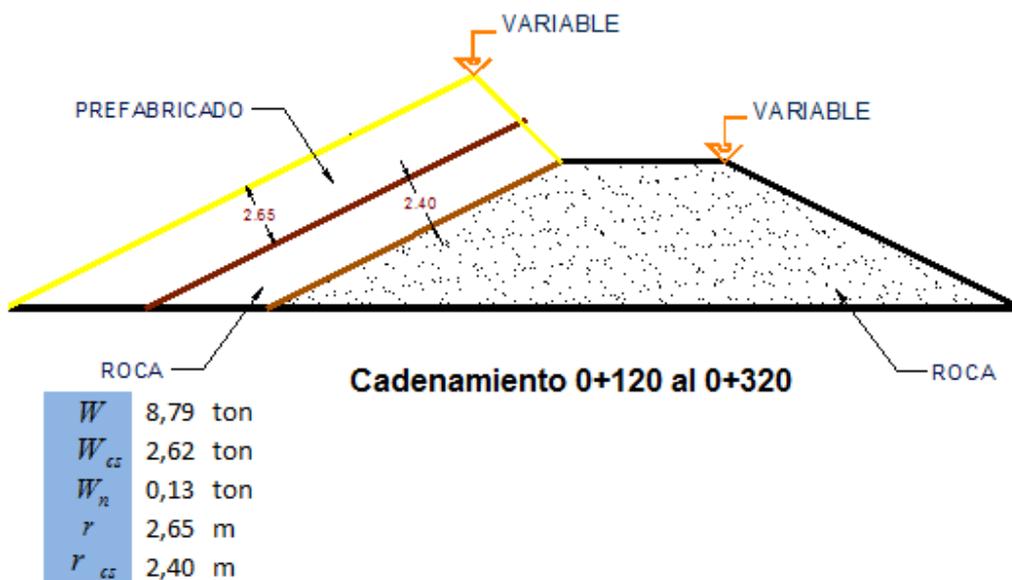


Figura 79 Sección tipo del cadenamiento 0+320 al 0+660
(Fuente: Propia)

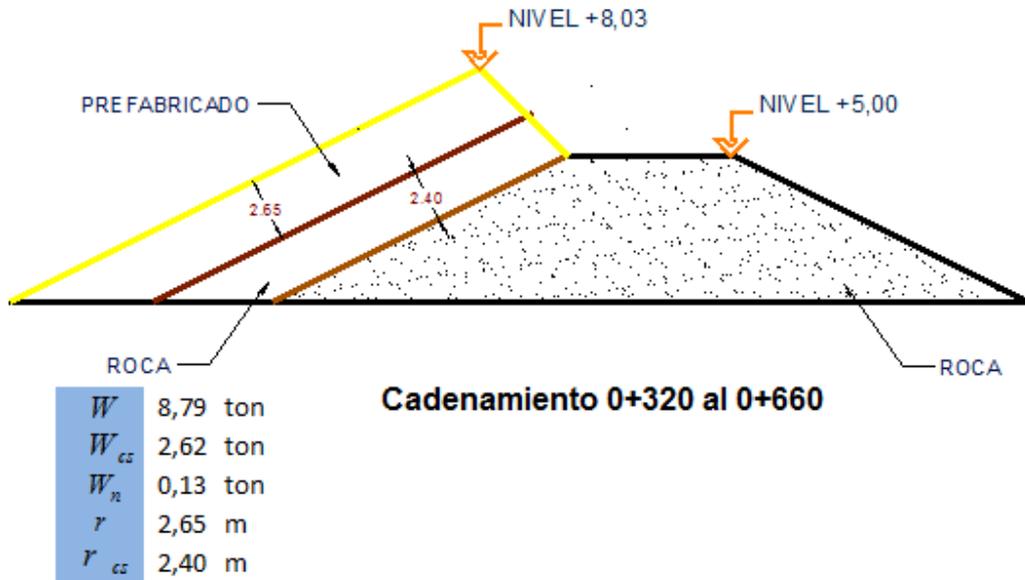


Figura 80 Sección tipo del cadenamiento 0+660 al 1+040
(Fuente: Propia)

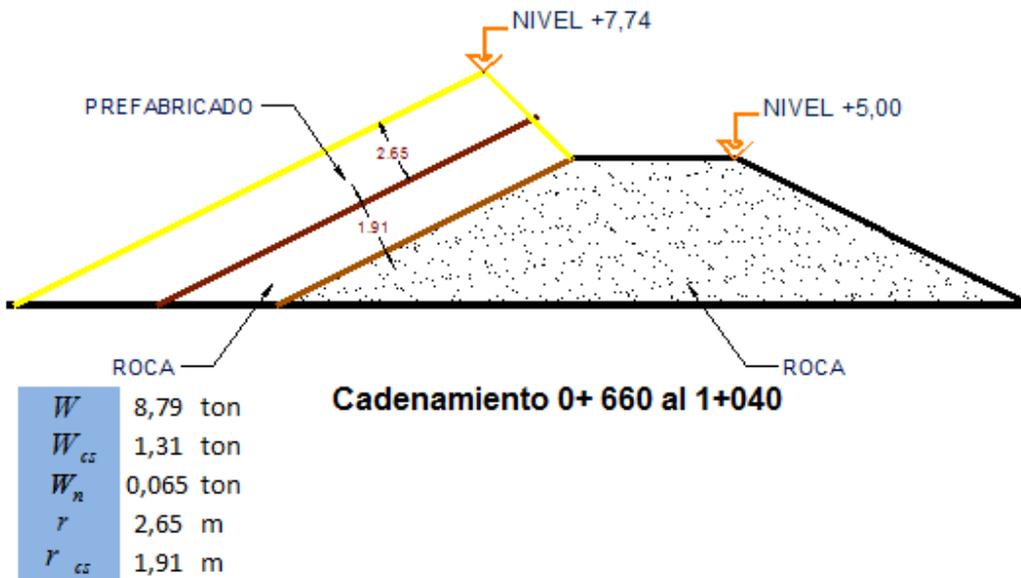


Figura 81 Sección tipo del cadenamiento 1+040 al 1+460
(Fuente: Propia)

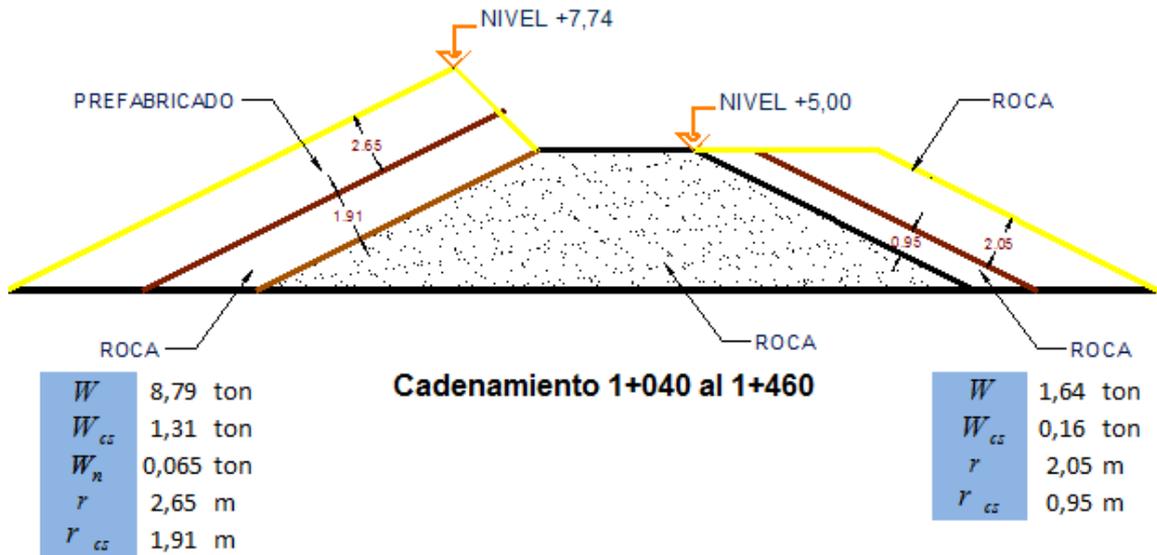


Figura 82 Sección tipo del cadenamiento 1+460 al 1+680
(Fuente: Propia)

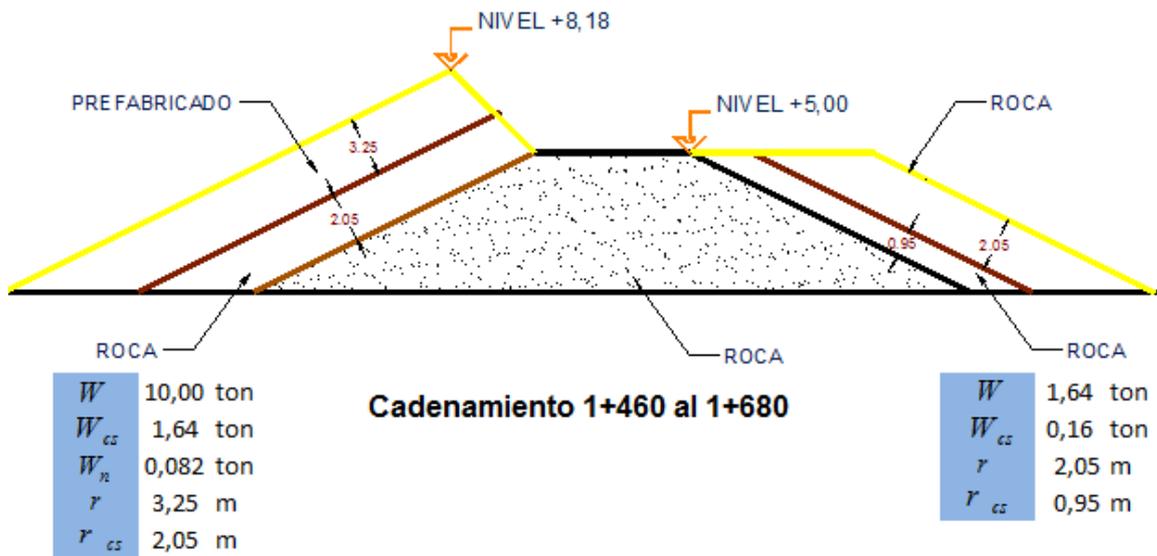


Figura 83 Sección tipo del cadenamiento 1+680 al 2+280
(Fuente: Propia)

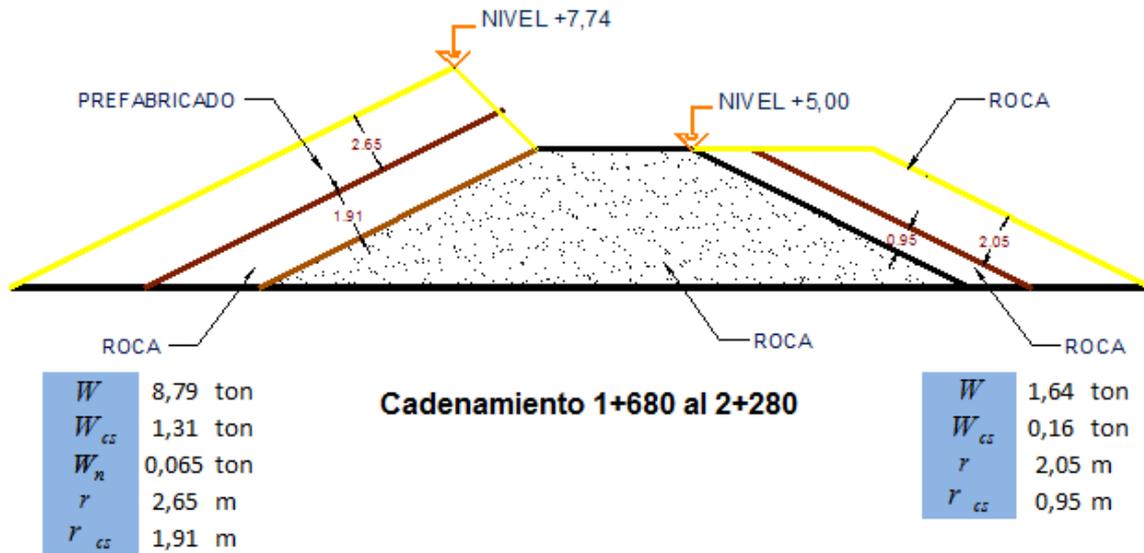
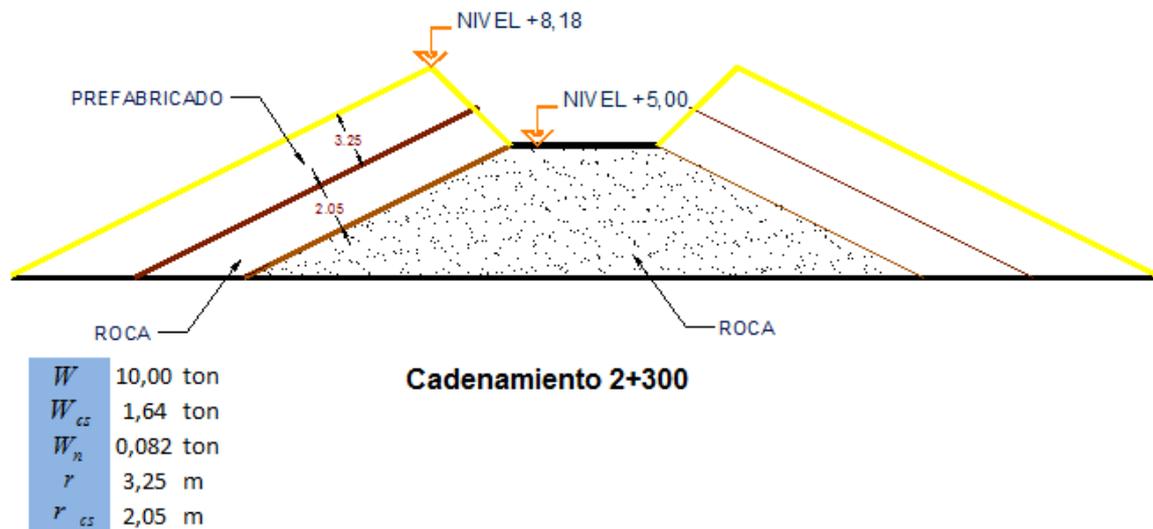


Figura 84 Sección tipo del cadenamiento 2+300
(Fuente: Propia)



6.3 Áreas de navegación

Las áreas de navegación tienen la función de cubrir las necesidades de acceso al puerto en forma segura y eficiente, en las maniobras que realiza el barco, desde la entrada hasta que fondea o atraca y viceversa.

Los factores que se deben de tomar en cuenta para su diseño son el barco de diseño, los taludes necesarios (que depende del material que forme el fondo marino), transporte litoral y la dirección de la ola máxima.

La profundidad de las áreas de agua depende de las embarcaciones, su velocidad y la magnitud de olas que se presenten en el canal.

Especificaciones de la embarcación de diseño

La embarcación de diseño no es necesariamente la que llegará al puerto sino que sirve como referencia principal con datos de tamaño, tipo de barco y atraque.

Las especificaciones para dicha embarcación son:

Nueva Clase-A de Maersk

- Tonelaje peso muerto: 109.000 toneladas
- Tonelaje bruto: 93.496 toneladas
- Longitud total: 352 m
- Manga: 42,8 m
- Calado con carga: 15,0 m

Para el diseño de las áreas de navegación se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El canal de acceso va ser de un solo sentido y no va a tener tramos curvos, es decir, es recto.
- Cuando el barco entre al puerto será ayudado por remolcadores.
- Por la configuración que tienen los muelles de proyecto la dársena de servicio tendrá atraque en línea en ambos lados.

Criterios de diseño

1. Canal de acceso

Los aspectos fundamentales a considerar en el dimensionamiento del canal de acceso son:

- a) Alineamiento en planta
- b) Longitud del Canal de Acceso
- c) Ancho del Canal de Acceso:
- d) Profundidad

a) Alineamiento en planta

Para el diseño óptimo de los canales, se dan las siguientes recomendaciones:

- Deberán ser rectos de preferencia, y en el acceso tenderán a ser normales a la costa o paralelos a la dirección predominante de los temporales.
- Por ningún motivo se aceptan curvas en "S".
- El tramo de transición entre mar abierto y zona protegida, debe ser razonablemente recto.
- En el interior del puerto los cambios de dirección deben ser con los mayores radios de giro posibles.

b) Longitud del Canal de Acceso

La longitud del canal de acceso está compuesta por una longitud exterior (l_e), que depende de la pendiente natural del fondo marino; y por una distancia de parada (D_p), necesaria para la maniobra de frenado del barco.

c) Ancho del Canal de Acceso

El ancho del canal depende de los siguientes factores:

- El barco de diseño (nivel de maniobrabilidad, dimensiones, tipo de carga, visibilidad global y velocidad)
- Físicos, como vientos, corrientes y oleajes de través al canal
- Distancia libre de cruce entre 2 barcos
- Distancia existente a las márgenes del canal

- Profundidad y trazo en planta del canal
- Tipo de carga (común y peligrosa)
- Ayudas a la navegación (balizamiento, radar, etc.)

El ancho del canal recomendado por PIANC para una sola vía de navegación es:

$$B = Tr + N + \sum_{i=1}^n ni + Tr$$

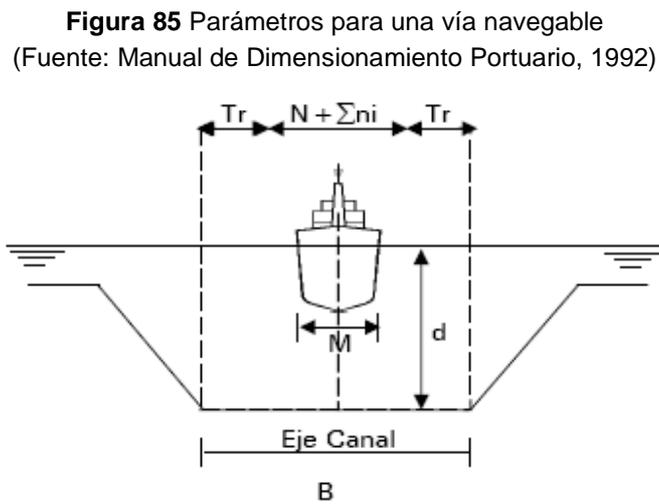
Donde:

B =Ancho de canal (m)

Tr =Franja de resguardo de talud

N =Vía de maniobrabilidad

ni =Sobreeanchos de maniobra



A continuación se presentan los valores mínimos recomendados por "PIANC", 1997.

Sobreanchos de maniobra:

Tabla 23 Sobreanchos de maniobra en canales de acceso
(Fuente: PIANC, 1997)

Ancho ni		Canal exterior Expuesto (Mangas)		Canal interior Abrigado (Mangas)
a)	Velocidad del barco "Vb" (nudos >12; 8-12; 5-8	0,1; 0, 0		0,1; 0; 0
b)	Viento dominante de través (nudos)	Vb:		
	≤15 nudos	Todas	0	0
	15-33	A, M, L	0,3; 0,4; 0,5	-; 0,4; 0,5
	33-48	A, M, L	0,6; 0,8; 1,0	-; 0,8; 1,0
c)	Corriente transversal dominante (nudos)	Vb:		
	Despreciable < 0,2	Todas	0	0
	Débil 0,2 - 0,5	A, M, L	0,1; 0,2; 0,3	-; 0,1; 0,2
	Media > 0,5 - 1,5	A, M, L	0,5; 0,7; 1,0	-; 0,5; 0,8
	Fuerte > 1,5 - 2	A, M, L	0,7; 1,0; 1,3	-; -; -
d)	Corriente longitudinal dominante (nudos)	Vb:		
	Débil ≤ 1,5	Todas	0	0
	Media > 1,5 - 3	A, M, L	0; 0,1; 0,2	0; 0,1; 0,2
	Fuerte > 3	A, M, L	0,1; 0,2; 0,4	-; 0,2; 0,4
e)	Altura de cresta del oleaje significante Hs y su longitud λ (m)	Vb:		
	Hs < 1; λ ≤ L	Todas	0	0
	1 < Hs < 3; λ ≈ L	A, M, L	2; 1; 0,5	-
	Hs > 3; λ > L	A, M, L	3; 2,2; 1,5	-
f)	Ayudas a la navegación			
	Excelentes, con control de tráfico		0	0
	Buenas		0.1	0.1
	Media (Mala visibilidad ocasional)		0.2	0.2
	Madia (Mala visibilidad frecuente)		≥ 5	≥ 5
g)	Superficie de fondo			
	≥ 1,5d		0	0
	< 1,5d Refular: movable o con pendiente firme		0.1	0.1
	< 1,5d Rugosa y dura		0.2	0.2
h)	Profundidad del canal			
	≥ 1,5d; 1,25 - 1,5d; < 1,25d		0; 0,1; 0,2	-
	≥ 1,5d; 1,15 - 1,5d; < 1,15d		-	0; 0,2; 0,4
i)*	Nivel de riesgo de la carga (tóxica, explosiva, combustible, corrosiva o contaminante)			
	Bajo, Medio, Alto		0; ≥ 0,5; ≥ 1,0	0; ≥ 0,4; ≥ 0,8

A= Alta; M=Media; L=Lenta

(*) Para establecer el riesgo de la carga, se entiende Bajo en el caso de gráneles, contenedores, pasajeros, mercancía en general y carga sobre remolque; Medio en el caso de hidrocarburos; y Alto, cuando se transportan combustibles, derivados de petróleos, gas licuado y productos químicos de todo tipo

Ancho de la franja de resguardo del talud:

Tabla 24 Franja de resguardo del talud, mangas
(Fuente: Manual de dimensionamiento portuario, 1992)

Ancho respecto a las orillas del talud "Tr"	Velocidad del barco	Canal exterior expuesto	Canal interior abrigado
Orillas del canal con pendiente y profundas	A, M, L	0,7; 0,5; 0,3	-; 0,5; 0,3
Orillas abruptas y duras	A, M, L	1,3; 1,0; 0,5	-; 1,0; 0,5

Controlabilidad del barco:

Para la vía de maniobra base N, que depende del control del barco se recomienda

Tabla 25 Contrabilidad del Barco
(Fuente: Manual de dimensionamiento portuario, 1992)

Controlabilidad del barco	Buena	Regular	Mala
N	1,3 M	1,5 M	1,8 M

d) Profundidad

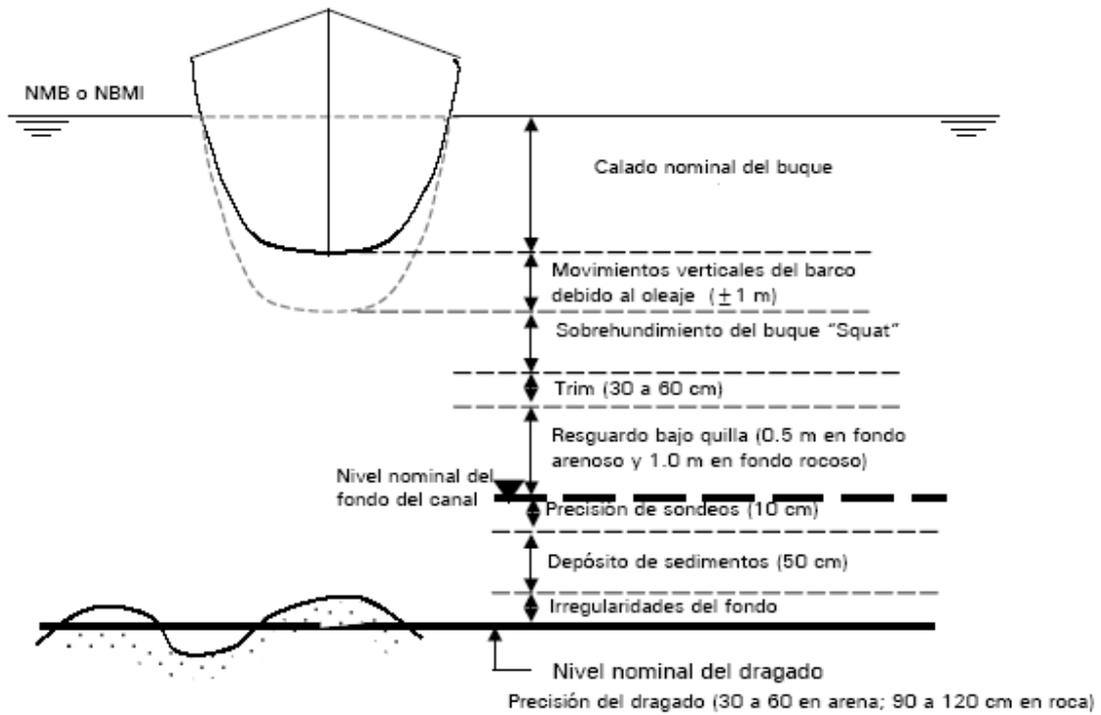
El requisito básico para garantizar la seguridad de navegación en una vía marítima es la profundidad mínima.

Su obtención depende de varios factores:

- El calado del buque a plena carga.
- El oleaje de operación considerando la marea a lo largo del canal.
- La relación tirante de agua / calado del buque (d/D).
- El Trim o diferencia de calados entre pro y la popa del barco, por efecto de la carga.
- El resguardo bajo la quilla del barco para permitir su gobernabilidad.
- Los depósitos de sedimentos y la precisión tanto de las mediciones realizadas en los sondeos como de la ejecución de los dragados.

En la siguiente figura se presentan los factores a considerar en el cálculo de la profundidad; tanto en el canal de acceso como para cualquier área de agua del puerto, donde las diferencias en dimensión dependerán de la magnitud de ellos en cada caso.

Figura 86 Factores para determinar la profundidad del canal
(Fuente: Manual de dimensionamiento portuario, 1992)



2. Áreas de Maniobra

a) Dársena de Ciaboga

Se le domina dársena de Ciaboga al círculo de evolución de maniobras que sigue el barco en su entrada al puerto, aún cuando se utiliza también para la salida.

Las dársenas para maniobras se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla 26 Tipos de dársenas de maniobras
(Fuente: Manual de dimensionamiento portuario, 1992)

CLASIFICACIÓN DE LA DÁRSENA	TAMAÑO	OBSERVACIONES RESPECTO AL BARCO
Óptima	4E	Maniobra fácil
Intermedia	2E	Cierta dificultad y toma más tiempo
Pequeña	<2E	Maniobra difícil y requiere ayuda de remolcadores
Mínima	1,2E	Necesita pivotar en el centro sobre un duque o ancla

Otras recomendaciones generales para el dimensionamiento de esta área, se basan en la forma de realizar la operación de ciaboga, como se muestra a continuación:

Tabla 27 Dimensiones de la dársena de ciaboga
(Fuente: Manual de dimensionamiento portuario, 1992)

CONDICIÓN	MODO DE REALIZAR LAS MANIOBRAS POR EL BARCO	DIÁMETRO O DIMENSIONES DE LA CIABOGA
Dársena sin restricción de espacio	Por sus propios medios (máquinas y anclas)	3E
	Con ayuda de remolcadores y las máquinas del barco	2E
Dársena con restricción de espacio	Por sus propios medios (máquinas)	2E
	Con ancla y remolcador por presencia de viento y corriente	1,5E

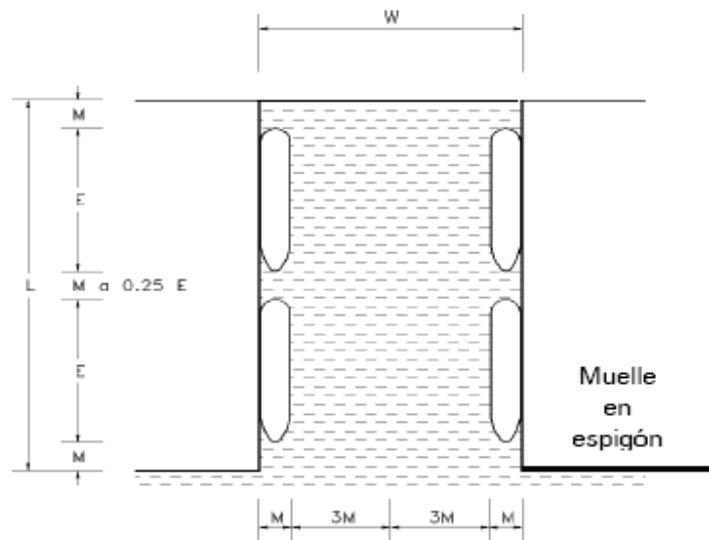
b) Dársena de Servicios

Llamadas también dársenas de atraque, comprenden las áreas de agua contigua a los muelles y normalmente dependen de la longitud del frente de atraque.

Como se mencionó anteriormente, por la configuración de los muelles de proyecto (muelles en espigón) se tendrá atraque en línea de ambos lados para la última etapa proyectada (etapa 3).

En la siguiente figura se muestra el atraque en línea de ambos lados:

Figura 87 Dársena de servicio con atraque en línea en ambos lados
(Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario, 1992)



Las dimensiones de la dársena de servicio se calculan con:

$$W = 8M$$

Donde:

W = Ancho de la dársena de atraque

M = Manga del barco

$$L = 2E + 3M$$

o

$$L = 2,25E + 2M$$

Donde:

L = Longitud de la dársena de atraque

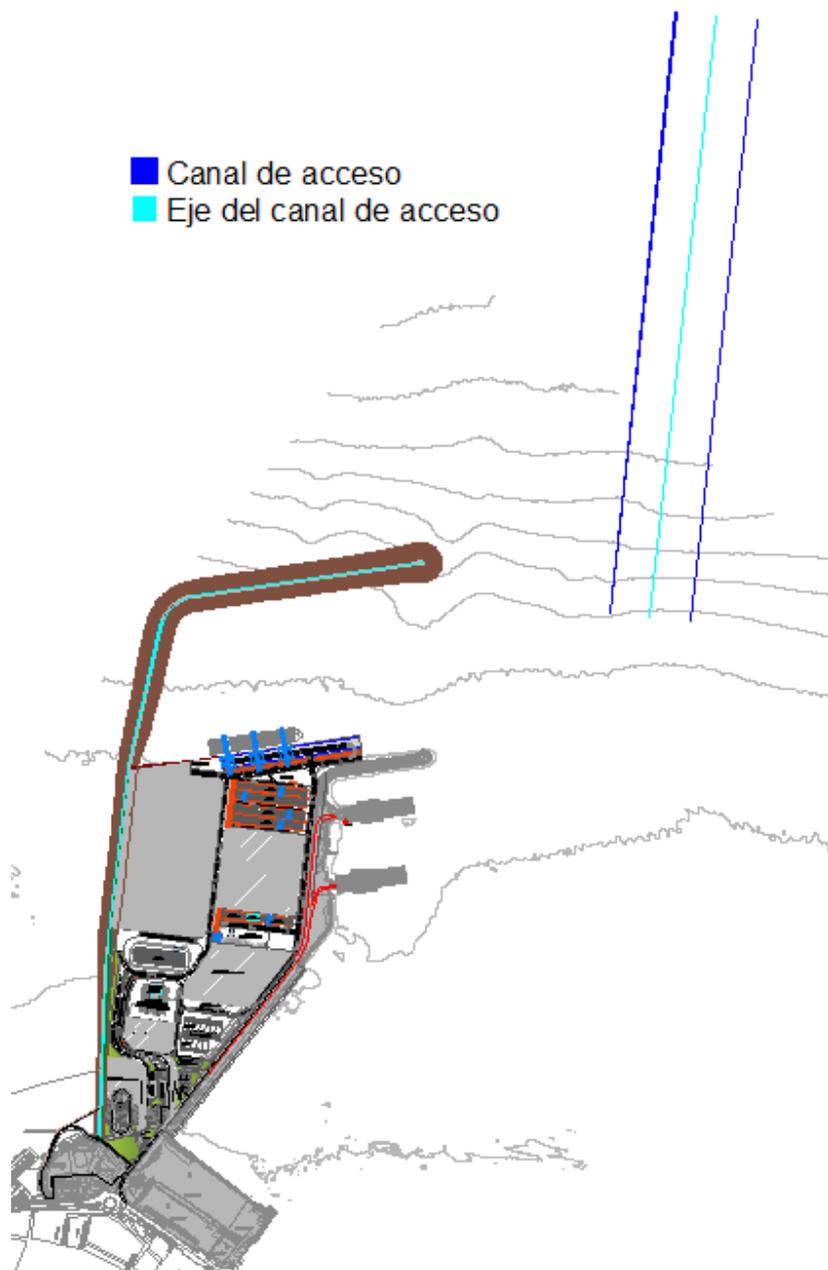
E = Eslora del barco

Cálculos

1. Canal de acceso

a) Alineamiento en planta

Figura 88 Alineamiento en planta del canal de acceso
(Fuente: Propia)



b) Longitud del Canal de Acceso

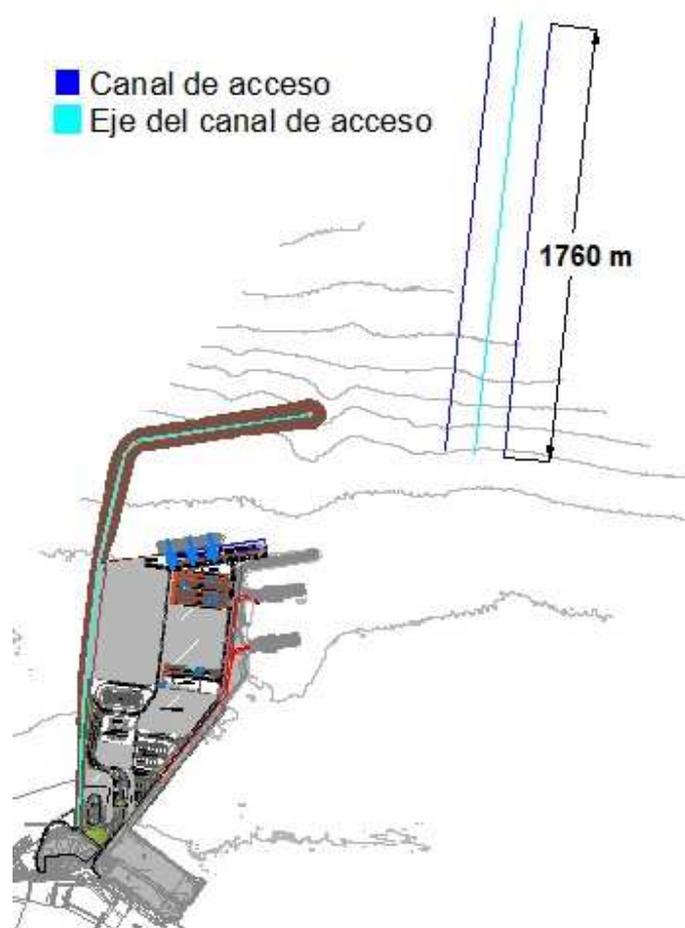
Como norma general la distancia de parada debe ser del orden de 5E (E: eslora del barco), a partir de que la popa del barco alcanza la zona protegida por el rompeolas; para velocidades de barco menores o iguales a 5 nudos.

Tabla 28 Cálculo de la longitud del canal de acceso

Concepto	Requisito	Cálculo
Distancia de parada (D_p), $vel < 5$ nudos	5 E	1760

La siguiente figura el canal de acceso visto en planta con una longitud de 1760 m.

Figura 89 Longitud del canal de acceso
(Fuente: Propia)



c) Ancho del Canal de Acceso

Para determinar el ancho del canal de acceso se deben de calcular los valores de los siguientes elementos:

Franja de resguardo del talud:

Considerando que la velocidad del barco es lenta se tienen los siguientes resultados

Tabla 29 Cálculo de la franja de resguardo

Ancho respecto a las orillas del talud "Tr"	Velocidad del barco	Canal exterior expuesto	Canal interior abrigado
Orillas del canal con pendiente y profundas	L	0,3M	0,3M
		12,84	12,84

El valor para la franja de resguardo de talud que se tomó es de 12,84 m, dado que el canal no está dentro de la zona abrigada por el rompeolas.

Contrabilidad del barco

Tabla 30 Cálculo de la contrabilidad del barco

Controlabilidad del barco	Buena	Regular	Mala
N	1,3 M	1,5 M	1,8 M
	55.64	64.2	77.04

Se consideró que la maniobrabilidad de la embarcación es mala, debido a que es de tipo Post-Panamax; por lo tanto N=77,04 m.

Sobreanchos de maniobra

Tabla 31 Cálculo de sobreanchos de maniobra

Ancho ni	Canal exterior	Canal interior
	Expuesto	Abrigado
Velocidad del barco "Vb" (nudos) 5-8	0	0
Viento dominante ≤ 15 nudos	0	0
Corriente transversal dominante (nudos) media >0.5 - 1.5	1	0.8
Corriente longitudinal dominante (nudos) media >1.5 - 3	0	0
Altura de la cresta del oleaje significativa Hs y su longitud λ (m)	1.5	0
Ayudas a la navegación, buenas	0.1	0.1
Superficie de fondo, con pendiente firme	0.1	0.1
Profundidad del canal	0.2	0.4
Nivel de riesgo de la carga	0	0
Σ	2.9	1.4

El valor de los sobreanchos es de 2,9 porque se trata de un canal que no está protegido por el rompeolas.

Por lo tanto el ancho del canal de acceso es:

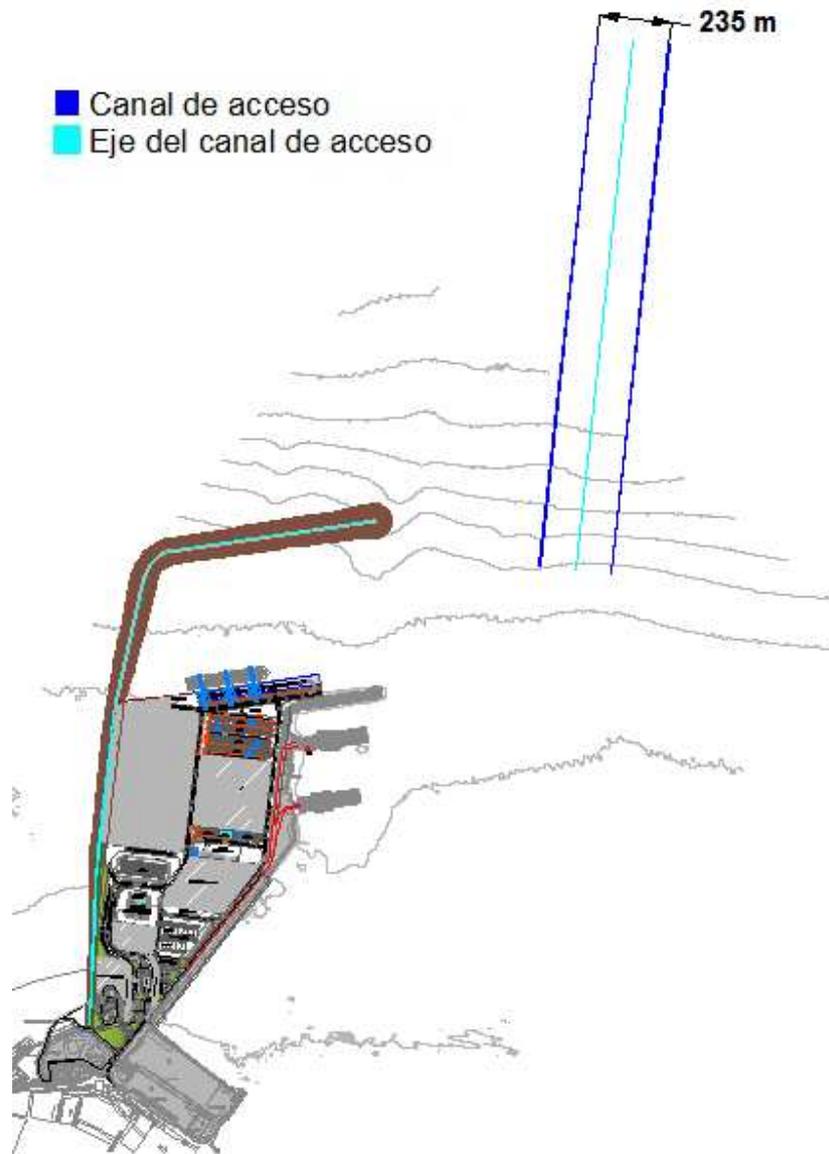
$$B = 12,84 + 77,04 + 2,9(42,8) + 12,84$$

$$B = 226,84 \text{ m}$$

El ancho del canal de acceso de proyecto lo tomamos de 235 m, para tener un margen de seguridad.

La siguiente figura muestra una vista en planta del canal de acceso y su ancho de 235 m.

Figura 90 Ancho del canal de acceso
(Fuente: Propia)



d) Profundidad

El tirante mínimo de agua debajo de un buque atracado tiene un valor base de:

Trim (30 cm) + resguardo (50 cm) + precisión del sondeo (10 cm) = 90 cm

Para el diseño se consideró el tirante mínimo de agua debajo del buque; entonces la profundidad de calado es de:

Profundidad = Calado del buque con carga + Tirante mínimo de agua debajo del buque

Profundidad= 15,00 m + 0,90 m = 15,90 m

Entonces el nivel de dragado de proyecto es de 16,00 m.

2. Áreas de Maniobra

a) Dársena de Ciaboga

Dado que la embarcación va a ser ayudada por remolcadores, entonces la clasificación y diámetro de la dársena queda de la siguiente manera:

Tipo de dársena de Maniobras

Tabla 32 Clasificación de la dársena de maniobra

CLASIFICACIÓN DE LA DÁRSENA	TAMAÑO		OBSERVACIONES
			RESPECTO AL BARCO
Pequeña	<2E	704	Maniobra difícil y requiere ayuda de remolcadores

Forma de realizar la operación de ciaboga

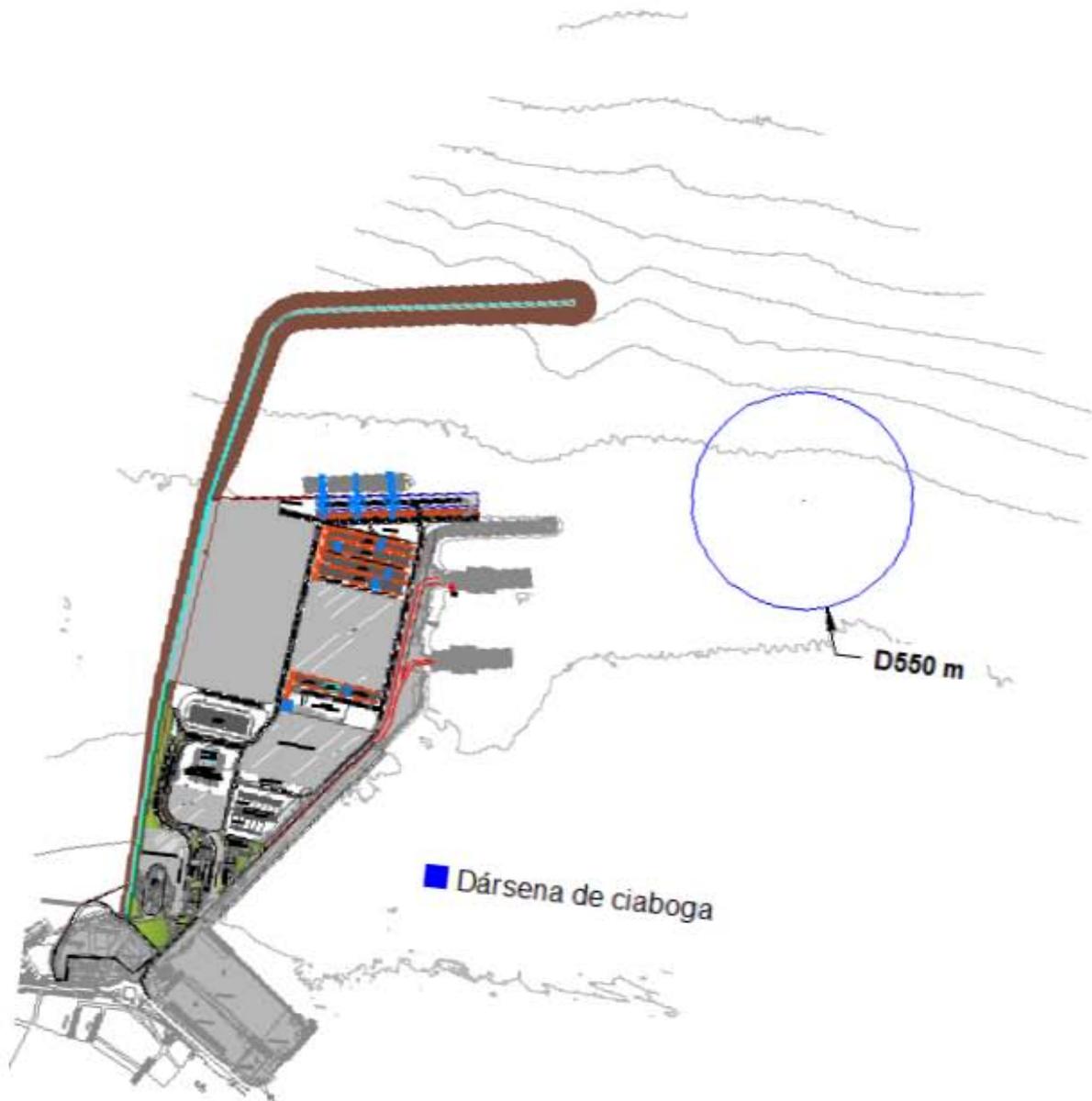
Tabla 33 Cálculo de las dimensiones de la dársena de ciaboga

CONDICIÓN	MODO DE REALIZAR LAS MANIOBRAS POR EL BARCO	DIÁMETRO O DIMENSIONES	
Dársena sin restricción de espacio	Con ancla y remolcador por presencia de viento y corriente	1,5E	528

De los resultados anteriores se decidió que el diámetro de la dársena de ciaboga sea de 550 m.

La siguiente figura es una vista en planta de la dársena de ciaboga (diámetro de 550 m).

Figura 91 Dársena de ciaboga
(Fuente: Propia)



b) Dársena de Servicios

El ancho de la dársena de atraque está dado por la siguiente ecuación:

$$W = 8M$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$W = 8(42,8)$$

$$W = 342,4 \text{ m}$$

Sin embargo se tiene previsto que se ampliará el rompeolas, y esta ampliación va a tener un ángulo de inclinación de 30° respecto al rompeolas de la etapa 1; por lo que es necesario calcular un sobreancho en la dársena de maniobra.

El sobreancho de acuerdo al PIANC, 1997 se calcula con:

$$\Delta B = E/40$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$\Delta B = 352/40$$

$$\Delta B = 8,8 \text{ m}$$

Por lo tanto el ancho total de la dársena de atraque es:

$$\text{Ancho} = W + \text{sobreancho}$$

$$\text{Ancho} = 342,4 + 8,8$$

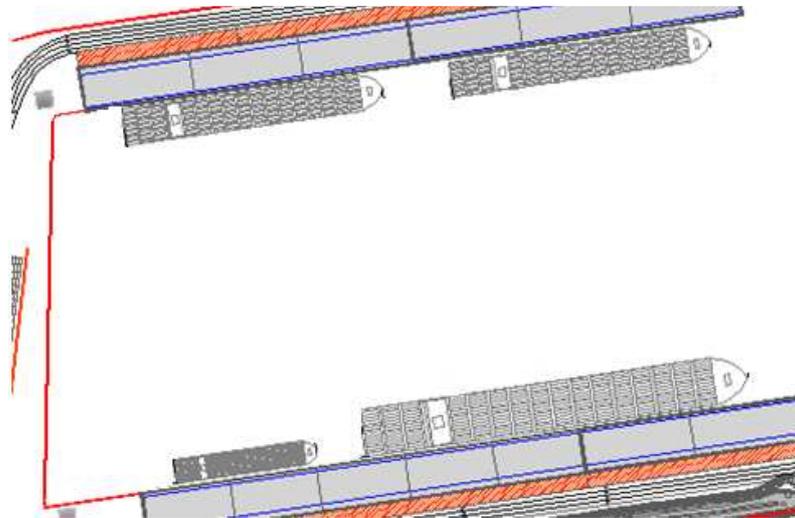
$$\text{Ancho} = 351,2 \approx 352 \text{ m}$$

Para la etapa 3 del proyecto se tiene contemplado que van a atracar:

- Una embarcación grande y una pequeña
- Dos embarcaciones medianas

A continuación se muestra una vista en planta de las embarcaciones que van a atracar en la etapa 3:

Figura 92 Embarcaciones
(Fuente: Propia)



Las dimensiones de las embarcaciones son las siguientes:

Tabla 34 Tipo de embarcaciones

	Eslora	Manga	Tonelaje Peso Muerto
Grande	352 m	42,8 m	109. 000 ton
Mediana	237 m	32,2 m	40. 000 ton
Pequeña	130 m	21,2 m	10. 000 ton

Por lo tanto la longitud de la dársena de servicio de acuerdo con las combinaciones y dimensiones anteriores queda de la siguiente manera:

1. Una embarcación grande y una pequeña

$$L = 42,8 + 352 + 42,8 + 130 + 21,2$$

$$L = 588,8 \text{ m}$$

2. Dos embarcaciones medianas

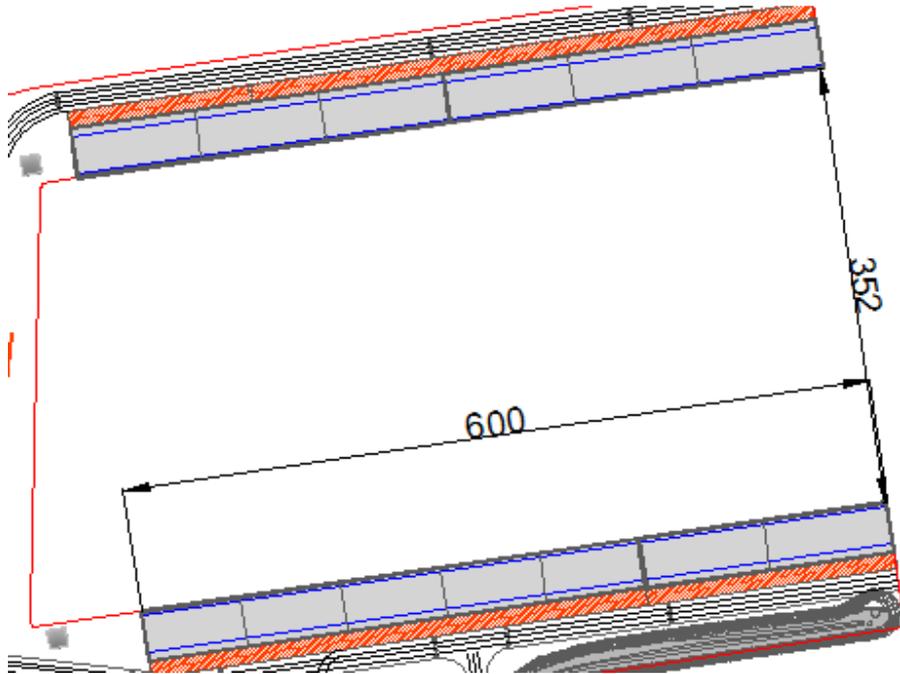
$$L = (2 * 237) + (3 * 32,2)$$

$$L = 570,6 \text{ m}$$

De acuerdo a los resultados anteriores (588,8 m y 570,6 m) la longitud de la dársena de atraque es de 600 m.

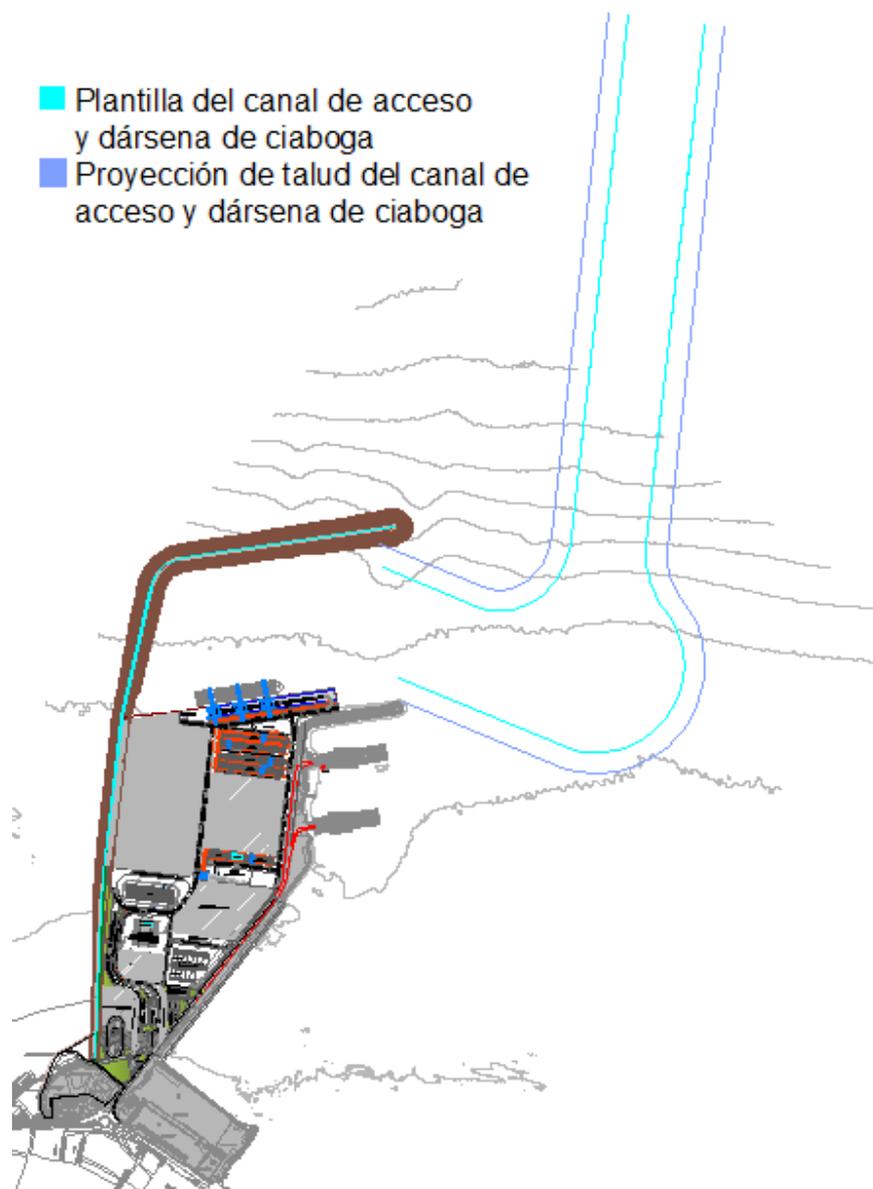
La siguiente figura muestra las dimensiones de la dársena de atraque:

Figura 93 Dimensiones de la dársena de atraque
(Fuente: Propia)



A continuación se presenta una vista en planta de la plantilla del canal de acceso y la dársena de ciaboga; así como la proyección del talud.

Figura 94 Áreas de navegación
(Fuente: Propia)



7. Conclusiones y recomendaciones

El negocio portuario es un negocio ágil, cambiante, requiere una gran inversión en infraestructura y tecnología. Es por ello que si no se destinan los suficientes recursos, no existirán posibilidades de desarrollo del negocio. Esta inversión debe ser aplicada en el momento, lugar y al segmento adecuado.

Un puerto competente necesita:

- Estar situado estratégicamente, lo más cerca posible de las rutas de transporte, con al menos las siguientes características:
 - ✓ Proximidad a una o más rutas marítimas importantes.
 - ✓ Aguas profundas y una buena protección contra las olas y corrientes.
 - ✓ Proximidad a los principales sitios de producción y las zonas de consumo.
 - ✓ Buenas conexiones con el interior (Carretera, ferrocarril, ductos y vías navegables).
- Suficiente carga para poder tener una economía sana y medios financieros para costear sus propias operaciones y/o la capacidad de elevar los fondos necesarios para desarrollar y mejorar el puerto, con ventaja respecto a los puertos que tienen limitados recursos o falta de autonomía financiera.
- En el caso de la participación privada, la estructura de gestión del puerto debe ser propicia para dicha inversión. Los inversionistas privados prefieren los puertos con una suficiente y bien formada mano de obra y con buenas relaciones entre los empleados y empleadores.
- Eficiencia y un buen costo portuario.
- La imagen del puerto influye mucho en la competitividad, pues es una combinación óptima por encima de los componentes mencionados anteriormente.

Las modificaciones en el sistema de transporte portuario, para mejorar su conectividad con el interior del país o para conectarlo con las zonas de producción, generan un lugar y un entorno más competitivo.

Para que un puerto funcione eficientemente se necesita hacer un análisis detallado del movimiento de carga que depende tanto del tipo de embarcaciones que llegan al puerto como de los equipos que operarán, los cuales realizarán la carga y descarga de la

mercancía, sin olvidar que se debe de contar con la infraestructura necesaria para tal demanda.

Los problemas principales de los puertos (mano de obra no calificada, órganos gubernamentales con demasiada intervención y las prácticas laborales restrictivas), contribuyen al deterioro gradual de la calidad del servicio portuario, ilustrado en ocasiones por la congestión del puerto o por errores operacionales en las diferentes etapas del servicio que se brinda, o en otros casos, por no poseer las instalaciones y equipos necesarios para un servicio adecuado y a satisfacción de los tráficos y de los clientes.

Si los tráficos son atraídos por un eficiente plan estratégico pero si no existen las condiciones para brindar el servicio necesario dichos tráficos, la carga nunca más regresará y será operada en el puerto que proporcione mejores condiciones, por lo que la variable que era una ventaja, se opacará por la de la inseguridad y la falta de calidad en el servicio.

Definidas las estrategias operacionales, la infraestructura y equipos, será necesario entonces conforme a la evolución de los puertos modernos, evaluar cuales podrán ser las mejores formas de explotación del puerto, buscando generar beneficios óptimos que se podrían obtener por parte de la Autoridad Portuaria, aplicando un sistema apropiado que le permita brindar de la mejor forma los servicios y promover las mejores inversiones, y/o las necesarias para potenciar el desarrollo del puerto, conforme a las posibilidades que le permite el entorno y el negocio portuario.

La Autoridad Portuaria debe tener como objetivo principal la recuperación íntegra de todos los gastos relacionados con la actividad portuaria, incluidos los costos y una rentabilidad, correspondiente, a fin de que pueda hacer frente a las necesidades futuras de inversión.

Del presente estudio se puede concluir:

1. Aún cuando el puerto de Manta es un puerto de aguas profundas y tiene una ubicación estratégica, las embarcaciones no llegan, debido a que no se tiene la infraestructura necesaria para brindar los servicios especializados que se requieren.
2. A pesar de que se han hecho varios estudios para la ampliación del Puerto de Manta, la mayoría de las proyecciones de carga se basan en el estudio denominado "Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto". En este sentido, el problema principal resulta de que en estas proyecciones, no se justifica de dónde se obtienen las variables utilizadas y se hacen suposiciones de

que la mayor parte de la carga que se espera que llegue al puerto de Manta, va a ser atraída de otros puertos, en especial de Guayaquil. Sin embargo, las estadísticas indican que el movimiento de contenedores ha disminuido considerablemente, lo cual es contradictorio con lo que se presenta en dichas proyecciones, o bien refuerza el hecho de que no se dispone de instalaciones y equipo especializados para atender las necesidades de las embarcaciones.

3. La infraestructura proyectada, en especial el rompeolas y el zona para patios, presenta una debilidad consistente en que existirá una gran diferencia entre la cantidad de contenedores que se espera que lleguen durante los primeros años, contra la cantidad de contenedores que podrían almacenarse desde el primer momento. Es por ello que la estrategia que se tome para la atracción de movimiento de carga, reviste gran importancia para poder amortizar lo más pronto posible el costo de la infraestructura proyectada.
4. La alternativa elegida para el diseño preliminar (alternativa 7), es muy costosa, debido a que se necesita un volumen considerable de relleno (3.900.000 m³) y la longitud del rompeolas es grande (2.300 m). El costo del relleno y del rompeolas es de \$33.750.000 y \$31.407.000 USD, respectivamente. Dicha alternativa fue el resultado de restricciones que involucran factores no necesariamente técnicos (no crear conflictos con el sector pesquero, ni con la ciudad, guardar la imagen de Manta como centro turístico, etc.).
5. La información oceanográfica es escasa, por lo que los diseños de las áreas de navegación y del rompeolas se basan en mediciones obtenidas de lugares lejanos del puerto de Manta. Lo anterior, implica posibles sobredimensionamientos derivados de falta de conocimiento y certeza en las variables de este tipo.
6. Debido a que no se cuenta con información suficiente, el rompeolas se diseñó mediante un análisis determinista, lo que obliga a irse del lado de la seguridad, y por lo tanto, el costo de dicha estructura se incrementa considerablemente.

Recomendaciones:

1. Invertir en las instalaciones actuales del puerto de Manta, pues no se cuenta con la infraestructura necesaria para atender a las embarcaciones y a sus tripulantes.

Mejorar la infraestructura vial, porque las carreteras que comunican a Manta con otras provincias no son suficientes y seguras.

Proponer soluciones logísticas adecuadas a las necesidades de los diferentes mercados ecuatorianos.

2. La Autoridad Portuaria de Manta debe mantener actualizados los datos de la carga de importación, exportación y transbordo, y a partir de esta información realizar nuevas proyecciones de carga, pero justificando todas las variables utilizadas.

Para dichas proyecciones se deben de tomar en cuenta los proyectos de ampliación de algunos de los puertos, tanto a nivel local como regional. Estos proyectos impactan en la cantidad de carga que se puede direccionar hacia el puerto de Manta.

3. Con las nuevas proyecciones de carga se puede proponer la infraestructura necesaria y de esta forma evitar inversiones excesivas que dan como resultado sobrecostos en las mercancías.

4. Se recomienda hacer una campaña de medición de parámetros oceanográficos en el sitio.

5. Para realizar el análisis del diseño óptimo se necesita el régimen de oleaje extremal; es decir, el registro de las máximas olas que se han presentado en el lugar, y a partir de ese régimen se obtiene la ecuación de oleaje extraordinario.

El diseño óptimo del rompeolas, toma en cuenta tanto los costos de inversión, como los costos de mantenimiento; este diseño consiste en la proyección de las estructuras de tal manera que cumplan con los requerimientos de funcionalidad con el mínimo de costo total. Dicho costo total comprende el costo de la construcción y los costos que implica la reparación y construcción de las partes de la estructura dañadas eventualmente.

Con base en lo anterior se puede establecer que utilizando olas de diseño altas se generan costos de construcción altos y de mantenimiento bajos, a causa de una disminución de la probabilidad de que se rebasen las condiciones de diseño, además, se puede decir que para olas de diseño bajas se tienen costos de construcción bajos y en cambio, costos altos de mantenimiento por el hecho de que existe una alta probabilidad de que olas de diseño bajas sean rebasadas en las condiciones reales.

Para aplicar el método del diseño óptimo se diseña la sección de las obras de protección para distintas alturas de ola y secciones a diferentes profundidades, obteniéndose los costos para cada una de las secciones.

Por ejemplo, si a partir del régimen se obtuvieran las siguientes probabilidades de ocurrencia:

Tabla 35 Rangos de probabilidad de ocurrencia de la altura de ola

Rangos de probabilidad de ocurrencia de la altura de ola							
Ecuación de Oleaje Extraordinario							
$HI/10=4.056+1.89y$							
H/Hd	1.00	1.08	1.19	1.27	1.37	1.47	1.56
	1.08	1.19	1.27	1.37	1.47	1.56	1.67
Daños							
Hd	5%	10%	15%	21%	30%	40%	100%
4,00	16,03%	18,05%	10,72%	11,09%	8,98%	6,61%	6,54%
3,50	18,45%	21,30%	12,98%	13,75%	11,43%	8,62%	8,77%
3,00	20,82%	24,63%	15,40%	16,70%	14,25%	11,03%	11,51%
2,50	22,83%	27,70%	17,76%	19,72%	17,28%	13,71%	14,69%
2,00	24,04%	29,90%	19,66%	22,35%	20,11%	16,37%	18,00%

Entonces se procede a diseñar las secciones del rompeolas para diferentes profundidades (en este caso a -1 m):

Tabla 36 Diseño de secciones y costo por metro lineal

Diseño de secciones y costos por metro lineal										
Profundidad -1										
Altura de ola	Peso Coraza	Peso Capa Sec.	Peso Núcleo	Volumen Coraza	Volumen Capa Sec.	Volumen Núcleo	COSTO CORAZA	COSTO CAPA SECUNDARIA	COSTO NÚCLEO	COSTO TOTAL
	ton	ton	ton	m3/m	m3/m	m3/m				
4,00	26,18	2,62	0,1309	106,90	41,7	21,9	\$ 2.395	\$ 761	\$ 308	\$ 3.464
3,50	17,54	1,75	0,0877	86,50	35,3	21,9	\$ 1.938	\$ 645	\$ 308	\$ 2.890
3,00	11,04	1,10	0,0552	68,20	29,3	21,9	\$ 1.528	\$ 535	\$ 308	\$ 2.370
2,50	6,39	0,64	0,0320	51,90	23,5	21,9	\$ 1.163	\$ 429	\$ 308	\$ 1.899
2,00	3,27	0,33	0,0164	37,50	18,1	21,9	\$ 840	\$ 331	\$ 308	\$ 1.478

Después se calcula el costo esperado de los daños, de acuerdo a cierto porcentaje de ocurrencia.

Tabla 37 Costo esperado de daños

Costo esperado de daños									
Profundidad -1									
Horizonte Económico		25		Factor de Actualización 7.84					
Tasa de Interés		12%							
Daños									
Hd	5%	10%	15%	21%	30%	40%	100%	Total Daños	Daños Actualizados.
4,00	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
3,50	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
3,00	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
2,50	\$ 13	\$ 32	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 45	\$ 357
2,00	\$ 10	\$ 25	\$ 25	\$ 39	\$ 51	\$ 0	\$ 0	\$ 150	\$ 1.177

Finalmente para cada sección se obtiene el costo total, que es la suma del costo de inversión más el costo de los daños actualizados.

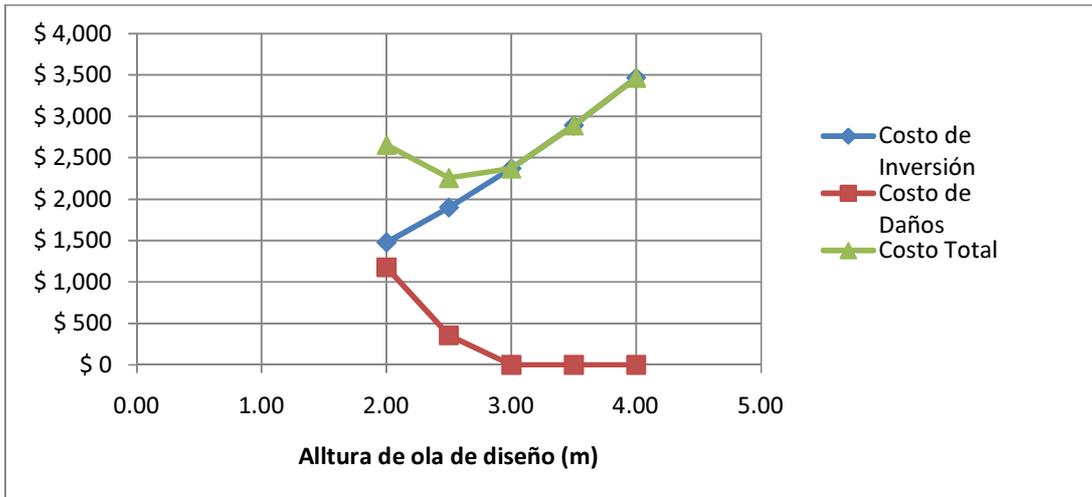
Tabla 38 Costos totales de inversión

Costos Totales de Inversión de Obras de Protección			
Sección a la Profundidad -1			
Ola de Diseño (m)	Costo Inversión	Daños Actualizados	COSTO TOTAL
4,00	\$ 3.464	\$ 0	\$ 3.464
3,50	\$ 2.890	\$ 0	\$ 2.890
3,00	\$ 2.370	\$ 0	\$ 2.370
2,50	\$ 1.899	\$ 357	\$ 2.256
2,00	\$ 1.478	\$ 1.177	\$ 2.655

El diseño óptimo es aquel en el que el costo total es el mínimo, en la Figura 95 se puede observar que para este caso el diseño óptimo es para una altura de ola de 2,5 m, porque el costo total para esa ola de diseño es de \$2.256, mientras que para la altura de ola de 4 m es de \$3.464, lo que implica que el costo se eleve un 53%.

Por el contrario si el diseño se hace para una ola menor a la de 2,5 m el costo de los daños es mayor, inclusive las pérdidas económicas pueden ser mayores, debido a que los daños en el rompeolas podrían ocasionar que las instalaciones del puerto no operen.

Figura 95 Gráfica costos de obras de protección



El mismo análisis se debe hacer para diferentes profundidades.

Este ejemplo muestra cómo se puede hacer un diseño de manera ingenieril; es decir, buscar que las obras cumplan con los requerimientos necesarios, pero al mínimo costo.

6. Realizar un modelo hidrodinámico para verificar que la longitud del rompeolas es la adecuada para tener un alto porcentaje de operatividad y evitar pérdidas económicas debidas a la suspensión de actividades.

En México ha habido un aumento en la actividad portuaria, tan solo en el puerto de Manzanillo el movimiento de contenedores se incrementó en más del 600% de 1997 al 2009; sin embargo, las universidades no cubren las necesidades requeridas en esta área, por lo que recomiendo que las materias que se impartían en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, relacionadas con ingeniería marítima se vuelvan a integrar en el plan de estudios.

Por último, cabe resaltar que la realización de este proyecto, muestra que los egresados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México tenemos la capacidad de desempeñarnos en empresas mexicanas que compiten no solo a nivel nacional sino también a nivel internacional.

8. Glosario

APM: Autoridad Portuaria de Manta.

CAGR (Compound Annual Growth Rate): Tasa Compuesta de Crecimiento Annual.

CAMAE: Cámara Marítima del Ecuador

E (Eslora): dimensión de un navío tomada a su largo, desde la proa hasta la popa.

MLWS (Mean Low Water Springs): Nivel Medio de Bajamar de Sicigia.

REEFER: Contenedor refrigerado, permite el traslado seguro y a temperaturas controladas de cargas perecederas.

TEU'S (Twenty-feet Equivalent Unit): representa la unidad de medida de capacidad del transporte marítimo en contenedores. Una TEU es la capacidad de carga de un contenedor normalizado de 20 pies.

TIDE: Terminales Internacionales del Ecuador.

TM: Toneladas Métricas.

9. Fuentes de Consulta

“Análisis de Condiciones Físicas, Viento, Oleaje, Corrientes y Niveles de Agua”,
CH2MHILL, 2007

“Análisis del impacto económico de la concesión del puerto de Manta con respecto al comercio exterior ecuatoriano”

Jeannine Roxana Cantos Suárez, Sonia Mercedes Semiglia Candelario
Guayaquil- Ecuador, 2009

“Boletín Estadístico Portuario”

Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral, 2007

“Construction material sources for Manta sea port facilities expansion”

CH2MHILL, 2007

[http://es.wikipedia.org/wiki/TEU_\(unidad_de_medida\)](http://es.wikipedia.org/wiki/TEU_(unidad_de_medida))

<http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/289/1/8.%20Rua.pdf>

<http://www.apmanta.gob.ec/>

<http://www.puertomanzanillo.com.mx/php/esp/seccion-01.php?eCodSeccion=209>

“Ingeniería Marítima y Portuaria”

Guillermo Macdonel Martínez

Alfaomega, 1999

“Manual de Dimensionamiento Portuario”

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Puertos Mexicanos, 1992

“Operación, Administración y Planeación Portuarias”

Héctor López Gutiérrez,

Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera, A. C. 1999

“Permanent International Association of Navigation Congress” (PIANC)

International Association of Ports and Harbors, 1997

“Puerto de Manta, Ecuador. Proyecto de expansión del puerto”

CH2MHILL, 2007

“Shore Protection Manual”

Department of the Army

US Army Corps of Engineers, 1984

“The Coastal Engineering Manual”

Department of the Army

US Army Corps of Engineers, 2001