



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**FAC. DE INGENIERIA  
BIBLIOTECAS  
CONSULTA**

**APUNTES DE**

**G-**

**610187**

**CAJA 210**

**G.-610187**

# **SISTEMAS PORTUARIOS**

**HECTOR LOPEZ GUTIERREZ**

**DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y PLANEACION**

**FI/DICTG/87-081**

# Índice

	Página
Presentación	1
I. Generalidades	7
1.1 Sistemas portuarios	8
1.2 Desarrollo económico y desarrollo portuario	17
1.3 Los usuarios de un sistema portuario	22
1.4 Puertos concentradores y distribuidores	49
1.5 Esquema actual del sistema portuario nacional	55
II. Conceptos Básicos sobre Planeación Portuaria	65
2.1 Proceso de planeación portuaria	65
2.2 Sistemas portuarios comerciales	66
2.3 Datos para la planeación	70
2.4 Evaluación económica y financiera	93
III. Programación del Desarrollo Portuario	104
3.1 Planes nacionales y planes regionales	105
3.2 Zona de influencia de un puerto	106
3.3 Pronósticos de carga	118
3.4 Capacidad portuaria	128
3.5 Programación del desarrollo	135
3.6 Evaluación de alternativas	143
IV. Proyecto Portuario. Instalaciones Generales	147
4.1 Protección y profundidad	148
4.2 Uso de frente de agua y zonas de tierra	165
4.3 Dimensionamiento del canal de acceso y dársenas	170
V. Proyecto Portuario. Dimensionamiento de Instalaciones de Carga y Descarga	185
5.1 Dimensionamiento de instalaciones de carga y descarga	186

	Página
5.2 Optimización del número de muelles	187
5.3 Instalaciones para carga general suelta	192
5.4 Instalaciones para contenedores	203
5.5 Instalaciones para servicio RO/RO	209
5.6 Instalaciones para graneles	214
5.7 Puertos pesqueros	221
5.8 Puertos deportivos	234
VI. Proyecto Portuario. Equipamiento Portuario	260
6.1 Consideraciones generales	260
6.2 Esquemas generales de sistemas de carga y descarga	261
6.3 Equipamiento para carga y descarga	264
VII. Operación y Administración Portuarias	315
7.1 Organización de la operación del puerto	316
7.2 Política financiera del puerto	322
7.3 Administración portuaria	328
VIII. Construcción, Conservación y Mantenimiento de Instalaciones Portuarias	332
8.1 Rompeolas y escolleras	332
8.2 Muelles	338
8.3 Bodegas y áreas de almacenamiento	348
8.4 Dragado	351
8.5 Conservación y mantenimiento de instalaciones y equipo portuarios	358
Bibliografía	370

FAC. DE INGENIERIA  
BIBLIOTECAS  
CONSULTA

PRESENTACION



## PRESENTACION

El objetivo fundamental de estas notas es servir de apoyo al curso de -  
Sistemas Portuarios que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la -  
Universidad Nacional Autónoma de México.

En forma complementaria, se pretende concentrar en estas páginas distin-  
tos materiales que normalmente se tratan en la literatura sobre temas -  
portuarios en secuencias, profundidad y orden diferentes a los requeri-  
dos por el programa del curso.

El curso, en general, está orientado a dar los elementos básicos sobre  
la planeación y la operación de sistemas portuarios, pero no trata cues-  
tiones relativas al diseño de las estructuras portuarias, a la hidráuli-  
ca marítima, ni a la dinámica litoral, en virtud de que estos temas for-  
man parte de otros cursos, que también se imparten en la propia Facultad.

El contenido de las notas pretende dar al alumno las bases para profundi-  
zar la aplicación práctica de los distintos temas tratados, por tanto no  
constituyen ni mucho menos un texto formal sobre puertos, pues sólo se  
ha buscado adaptarlos al contenido programático del curso.

Las notas se han integrado con base en diversos textos, libros, publica-  
ciones técnicas, investigaciones, estudios y, con la experiencia pedagó-  
gica y profesional del autor.

Las notas se componen de ocho capítulos a través de los cuales se pretende seguir una secuencia tanto en el proceso de aprendizaje sobre el tema como en lo que en la práctica podrían constituir las etapas de análisis de un sistema portuario.

El primer capítulo tiene por objeto presentar cuestiones básicas relativas a los sistemas portuarios, su integración y su vinculación con los medios de transporte marítimo y terrestre y con los procesos de desarrollo costero.

Se tratan también características generales relativas a los tres grandes usuarios de los puertos, el pasajero y la carga, el barco y el transporte terrestre.

Quedan incorporados los principios del intermodalismo y de la nueva forma de organización del conjunto de puertos de un país; concluyendo con una revisión general del sistema portuario mexicano.

En el Capítulo II se examinan las bases del proceso de planeación portuaria, analizando los rasgos particulares que caracterizan a los distintos tipos de sistemas portuarios que se plantearon en el primer capítulo.

Esta parte continúa describiendo la información principal que se requiere para llevar a cabo el proceso de planeación y concluye tratando tópicos sobre la evaluación económica y financiera de proyectos portuarios.

El tercer capítulo analiza la programación del desarrollo portuario par-

tiendo de enfatizar sobre la importancia de vincular el proceso con el conjunto de planes y acciones previstas para el dimensionamiento de la región donde se ubique el sistema en cuestión.

Parte medular de este capítulo es el análisis del concepto de zona de influencia y su definición según los principios de los costos totales de distribución.

Se puntualiza particularmente sobre los costos de estadía del barco en puerto y los llamados costos portuarios, su interrelación y las repercusiones que tienen las mejoras operativas o la ampliación de la infraestructura en tales costos.

Incluye, igualmente, consideraciones sobre la capacidad del puerto y su significación en el proceso de generación de alternativas para satisfacer las demandas pronosticadas.

La programación del desarrollo se presenta como resultado de una optimización de los costos que involucran tanto los de congestionamiento como los de desarrollo, sin perder de vista la importancia de involucrar en este proceso la influencia que pueden tener puertos vecinos que actúan, en alguna medida, como competidores.

El proyecto portuario se trata en los Capítulos IV, V y VI.

En el primero de ellos se presenta el tema de las instalaciones generales que comprenden rompeolas, canal de acceso y las dársenas.

No se hace mención al diseño estructural de los rompeolas sino más bien a las consideraciones operativas que pueden regir su implantación, tanto en lo que se refiere a la agitación como a la defensa contra el azolvamiento del canal de acceso. Tales consideraciones operativas asocian el costo de inversión con los de inoperatividad del barco, en el caso de la agitación o el de dragado de mantenimiento para el de los canales de acceso.

Se presentan algunos planteamientos referentes al uso del frente de agua y de la tierra adyacente y se concluye el cuarto capítulo al revisar el dimensionamiento de las dársenas de ciaboga, fondeo y operación.

En el Capítulo V se trata todo lo relativo al dimensionamiento de las instalaciones de carga y descarga que comprende muelles, bodegas y patios.

La primera parte analiza el tema de optimización del número de muelles requerido para satisfacer una cierta demanda, basada en la teoría de colas.

El método presentado se complementa para su aplicación con una serie de tablas de cálculo para definir el porcentaje de ocupación y el tiempo de espera de barco.

A continuación, para el dimensionamiento de instalaciones de carga general suelta, de contenedores, para servicio RO/RO y de graneles secos, se utiliza el método propuesto por la UNCTAD con sus gráficas correspondientes.

Al final de este capítulo se particulariza sobre el proyecto de puertos pesqueros y deportivos.

El Capítulo VI, último de los destinados a tratar el proyecto portuario, se orienta a presentar el tema del equipamiento.

En él, a partir de una serie de consideraciones generales sobre el equipamiento y las formas de manejar la carga, se pasa a revisar los distintos tipos de equipos usados según la clase de carga así como las características generales que adopta la infraestructura correspondiente.

Los aspectos de operación y administración portuarias se tratan en el Capítulo VII, examinando tanto las cuestiones relativas a la organización de la operación del puerto como a las de política financiera.

El final del capítulo se dedica a ver brevemente, como ejemplos de administración portuaria, las dos formas más usuales de ella, la centralizada y la descentralizada semi autónoma o autónoma.

Las notas concluyen con la presentación del tema de construcción, conservación y mantenimiento de instalaciones portuarias.

La primera parte trata, de manera descriptiva, algunos procedimientos de construcción para las obras portuarias más usuales, involucrando, también, consideraciones sobre los materiales de construcción comúnmente empleados en ellas.

La segunda parte analiza someramente lo relativo a la conservación y mantenimiento de instalaciones y equipo, apuntando algunos criterios programáticos para llevar a cabo tales labores.

Se incluye al final de la nota una relación bibliográfica de las obras - más frecuentemente consultadas en la elaboración de este trabajo.

El autor agradece de antemano las observaciones y sugerencias que hicieren quienes utilicen o lean estas notas con el fin de mejorarlas y ampliarlas para que cumplan más cabalmente con su objetivo.

Finalmente el autor quiere agradecer igualmente al Ing. Jorge Lecona por su apoyo en la revisión de las figuras y a la Señora Rosa Ma. Moreno por el cuidado y paciencia en la mecanografía de las notas.

El Autor

Ciudad Universitaria, 1986

**Capítulo I**  
**GENERALIDADES**

**1. GENERALIDADES**

El capítulo presenta los aspectos generales sobre el concepto de sistema portuario, los distintos tipos que pueden identificarse y sus características distintivas.

En segundo término, se analizan los diferentes papeles que pueden desempeñar los puertos en un proceso de desarrollo, vinculándolos con otros elementos involucrados en dicho proceso tales como los medios de transporte terrestre y marítimo, las actividades industriales, el incremento urbano y la descentralización.

Se examinan, también a los tres usuarios clásicos de los sistemas portuarios, describiendo los rasgos y características distintivas del pasajero y la carga, el barco y el transporte terrestre.

Dentro de este ámbito conceptual general, se tratan los asuntos relativos a las nuevas formas de organización de los puertos como elementos de un sistema integrado de transporte, examinando cuestiones asociadas con el transporte multimodal, los puertos concentradores y distribuidores y los puentes terrestres.

El capítulo concluye con una presentación general del sistema portuario mexicano, su integración, características, cifras significativas y organización.



## 1.1 Sistemas portuarios

Un sistema portuario es un conjunto de elementos interrelacionados, cada uno con una o varias funciones y cuyos objetivos son participar, en alguna forma, en el desarrollo y aprovechamiento del litoral de una región o de un país y en vinculación entre los transportes marítimo y terrestre.

El carácter del sistema queda definido por los elementos integrantes de entre los cuales es pieza fundamental la zona de frontera entre tierra y agua que se utiliza para dar servicio a los barcos y a la carga por ellos transportada. En este sentido, el término puerto debe entenderse como esa zona frontera y por tanto es sólo un elemento del sistema.

Dicho con otras palabras, sistema portuario y puerto son dos conceptos diferentes. El puerto forma parte del sistema y su importancia podría medirse, tomando la función tradicional definida para los puertos y considerándola vis a vis del papel que desempeñan el resto de los elementos del sistema.

En términos generales, un sistema portuario se integra por los siguientes elementos: (Figura 1.1)

A - Acceso carretero y ferroviario; eventualmente acceso fluvial.

- B - Areas de tierra destinadas a industrias que no demandan frente de agua pero que utilizan los servicios del puerto.
- C - Areas de tierra para actividades de apoyo a las industrias y cuya existencia se requiere como resultado de las actividades económicas estimuladas por el puerto.
- D - Areas de tierra destinadas a industrias, centros de almacenamiento y redistribución regional, que disponen de frentes de agua exclusivas para sus operaciones.
- E - Areas de tierra destinadas a almacenamiento y a maniobras diversas en directa relación con la carga y descarga de embarcaciones.
- F - Muelles de uso público que están íntimamente vinculados con las áreas de tierra mencionadas en el párrafo precedente.
- G - Frentes de agua destinados a una o varias industrias o actividades que sin disponer de muelles propios requieren de transporte marítimo.
- H - Areas de agua destinadas a las maniobras de diversa índole de las embarcaciones que llegan al puerto.
- I - Canal de acceso al puerto.
- J - Obras de protección contra el oleaje.
- Obras complementarias como faros, balizas, boyas y en general sis-

de ayuda a la navegación.

- Sistemas de servicios tales como bomberos, control de contaminación, vigilancia, etc.

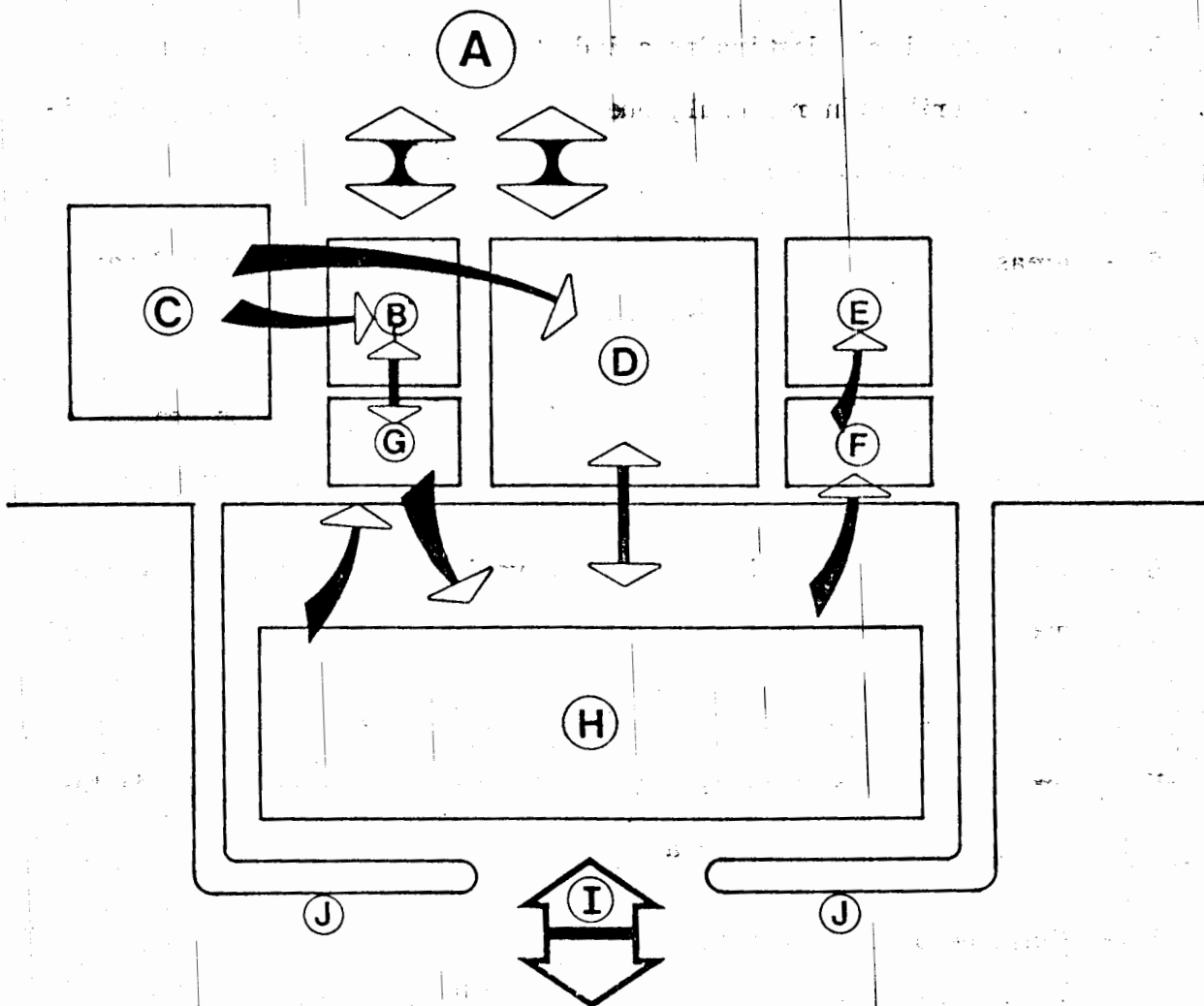


Figura 1.1. Elementos integrantes de un sistema portuario.

### 1.1.1 Tipos de sistemas portuarios

Con base en lo anterior, examinaremos tres tipos de sistemas que pueden considerarse muy específicos: los generales o comerciales, los especializados y los que sirven de apoyo a un desarrollo costero industrial.

#### a. Sistema portuario general

En este sistema, los puertos cumplen una función esencial de enlace y regulación. Elementos de un sistema de transporte que puede esquematizarse de la siguiente manera: (Figura 1.2):

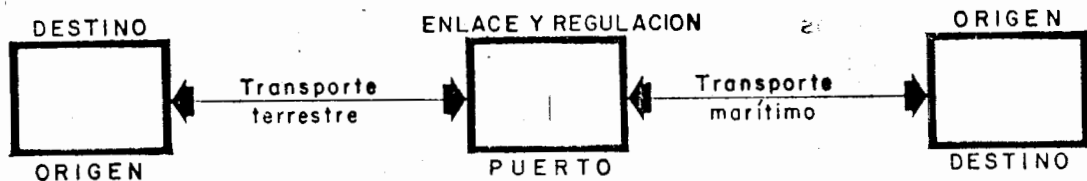


Figura 1.2

El tamaño, tipo y número de instalaciones estará condicionado por la magnitud de los volúmenes y tipos de carga que participen en ese enlace. El volumen de carga, a su vez, dependerá de las características de desarrollo de una zona tierra adentro llamada zona de influencia, a la que sirva el puerto, fundamentalmente por razones de costo de distribución. Dichas características condicionarán una cierta ley de oferta y demanda de productos primarios, semielaborados o elaborados.

Su eficiencia se medirá en función de la prontitud con que se lleve a cabo el enlace, principalmente para reducir al mínimo de tiempo la permanencia del barco en el puerto y de sus posibilidades para asegurar una regulación cuya característica fundamental sea absorber las diferencias de capacidades entre los medios de transporte terrestre y marítimo.

b. Sistemas portuarios especializados

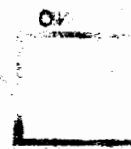
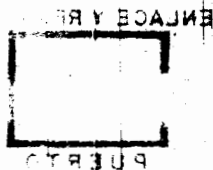
El rasgo distintivo de estos sistemas es el que el flujo de la carga es preponderantemente en un solo sentido. En este grupo se incluyen los siguientes: (Figuras 1.3 y 1.4)

Mineraleros

Petroleros

Pesqueros

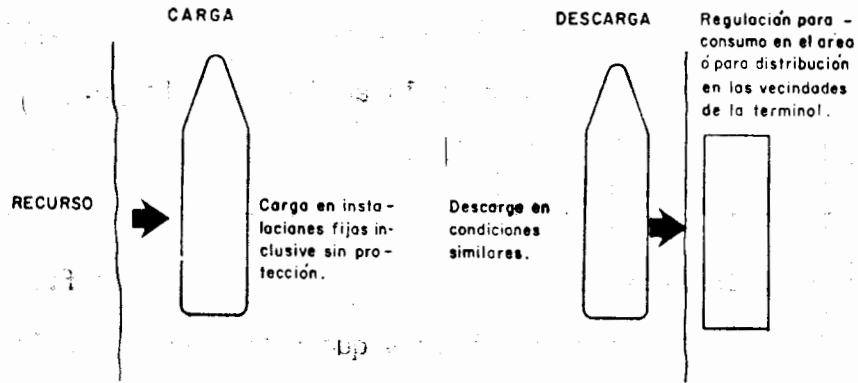
Turísticos



En los tres primeros, y en menor grado en el último, el puerto adopta el carácter de punto de embarque o terminal más que intermedio de un sistema de transporte.

Tanto los mineraleros como los petroleros tienen el rasgo común de manejar grandes volúmenes de carga lo que ha conducido a modificaciones sustanciales en el concepto tradicional de puerto en cuanto a necesidades de protección y profundidad se refiere. En el caso de los puertos mineraleros, si bien continúan requiriendo de instalaciones fijas para carga de los barcos, el tamaño de las embarcaciones obligan a disponer de pro-

MINERALES



PETROLEO

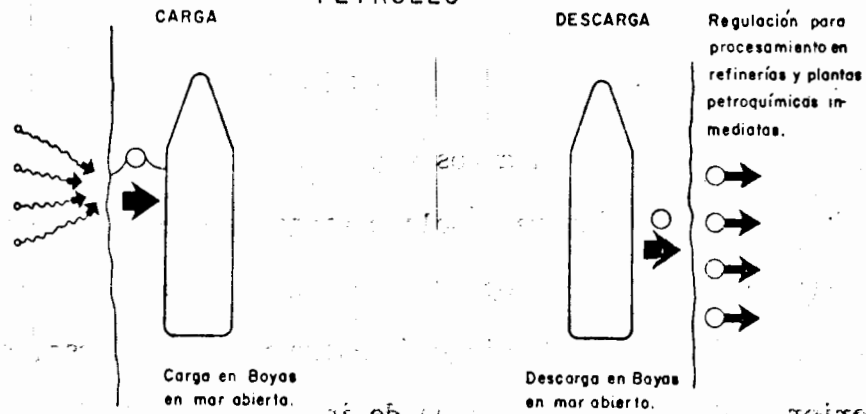


Figura 1.3

fundidades que superan frecuentemente los 13 metros\*, lo cual es muy significativo, ya que esa cifra fue considerada durante muchos años como la máxima para instalaciones fijas y protegidas. Lo anterior ha creado la demanda de establecer este tipo de terminales en sitios donde se disponga naturalmente de esa profundidad, independientemente del tipo de protección que se disponga en contra de la acción del oleaje.

El movimiento petrolero ha conducido a cambios aun más significativos, - ya que inclusive la necesidad de contar con instalaciones fijas ha desaparecido debido al tamaño de los barcos que actualmente requieren profundidades superiores a los 20 m, haciéndose el movimiento a base de boyas en mar abierto.

En su oportunidad se tratarán ambos tipos de terminales con mayor detalle, en estos renglones interesa solo destacar que el tamaño de estas terminales y su importancia son dependientes exclusivamente de la magnitud del recurso por explotar y de ninguna manera puede hablarse, como en el caso anterior, del tamaño de su zona de influencia. Puede decirse sin embargo que las terminales de recibo, desempeñan en mayor o menor grado un papel de centros de regulación y distribución.

Por lo que toca a los puertos pesqueros, es más distintivo aún el papel exclusivo de terminal de recepción. Sus características de ubicación y

---

\* Actualmente sólo el 10% de los puertos del mundo reciben barcos con calados mayores de esta cifra.

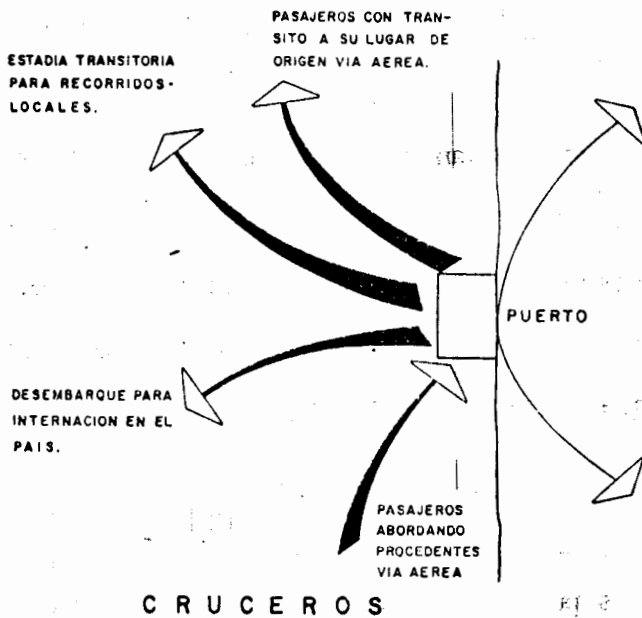
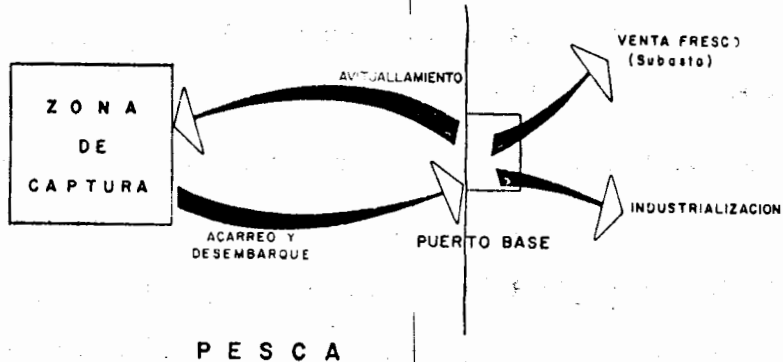


Figura 1.4



tamaño están condicionadas por el tipo de pesca que practique la flota que los sirve. Puede afirmarse que su zona de influencia quedará determinada en términos de las áreas en que capturen los barcos que descarquen en ese puerto, sin que el volumen manejado por él sea función directa del consumo que se tenga tierra adentro, en todo caso esto es sólo una de las tantas posibilidades de destino y dependerá también del tipo de procesamiento que se le dé a las capturas.

En el caso de los puertos turísticos hay que separar los destinados a la recepción de buques de pasajeros de los usados por embarcaciones de recreo.

Para el primer caso, los buques llevan a un conjunto de turistas a tocar varios puertos, donde el turista desembarca a hacer un breve recorrido para volver, pocas horas después, al barco y continuar su viaje. En este tipo de viajes el puerto donde se inicia el crucero es el punto terminal también, el resto de los puertos tocados funcionan solo como punto de escala.

El dimensionamiento de estos puertos obedece exclusivamente al número de cruceros en arribo simultáneo y su correspondiente desembarco de pasajeros.

Por lo que toca a los puertos turísticos para embarcaciones pequeñas, el enfoque es definitivamente gobernado por consideraciones eminentemente

turísticas no vinculadas a cuestiones de distribución, regulación o transporte tierra adentro.

### c. Sistemas portuarios industriales

Aunque el término puerto industrial empleado en estos casos es de uso común, vale la pena señalar que se trata de instalaciones portuarias que sirvan a zonas industriales costeras. En este caso, de nueva cuenta el papel del puerto cambia, transformándose en un elemento de apoyo más que de enlace y regulación. Por cuanto toca a la magnitud del movimiento de carga, que no es definitivamente el rasgo distintivo y mucho menos justificativo, éste es función directa de la capacidad productiva de la zona industrial a la que sirve. Así entonces, el puerto recibe principalmente materias primas y en menor grado productos semielaborados y productos terminados para su distribución regional. En el área industrial adyacente estos productos son transformados o almacenados para su posterior exportación principalmente por el puerto, aunque también puede hacerse tierra adentro. Esto es, los movimientos por el puerto constituyen el inicio de un proceso industrial o el de uno de comercio pero no propiamente el de transporte. (Figura 1.5)

## 1.2 Desarrollo económico y desarrollo portuario

Se ha señalado lo común que es pensar en los puertos en términos de tráfico y transportación. Lo anterior derivado del papel que han desempeñado históricamente en su participación y en el desarrollo del comercio

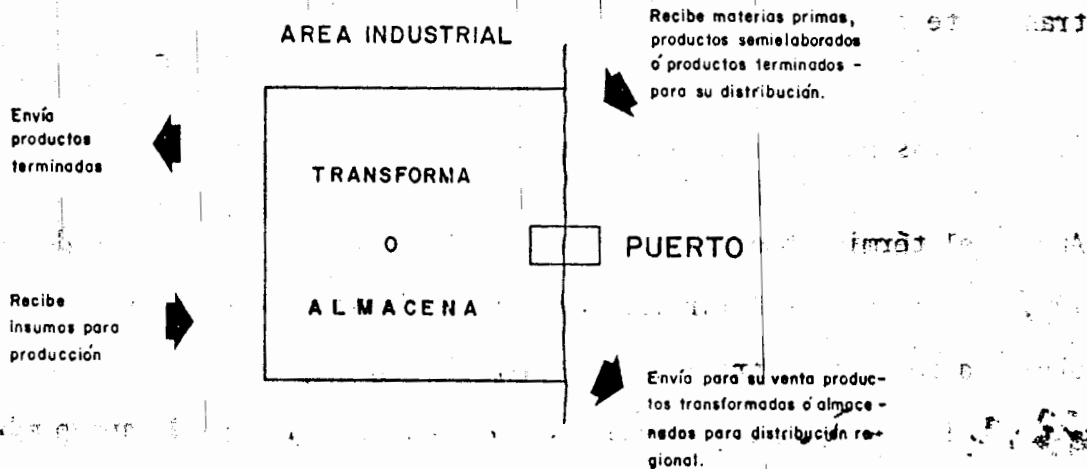


Figura 1.5

mundial. Conforme con ese papel, los puertos crecían si crecía el tráfico, sin que pudiera afirmarse que los beneficios lo hacían en proporción análoga ya que en muchas ocasiones fueron considerados sólo como elementos de apoyo a la actividad comercial.

En la época moderna, la imagen de los puertos se ha modificado y ampliado, creándose ahora un esquema en el cual, además de la función que históricamente han desempeñado, se les contempla como una industria administrada y operada de manera independiente y autosuficiente.

Dentro de este contexto, hay dos problemas relevantes; el primero se re-

**FAC. DE INGENIERIA  
BIBLIOTECAS  
CONSULTA**

fiere a la relación entre el puerto y los asentamientos humanos que lo rodean. El segundo, considera específicamente al papel que juegan estos puertos en los países en vías de desarrollo, principalmente aquellos que están tratando de alcanzar niveles de vida y capacidad industrial semejante a la de los países desarrollados.

Con respecto al primero, una de las ideas más adecuadas es considerar el puerto como una infraestructura diseñada para desarrollar y fortalecer la infraestructura de las comunidades costeras regionales.

En relación con el segundo, la idea convencional de tomar a los puertos como centros de transporte, económicamente autosuficientes, puede ser algunas veces más racional, sin embargo, es particularmente interesante, en el caso de países alargados y costas extensas, considerarlos como apoyo efectivo del desarrollo socioeconómico.

### 1.2.1 Papeles del puerto

Los papeles que desempeñan los puertos en países en vías de desarrollo son particularmente importantes, esto no significa que sean diferentes de los de puertos en países industrializados. Sin embargo, el frecuente desequilibrio entre las zonas desarrolladas y las que no lo están, asignan al puerto la misión de participar en programas tendientes a lograr que ese desarrollo se produzca en una forma más racional y equilibrada.

- a. El puerto como enlace entre el transporte marítimo y el terrestre.

Con la incorporación de la era de la internacionalización del comercio, el papel de los puertos en las actividades económicas ha cobrado mayor importancia que nunca. Es fundamental su función para asegurar con capacidad adecuada, un flujo continuo y sin interrupción de exportaciones e importaciones y puede, en caso de falla, ocasionar serias alteraciones a la economía de un país. Su papel de estabilizador y regulador en el suministro de materias primas y de los productos básicos para aprovechar las ventajas de las economías de escala del transporte en grandes volúmenes, tienen una incidencia directa en la estabilización de los precios de estas materias. Más aún, puede fortalecer la competitividad de un país en el mercado internacional reduciendo los costos de distribución de la exportación. Generalmente, los costos incurridos en los puertos representan alrededor de un tercio del costo de distribución, de aquí la importancia de que la reducción que puede obtenerse en su paso por el puerto.

- b. El puerto como base de actividades industriales.

Para alcanzar un crecimiento económico en gran escala es necesario desarrollar industrias secundarias altamente productivas, ello, desde luego, basado en un mejoramiento en la productividad de las industrias primarias a través de modernización de las mismas.

Los puertos son básicos para el desarrollo de industrias secundarias

de manufactura. Los puertos eficientemente usados contribuyen a este tipo de actividad sobre todo cuando se requiere un transporte masivo de bienes como es el caso de la mayoría de las industrias modernas.

Las instalaciones de los puertos y la localización de industrias pueden estar estrechamente vinculados para alcanzar una gran eficiencia en la fabricación, almacenamiento y la transportación.

Un puerto de este tipo, se contempla no sólo como un proyecto de apoyo a la industria sino como elemento fundamental de desarrollo de una región costera. Si el puerto es capaz de cumplir plenamente como apoyo para la actividad industrial entonces la economía regional podrá prosperar, de aquí que se espera que el puerto tenga un papel preponderante en el desarrollo regional.

c. El puerto como sitio para desarrollos urbanos.

En el caso de un desarrollo industrial en un puerto, la actividad económica se intensifica en la región aledaña con las consecuentes demandas de apoyo y servicios urbanos por lo que un plan general debe manejarse como un todo, incluyendo el proyecto de crecimiento de las áreas urbanas. En otras palabras, un puerto adecuadamente proyectado debe manejar los espacios de manera coordinada, considerando el desarrollo de la región completa, involucrando una infraestructura de apoyo para toda la región.

d. La administración portuaria como elemento de descentralización de la planeación.

Al considerar el papel de los puertos dentro de un amplio contexto, el término administración portuaria deberá entenderse en igual forma. Así, involucrará la identificación de demandas en los distintos ámbitos que guardan relación directa o indirecta con un sistema portuario, el análisis sobre la manera de satisfacer en tiempo y espacio tales demandas, la ejecución de los trabajos para lograr lo anterior y la organización de los medios para lograr una cabal explotación de los elementos de solución que permitan alcanzar los objetivos de desarrollo asignados al conjunto.

Todo lo anterior implica que esta administración debe desenvolverse en su totalidad a nivel local, reservando sólo para el nivel central la definición de las grandes políticas nacionales y la compatibilización con otros planes regionales de desarrollo de sistemas portuarios. Esto implica el fortalecimiento de las estructuras locales para llevar a cabo las labores de planeación, programación, ejecución y seguimiento requeridas.

### 1.3 Los usuarios de un sistema portuario

En el inciso anterior se comentaron los papeles que juega el puerto en el contexto de desarrollo económico de un país o una región. Paralelamente a ello, otro enfoque básico que condiciona, define y dimensiona un

sistema portuario está asociado con la atención que se da a los usuarios fundamentales de una terminal.

La significación de cada uno de ellos permitirá asignar la función que tendrá el sistema, de allí la importancia de analizar tales usuarios.

Los usuarios fundamentales son tres:

- El pasajero y la carga
- El barco
- El transporte terrestre

Ocasionalmente, y si la función predominante del puerto no es la comercial, pueden existir otros usuarios no menos importantes, tal es el caso de las áreas industriales en los puertos industriales, la pesca en los puertos pesqueros, los tripulantes de botes en los puertos deportivos, etc.

a. El pasajero y la carga

Son los usuarios fundamentales del puerto, ya que por ser el objeto del transporte condicionan no sólo al puerto sino también a los restantes usuarios.

En términos generales, el movimiento de pasajeros en recorridos transoceánicos ha perdido significación a causa del desarrollo de la aviación comercial de gran capacidad. En cambio, en traslados de cabotaje o de altura, en corta distancia, manifiesta tendencias cre-



cientes, especialmente en países de actividad costera muy intensa como Japón o naciones del norte de Europa. Lo anterior motiva el que se destinen áreas exclusivas del puerto para este tipo de flujo.

Un segundo tipo de movimiento de pasajeros que también ha presentado incrementos muy sensibles es el de los cruceros turísticos lo cual ha generado demandas para transformar instalaciones y dar servicios para esta forma de transporte de pasajeros.

Así por ejemplo, en ocasiones se han acondicionado bodegas como terminales de pasajeros con servicios de tiendas, agencias de viaje, renta de vehículos, etc., en apoyo de los turistas que hacen escala por unas horas en el puerto en cuestión.

Por lo que toca a la carga, el rasgo fundamental que condiciona instalaciones y equipamiento es su forma de presentación. Pueden distinguirse dos grandes grupos, cuando la carga se maneja por unidades generalmente embaladas y cuando se hace en grandes volúmenes sin un elemento de empaque específico.

El primer tipo recibe el nombre de carga general, tiene como características adicionales: heterogeneidad en su forma de presentación, facilidad de deterioro y gran irregularidad en tamaño. Ello demanda la necesidad de un almacenamiento en puerto, manipulación para agrupar cargamentos, envasado, operación individualizada y gran cantidad de mano de obra.

La segunda, denominada carga a granel, tiene características opuestas a la anterior: homogeneidad, regularidad y ser difícilmente deteriorable. Las necesidades principales son: amplias zonas de almacenamiento, por moverse grandes volúmenes, que pueden estar fuera de la zona de servicio del puerto y llevarse a él o de él mediante bandas o tuberías; barcos de gran calado, equipamiento especializado de alto rendimiento, empleo de poca mano de obra, etc.

Con base en las descripciones anteriores, se puede establecer la siguiente clasificación de la carga y pasajeros:

- Pasajeros

Por tipo de navegación y tráfico:

- . Transporte transocénico de larga distancia
- . Transporte de cabotaje o de altura de corta distancia
- . Cruceros turísticos

- Carga

- . Carga general

Suelta (cajas, sacos, tambores, piezas de maquinaria), etc.

Unitizada. En plataformas de madera (palets) y en contenedores.

- . Especial

En barcazas transportadas en barcos especiales (Lash, Seabee).

. Graneles

Sólidos. Productos agrícolas y minerales; en granos de diferentes diámetros y en polvo.

Líquidos. Productos petrolíferos (crudos, refinados); gases licuados; varios (vinos, aceites, etc.)

. Perecederos

Pesca. Fresca, congelada, salada o seca industrializada.

Verduras y frutas. Frescas, congeladas.

Carnes.

b. El barco

El barco constituye uno de los elementos más importantes de análisis en un sistema portuario. Sus dimensiones, su capacidad y su costo hacen que la planeación, diseño y operación de un puerto giren en buena medida alrededor de este usuario. La notable evolución del transporte marítimo operado a partir de la década de los 50's, trajo, entre otras consecuencias, una modificación drástica en las técnicas de planeación y diseño de los puertos.

Los barcos en los que se operó este cambio tan significativo fueron los petroleros, ello derivado del cierre del canal de Suez y del notable incremento en el consumo de hidrocarburos. En la figura 1.6 se presenta la evolución en el tamaño de los buques en la que se

27

observa que en menos de 30 años el tamaño de los barcos creció 10 veces. Ello a su vez se reflejó en un aumento notable en la profundidad requerida, primer impacto serio en las demandas portuarias. (Figura 1.7)

La evolución tecnológica operada para diseñar buquestaque de gran capacidad, permitió con relativa facilidad aplicarla al caso de barcos para graneles sólidos también de gran capacidad. Este incremento tuvo sus efectos inmediatos en la reducción en el costo del transporte. (Figura 1.8)

En el manejo de la carga general, tomando en cuenta las nuevas condiciones de competitividad que imponía el comercio mundial actual, los cambios principales se operaron en el manejo de la carga en forma unitizada, especialmente en contenedores y en embarcaciones cuya rapidez y capacidad asegurase al productor esa posibilidad de competencia, no obstante el alto costo que representa la construcción y operación de este tipo de barcos. (Figuras 1.9, 1.10 y 1.11)

En este mismo ámbito del manejo de la carga general y siguiendo el principio de la unitización de la carga, se ha destacado el crecimiento de las embarcaciones Roll-on/Roll-off (Ro/Ro) que son buques en que la carga y la descarga se hace por rodadura sea desde los propios vehículos de transporte terrestre o simplemente contenedores sobre plataformas.

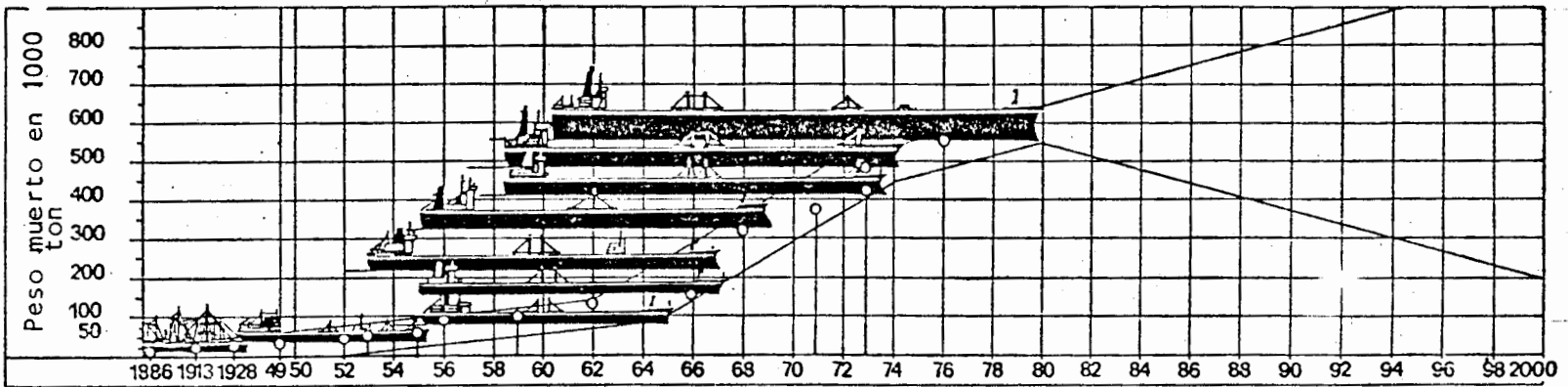


Figura 1.6. Crecimiento en el tamaño de los buques tanques

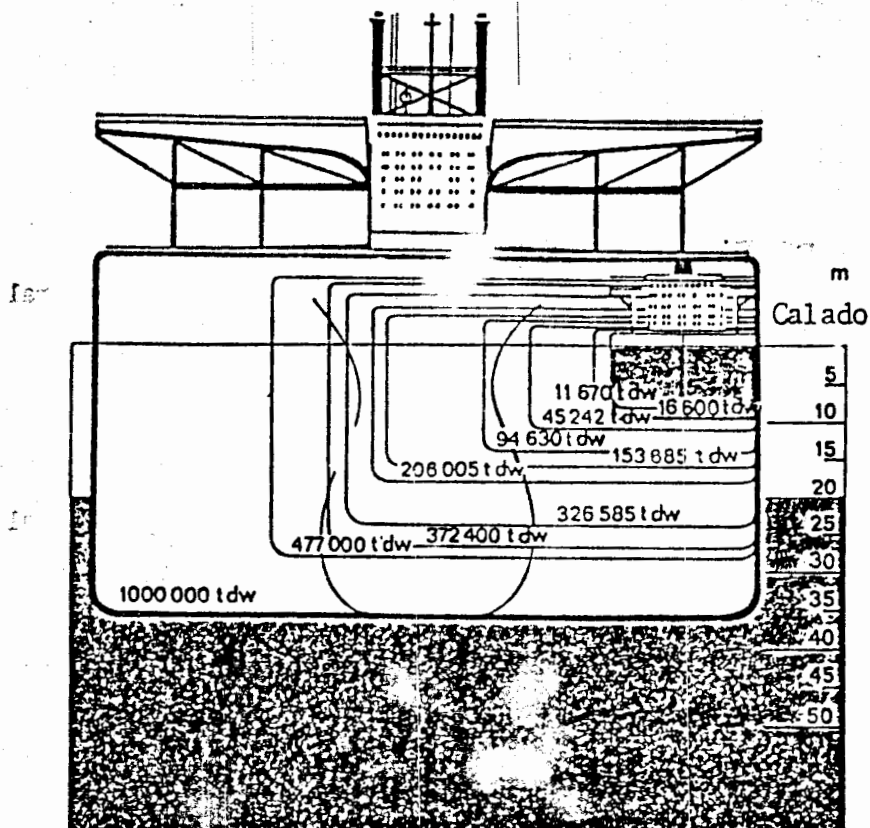


Figura 1.7. Peso muerto y calado de tanqueros.

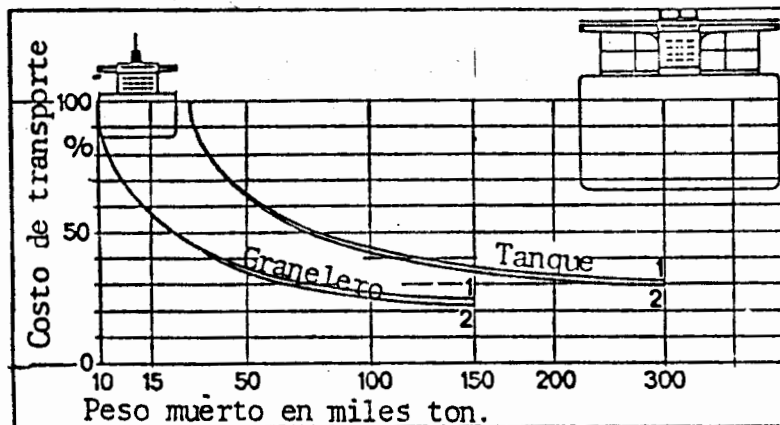


Figura 1.8. Costo de transporte por tonelada de carga en función del tamaño de barco.

1 - 5,000 nm. de viaje    2 - 25,000 nm de viaje

1950



① E 150 m  
M 20 m

Carga general  
convencional  
9000 TPM

1960



② E 160 m  
M 23 m

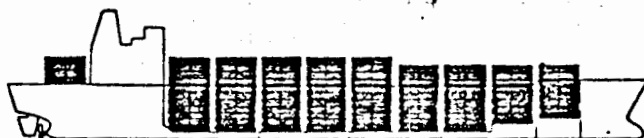
Carga general  
convencional  
15000 TPM

1970



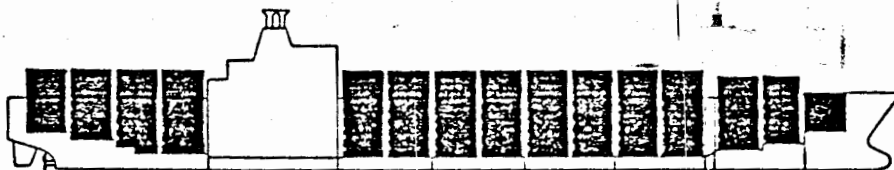
③ E 190 m  
M 27 m

RO/RO multiuso



④ E 210 m  
M 31 m

Portacontenedor  
1500 TEU



⑤ E 290 m  
M 33 m

Portacontenedor  
3000 TEU

1980

Evolución de diversos tipos de barcos de carga general

Figura 1.9

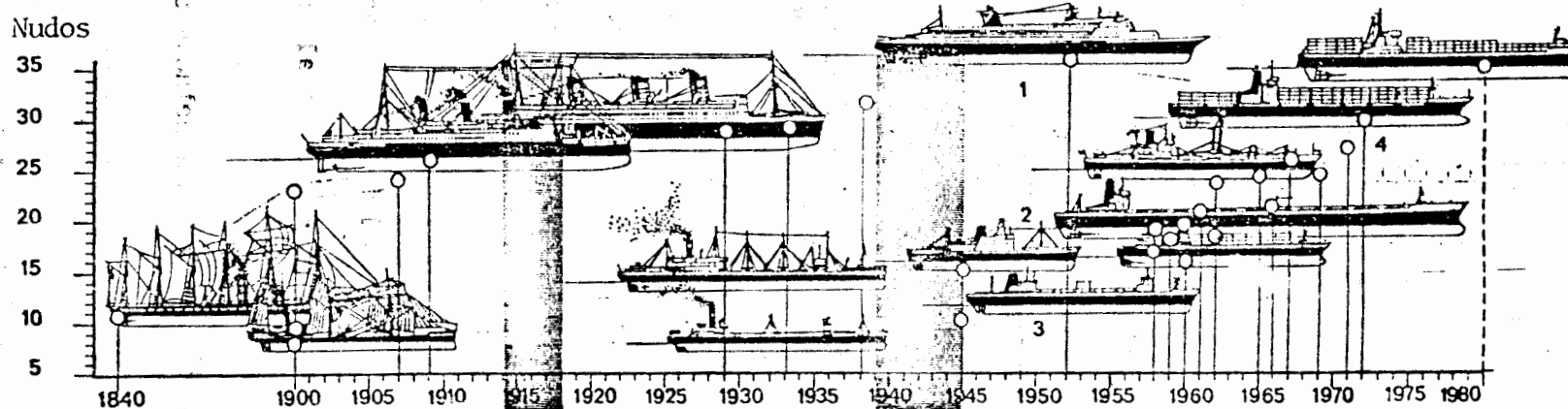


Figura 1.10. Evolución de la velocidad máxima de distintos barcos.

- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| 1. Pasajeros     | 3. Tanques y graneleros |
| 2. Carga general | 4. Portacontenedores    |



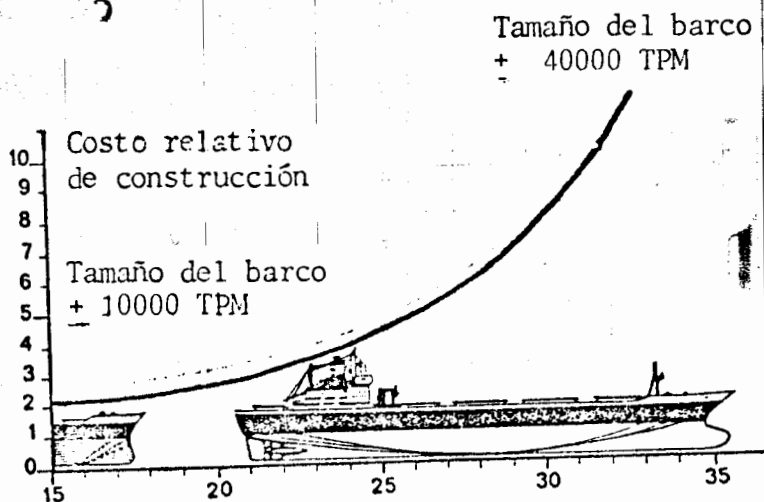
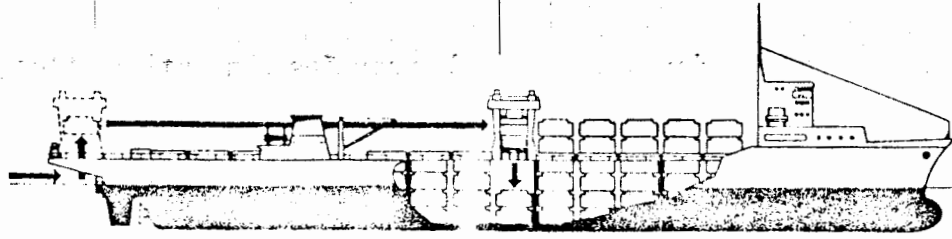


Figura 1.11. Incremento del costo relativo de construcción de los barcos en función de la velocidad.

Otro tipo de embarcaciones que han entrado en operación, especialmente en otros puertos terminales de sistemas de navegación interior como el del Mississippi o el Rin, son los barcos Lash y Seabee.

Los primeros se usan para transportar contenedores y barcazas especiales de 18.7 x 9.5 x 3.9 m que a su vez llevan en su interior contenedores y carga. Los barcos Seabee son similares al Lash, sólo cambian en la forma de introducir las barcazas y en las dimensiones de estas que son de 29.7 x 10.7 x 4.9 m y 850 toneladas de desplazamiento. (Figura 1.12)

Este tipo de embarcaciones pretenden introducir el servicio puerta a puerta a través de las vías de navegación interior y al propio tiempo atraer cargas que se mueven entre grandes puertos para las cuales



Line

32

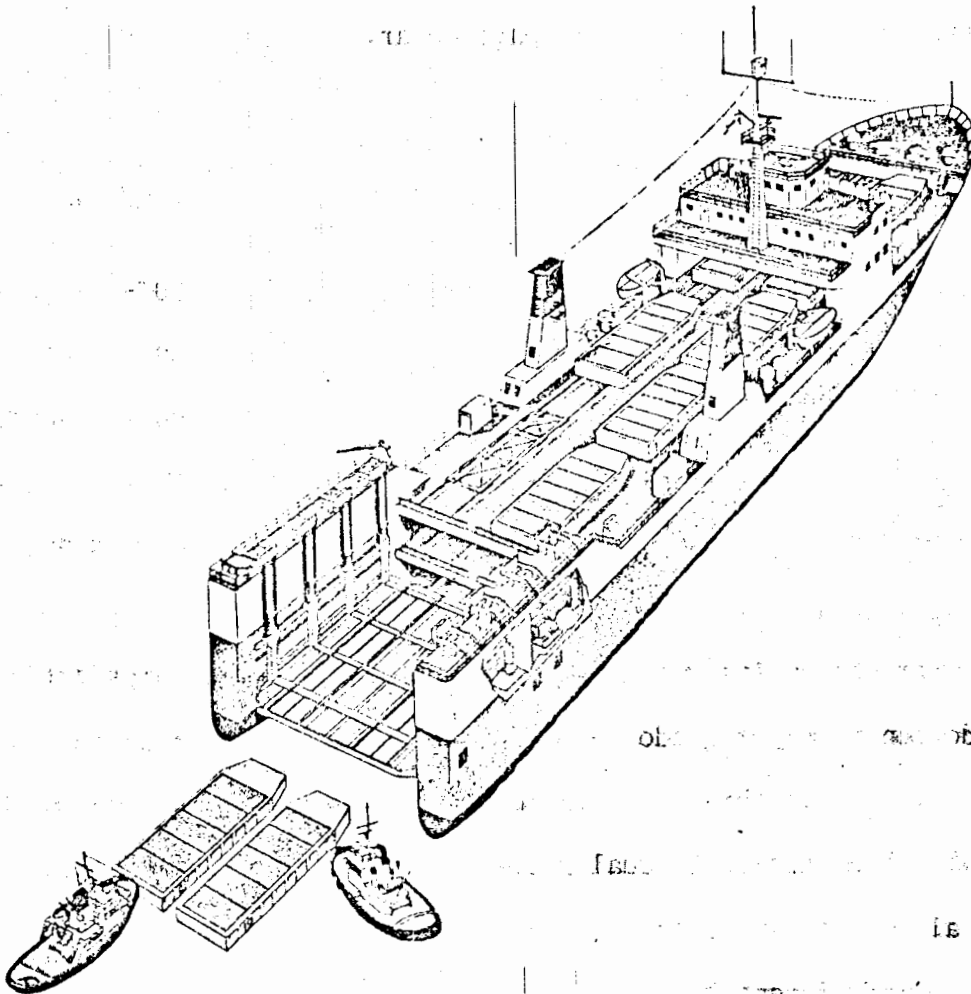


Figura 1.12

los contenedores estándar son demasiado pequeños o no utilizables.

En este sentido se han obtenido resultados muy satisfactorios. Así si se comparan los rendimientos en el manejo de carga general en los distintos tipos de barcos examinados, los resultados muestran las grandes ventajas de la unitización de la carga en lo general y de los sistemas Lash y Seabee en lo particular.

Tipo de barco	Rendimiento horario (ton/hr)
Carga general convencional	70 - 80
Portacontenedores	300 - 600
Ro/Ro	200 - 400
Lash	1 200 - 1 500
Seabee	2 500 - 3 000

Este incremento en los rendimientos en el manejo de la carga está asociado con un mayor grado de mecanización con la consecuente reducción en la mano de obra requerida comparada con la que se usa en una terminal convencional, lo cual representa un motivo de reflexión en cuanto al uso de este tipo de sistemas en países donde el desempleo es problema fundamental.

Por otra parte, esta evolución en el manejo de la carga general obligó al desarrollo de terminales de contenedores de alta eficiencia y

gran capacidad para asegurar una carga y descarga en un mínimo de tiempo y garantizando volumen suficiente para que la nave zarpe a plena carga dando así uso máximo a la capacidad disponible.

Ello, a su vez, condujo a reorientar la función de muchos puertos, integrando sistemas en los cuales unos cuantos concentran carga y el resto alimenta a estas terminales con contenedores para que haya volumen suficiente para tener siempre barco a plena carga. Este proceso tiende a generalizarse a nivel mundial en la medida que los países intensifican su comercio marítimo.

i. Elementos constitutivos y dimensiones geométricas (Figura 1.13)

En un barco se distinguen dos partes fundamentales: el casco y la superestructura. El casco forma el cuerpo principal, y tiene una parte sumergida (obra viva) y otra emergida (obra muerta). La superestructura contiene la zona de alojamiento de la tripulación y los elementos de gobierno del barco.

Según el sentido de navegación, recibe el nombre de proa la parte delantera del barco, popa, la trasera, babor la banda izquierda y estribor la derecha.

Amuras (de babor y estribor), son las partes curvas del barco que rematan en la proa.

Aletas (de babor y estribor), son las partes curvas del barco que rematan en la popa.

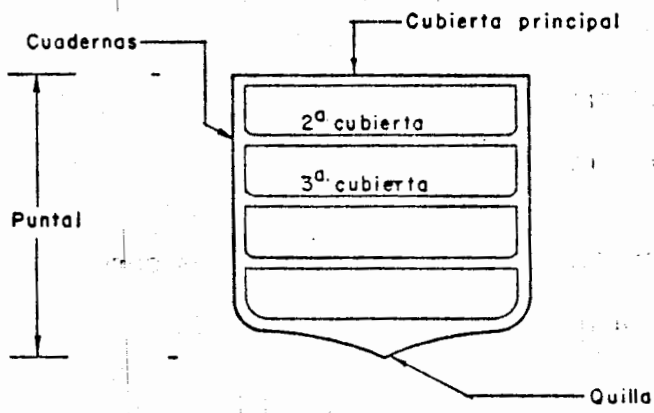
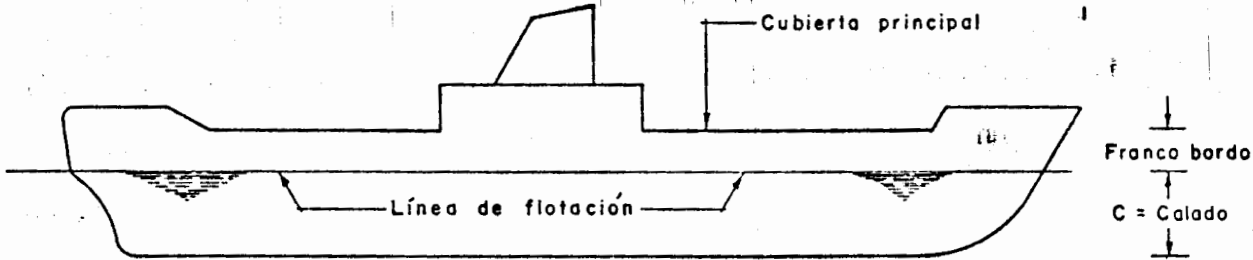
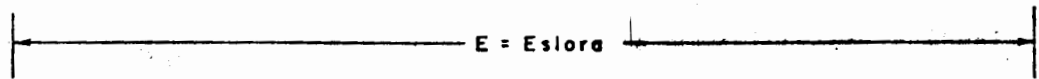
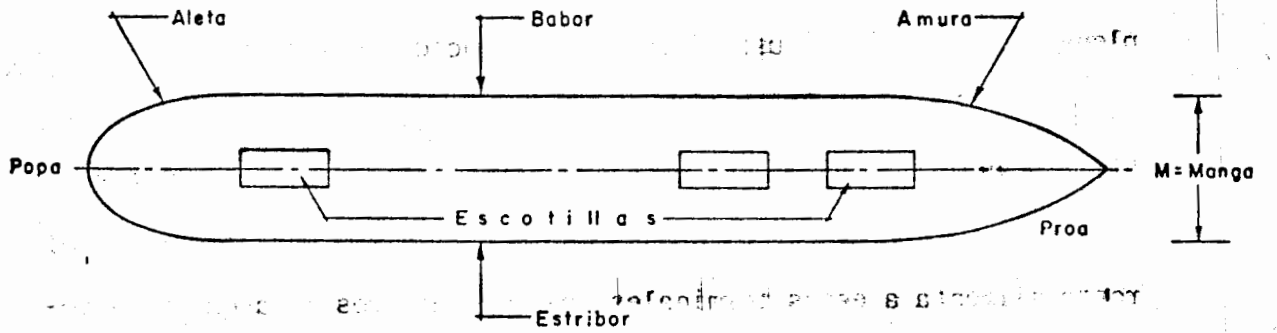


Figura 1.13

Quilla es la columna vertebral del barco, es la parte más baja - con la que corta el agua; empieza en la proa y termina en la popa y es el soporte de toda la estructura. En los extremos de la quilla están: la roda, que forma la proa del barco y el codaste que forma la popa.

Puntal, es el peralte o la altura total del barco y se mide en el centro de la eslora, donde se encuentra la cuaderna maestra, desde la cara superior de la quilla hasta la cubierta principal.

Cuadernas son cada par de costillas que forman el esqueleto del buque, se localizan perpendicularmente a la quilla y sobre estas se aplican los foros que constituyen el casco.

Casco, es el cuerpo del buque sin máquinas, arboladuras y pertrechos, es decir, el cascarón acabado de construir.

Bulbo, en algunos barcos se localiza en la proa, al pie de la roda, es de forma hidrodinámica para dar mayor velocidad al buque con la misma potencia de máquinas.

Cubiertas, son los diferentes planos de construcción que cierran los espacios del buque formando niveles, los cuales, en los barcos mercantes hacen la función de bodegas, las cubiertas se apoyan en los baos, piezas horizontales que junto con las cuadernas forman los marcos. La cubierta más baja del buque recibe el nombre de sollado.

Escotillas, son las aberturas en las cubiertas por las que se in

roduce o se saca la carga del buque. Hay buques que poseen además aberturas laterales (portón lateral), por donde puede sacarse la carga en forma continua por medio de bandas transportadoras o a través de rampas, como es el caso de algunos buques especializados para transportar automóviles.

Puente, es la estructura más elevada del buque.

Bodegas, los espacios del buque para el almacenamiento y guarda de las mercancías objeto de transporte.

Eslora total (E), es la longitud del buque medida de proa a popa, entre planos paralelos extremos.

Se acostumbra tener también la eslora entre perpendiculares, que se define como la distancia medida, sobre el plano horizontal que corresponde a la marca central del disco de franco bordo, entre los planos verticales definidos por el que pasa por la roda y por el que pasa por el codaste o bien "hasta la mecha del timón", cuando el buque se encuentra en la flotación normal, que es la que corresponde al disco de franco bordo.

Manga (M), es el ancho del buque y se mide de babor a estribor en la parte más amplia, medida que se efectúa donde se encuentra la cuaderma maestra.

La relación de la eslora a la manga es:

$$\frac{E}{M} = 7 \text{ a } 8 \text{ veces}$$

Calado (C), es la dimensión máxima en sentido vertical, que puede sumergirse un buque en el agua y que no pone en peligro su navegación. El calado máximo se mide desde la línea de flotación hasta el extremo inferior de la quilla en la popa.

El calado en función de la manga es:  $C = 0.5 M$

El calado en función de la eslora es:  $C = 0.06 E$

Franco bordo, es la distancia vertical, medida desde la cubierta principal que posee medios permanentes de cierre para todas las aberturas expuestas a la intemperie, hasta la línea de flotación, más allá de la cual no se permite cargar. Del valor de franco bordo depende la seguridad del barco en el mar y los números que marcan el calado se coloca en la proa y en la popa. (Figura 1.14)

## ii. Medida de la capacidad

La medida de la capacidad de los barcos se da en varias formas: el desplazamiento, el peso muerto y el arqueo.

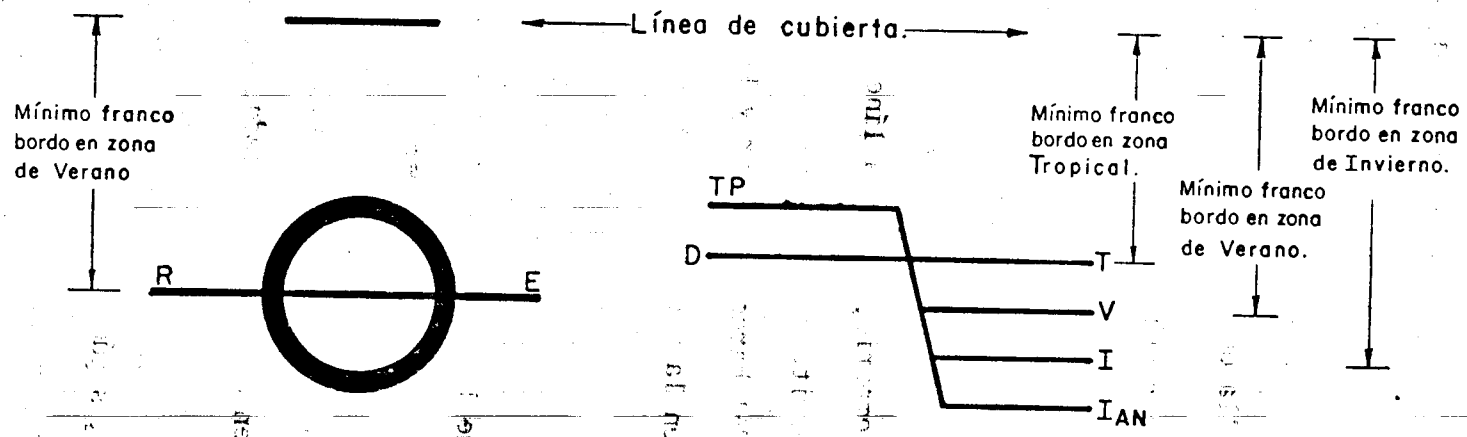
Desplazamiento. Es el peso del buque en toneladas métricas que equivale al peso del volumen de agua desplazada, distinguiéndose fundamentalmente tres:

Desplazamiento en rosca, según sale el barco del astillero.

Desplazamiento en lastre, cuando está listo para navegar (desplazamiento en rosca más el combustible y el lastre).

Desplazamiento a plena carga. Desplazamiento en rosca más el combustible y la carga.





- TD = Línea de máxima carga para aguas dulces tropicales.
- D = Línea de máxima carga para aguas dulces.
- T = Línea de máxima carga para aguas tropicales.
- V = Línea de máxima carga para verano.
- I = Línea de máxima carga para invierno.

Figura 1.14

Peso muerto. Es una forma de expresar la capacidad de carga, sobre todo de los buques tanque, es el tonelaje de peso muerto (TPM); equivale a la suma de los pesos correspondientes al combustible y la carga.

Arqueo. Arqueo es el volumen o capacidad de sus huecos interiores, diferenciándose en arqueo bruto y neto, según sean todos los espacios cerrados o sólo los destinados a la carga (bodegas). La unidad de medida es la tonelada Morson o tonelada de registro y equivale a un volumen de 100 pies cúbicos, es decir,  $2.83 \text{ m}^3$ .

En los cuadros 1.1 y 1.2 se dan ejemplos de dimensiones, características y variantes de distintos tipos de barcos y en las figuras 1.15 a 1.17 aparecen perfiles de ellos.

### iii. Demandas del barco

Según los diversos tipos de carga y de barco examinados, cada uno de ellos plantea demandas diversas desde el punto de vista de la infraestructura y los servicios portuarios. En el cuadro 1.3 se resumen tales demandas.

### c. Transporte terrestre

Las formas usuales para desalojar o llevar la carga de o a un puerto son: <sup>\*\*\*</sup>

## Cuadro 1.1

## BARCOS TIPO

Tipo	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Capacidad
<b>Pasajero</b>				
Trasatlánticos	160-275	17-30	6-11	10,000/68,000*
Transbordadores	120-180		5-6.5	5,000/15,000*
<b>Mercantes</b>				
Cargueros	130-175	15-23	7-9.5	5,000/12,000**
Ro/Ro	140-200		5.5-9.5	4,000/12,000*
<b>Portacontenedores</b>				
Pequeños	75-130	10-25	4-6	1,500/5,000** 60-300 TFE***
Grandes	130-300	25-33	6-11	5,000/35,000 300-2,300 TFE
Lash	250-270	30-33	10.5-11.5	
<b>Graneleros</b>				
Cerealeros	150-250	30-35	6-15	20,000/100,000**
Mineraleros	160-300	20-40	7-16	30,000/150,000**
<b>Petroleros</b>				
Medio	160-270	25-40	10.5-16	20,000/100,000**
Máximo	379	62	48	483,400**
Gasero (LGC)	120-260	26-36	6-11	10,000/50,000**
OBO <sup>(1)</sup>	300-338	44-55	17.6-21.3	160,000/280,000

\* Tonelaje bruto de registro.

\*\* Desplazamiento.

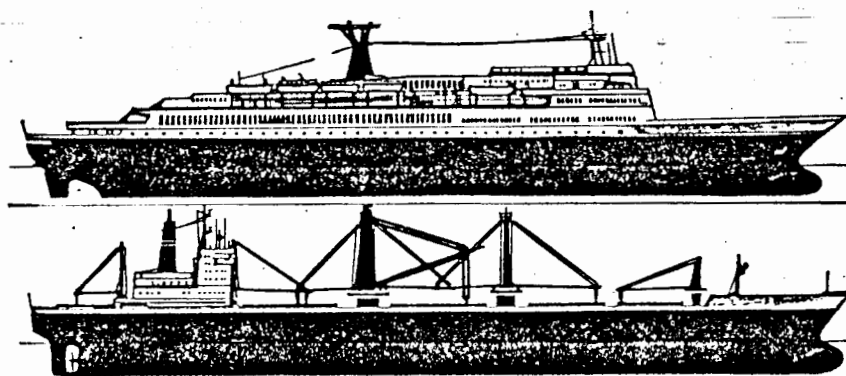
\*\*\* TFE - Unidades equivalentes a un contenedor de 20 pies.

(1) OBO (Ore, Bulk, Oil) - Mineral, granel y petróleo.

Cuadro 1.2

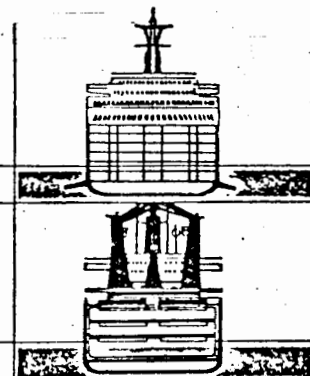
## TIPOS DE BARCOS DE CARGA

Tipo básico	Variantes	Combinaciones
Tanque	Petrolero Derivados del petróleo Productos químicos Azufrero Vinatero	
Gas licuado	LPG LNG Etileno Amoniaco	
Granelero	Universal Mineralero  OBC  Cementerero  Bauxita	Mineralero-petrolero Mineralero-granelero petrolero (OBO) Mineralero-granelero- contenedores Mineralero - slurry petróleo (OSO) Graneles - automóviles
Refrigerado	Fruta Came Pescado	
Portacontenedor	General Contenedores refrigerados	
Ro/Ro	Ro/Ro carguero Transbordador Transportador de automóviles Ro/Ro de cargas pesadas	Ro/Ro portacontenedor Ro/Ro granero Ro/Ro para autos y pa- sajeros
Portabarcasas	Lash Seabee Bacat	Barcasas portacontenedores
Convoy de barcasas para altamar	Empujado Remolcado	
Carga general	Universal Usos múltiples Cargas pesadas Carga paletizada Maderero Porta ganado	Semi-portacontenedor



Pasajeros

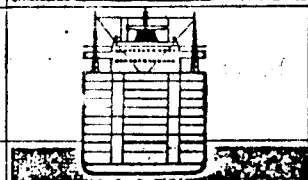
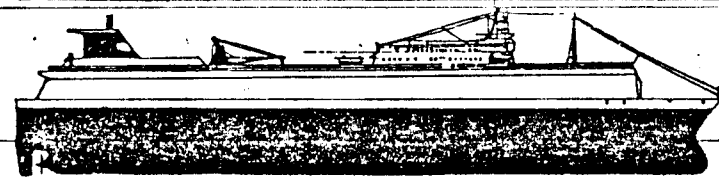
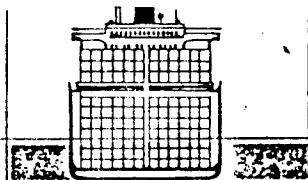
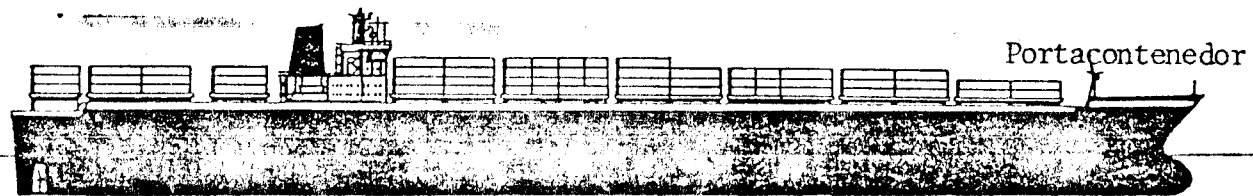
Carga general



E. J. O'...

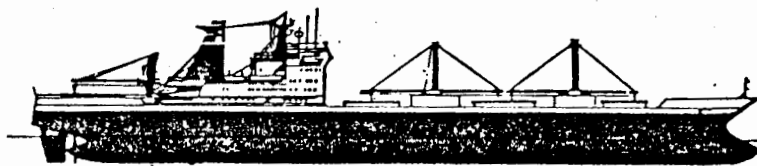
2A  
44

Figura 1.15

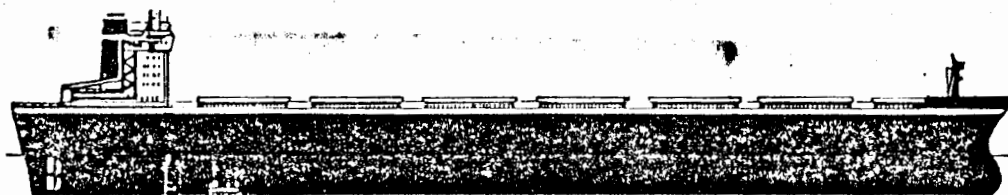


861890

Figura 1.16



Refrigerado



Granelero (OBO)



Tanque

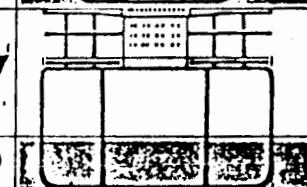


Figura 1.17

Cuadro 1.3

## DEMANDAS DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS PORTUARIOS

Tipo de carga	Barco	Instalación portuaria	Profundidad	Longitud atraque	Superficie almacenamiento	Rendimiento en la descarga	M.O.*
Carga general convencional	Carguero	Convencional	Media	M	Media	Pequeña	Mucha
Carga general unitizada	Carguero	Convencional	Media	M	Media	Media	Mucha
Carga unitizada	Portacontenedores, transbordador Lash, Seabee.	Especial	Media	G	Muy grande	Grande	Poca
Granel sólido	Graneleros (Bulk-carrier)	Convencional	Media	M	Media	Media	Poca
Ligero		Especial	Grande	G	Grande	Grande	
Mineral	Mineraleros (Ore-carrier)	Convencional Especial	Media Grande	M G	Media Muy grande	Grande Muy grande	Poca Poca
Crudos	Tanque	Especial	Muy grande	MG	Muy grande	Muy grande	Poca
Refinados	Tanque	Especial	Media	M	Media	Grande	Poca
Gases licuados	LGC	Especial	Media	G	Media	Grande	Poca
Pesca	Arrastrero Fábrica	Convencional	Poca	P	Poca	Bajo	Mucha
Pasajeros	Crucero Transbordador	Especial	Media Poca	G			
Avituallamiento		Especial	Poca Media	G	Poca	Grande	Poca

\* M.O. Mano de obra



- BOC
- Carretera. Con mucho el transporte por carretera constituye el principal medio terrestre para el manejo al interior de la carga del puerto. Se utiliza principalmente para manejo de carga general debido a su baja capacidad de transporte. Circunstancialmente puede emplearse en el manejo de graneles pero ello causa bajo rendimiento en la descarga y congestión en el puerto por el número de vehículos que deben emplearse para descargar un buque granelero.

C

El transporte carretero cobra popularidad a raíz de la introducción de transporte en contenedores y el uso de barcos RO/RO sobre todo en las primeras etapas de operación de una terminal para el manejo de esta carga unitizada.

II

Ferrocarril. Este medio de transporte si bien ofrece la ventaja de una mayor capacidad y de posibilidad de manejar distintos tipos de carga, tiene una gran rigidez por su forma de operar lo cual si no se dispone de áreas exclusivas de formado de trenes, puede generar congestionamientos con el movimiento de otros vehículos y molestias para las áreas urbanas inmediatas al puerto.

- BOC
- Canales y ríos. Es muy adecuado para el transporte de grandes volúmenes, de industrias ubicadas en sus márgenes o en sus vecindades. Conviene destacar que las demandas de profundidad -

que plantean las embarcaciones que prestan este tipo de servicio, rara vez exceden los 3 m.

Por otro lado esta forma de transporte permite el manejo directo de la carga sin transbordo cuando se emplean en el puerto final barcos Sea Bee o Lash.

- Tuberías. Ofrecen un sinnúmero de ventajas en relación con su capacidad, trazo para su localización y automatismo en su operación. Su uso más frecuente es en el manejo de productos petroleros.
- Bandas transportadoras. Este procedimiento puede ser empleado para el transporte de graneles sólidos minerales desde los sitios de explotación hasta los puntos de embarque. Su rendimiento es variable y puede operar en cualquier condición de terreno y clima además de no interferir con otros medios de transporte.

#### 1.4 Puertos concentradores y distribuidores

##### 1.4.1 Principios del transporte multimodal

No obstante que en las técnicas de integración de las cargas se han tenido notables avances, se continúa manejando cargas sueltas, que obliga a realizar transferencias complicadas y costosas de las mercancías en-

entre los modos de transporte.

Bajo estas condiciones, el usuario se ve obligado a contratar con más de un modo de transporte para llevar su carga desde el lugar en que se origina hasta el punto final de su destino, dejando la responsabilidad de su carga a cada uno de los transportistas que intervienen en las etapas intermedias, con las consecuencias que ello trae consigo, como son la lentitud en el manejo y la inseguridad, aspectos que se traducen en pérdidas, daños y sobrecuotas inexplicables.

La respuesta a este esquema, se ha dado con el sistema de transporte multimodal que se basa en el principio de la expedición de mercancías bajo la responsabilidad de un solo transportista, desde el lugar en que se origina hasta el lugar de destino, mediando para ello un contrato único celebrado entre el usuario del servicio y un operador también único del sistema de transporte, quien asume la responsabilidad total del cumplimiento del convenio.

La diferencia fundamental entre esta forma de transportar las mercancías y la tradicional, es la existencia de un solo contrato que regula toda operación de traslado de la carga bajo un principio de servicio 'puerta a puerta: del vendedor al comprador.

Esta nueva forma de manejo, implica la utilización de transportes modernos, con los que se pretende proporcionar un servicio eficaz, reducir

las operaciones de manipulación en los puntos de transferencia y, en consecuencia, la reducción de riesgos y gastos excesivos de seguros, vigilancia, supervisión, etc.

Lo anterior será posible realizarlo eficazmente con un sistema de transporte y manejo de carga, que contemple aspectos técnicos de alta especialización, cuando las mercancías que haya que transferir estén integradas, como en el caso de las cargas contenerizadas.

De este modo, se facilitan las operaciones del transporte y se permite un adecuado control por parte del responsable del servicio.

#### 1.4.2 Puertos concentradores y distribuidores

La aparición del transporte multimodal requiere de una alta eficiencia en la operación de las terminales portuarias y de los medios de transporte correspondientes, marítimo y terrestre. Dentro de este concepto de eficiencia, se involucra el que, por una parte en los puertos se han introducido sistemas para manejar la carga en forma unitizada, principalmente contenedores, que incrementan notablemente el rendimiento.

Por otro lado, la eficiencia en el transporte, principalmente el marítimo, se ha manifestado en el diseño de barcos especializados para el manejo de contenedores de manera de hacer uso óptimo de la capacidad de carga de los mismos aunado a gran rapidez en el transporte. Lo especial

lizado de las embarcaciones se manifiesta en altos costos de inversión y operación que requieren, para ser recuperados, una rotación alta y consecuentemente reducción al mínimo de los tiempos de permanencia en el puerto.

Lo anterior significa que para que sea económica la operación de estos barcos deberán en cada llegada a puerto descargarse y cargarse totalmente, lo cual crea el compromiso para el puerto de concentrar un volumen suficiente de carga y al propio tiempo hacer las maniobras en el mínimo de tiempo.

Esta situación ha modificado radicalmente el esquema de organización de los sistemas de transporte, y en particular, en el caso de los puertos ha cambiado su función haciendo aparecer el concepto de puertos concentradores y puertos alimentadores.

Los puertos concentradores son terminales de primer orden, equipados para manejar grandes volúmenes de carga con alta eficiencia, son los puntos específicos donde se lleva a cabo el intermodalismo y a los únicos que llegan las embarcaciones de alta sofisticación en el transporte de contenedores. Estos puertos concentran carga no solamente en su zona de influencia sino de muchos otros puntos tierra adentro que desean aprovechar la ventaja que representa un transporte tan eficiente y de bajo costo. El flujo de carga se produce sea por vía terrestre o por vía marítima enviado a través de puertos alimentadores que como resulta-

do final aseguran un volumen suficiente de carga para las terminales concentradoras. (Figura 1.18)

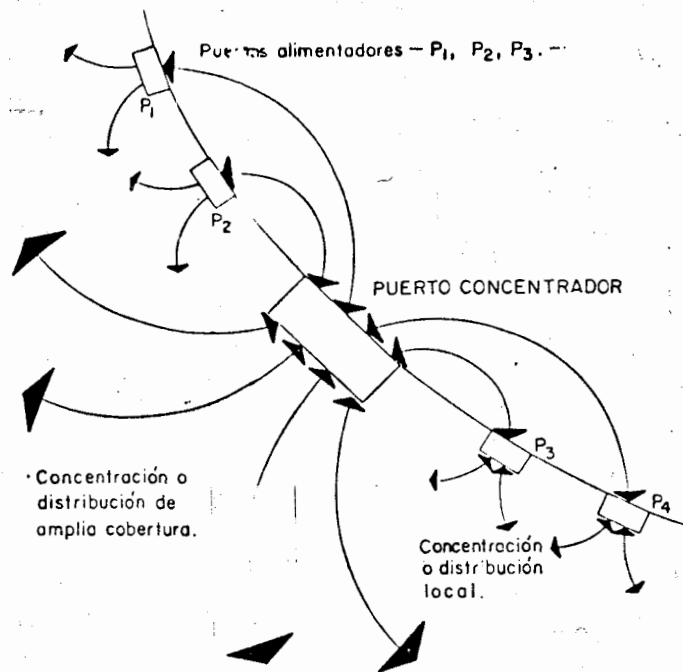


Figura 1.18

#### 1.4.3 Puentes terrestres

La organización de sistemas de transporte multimodal y del principio de los puertos concentradores dió lugar a la aparición de los puentes terrestres. Los puentes terrestres son sistemas para transferir carga

contenerizada de un océano a otro, utilizando una combinación de transporte marítimo - transporte terrestre - transporte marítimo, con gran eficiencia y rapidez de manera que se compense con ello las diferencias de costo de la doble maniobra y del traslado en la porción terrestre.

Lo anterior significa que los barcos son muy rápidos, operan al 100% de su capacidad, son descargados y cargados en tiempo mínimo en terminales de alta eficiencia y el transporte terrestre se hace, generalmente, en trenes unitarios que viajan sin escalas del puerto receptor al puerto de envío.

Este sistema ha hecho competitiva la ruta Japón - Europa, atravesando los Estados Unidos o Canadá, con la tradicional vía por el canal de Panamá sin cambiar de barco.

Otro ejemplo de puente terrestre aunque en menor escala y más bien aprovechando una condición geográfica ventajosa, es el del Istmo de Tehuantepec donde existen terminales de contenedores en Salina Cruz y Coatzacoalcos y se ofrece el servicio de transferencia transoceánica. En este caso son tres grupos diferentes quienes atienden el servicio marítimo, el manejo portuario y el transporte en la porción terrestre restando con ello cierto atractivo al servicio.

### 1.5 Esquema actual del sistema portuario nacional

De acuerdo con la agrupación hecha en el Catastro Portuario de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, existen 38 puntos en el litoral del Pacífico y 56 en el litoral del Golfo de México y el Caribe considerados como sitios de desembarque aunque sólo 26 en ambos litorales pueden considerarse por su infraestructura como puertos de distinta categoría (Figura 1.19)

De estos 26, 13, Ensenada, Guaymas, Mazatlán, Puerto Vallarta, Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Acapulco y Salina Cruz en el Pacífico y Tampico, Tuxpan, Veracruz, Coatzacoalcos-Pajaritos y Progreso, manejan casi la totalidad de las cargas de exportación e importación nacionales y el tráfico de cabotaje.

El desarrollo de nuestros puertos ha obedecido a necesidades muy localizadas de movimiento marítimo, pero no a un proceso racional de integración de un sistema nacional de transporte ni mucho menos de búsqueda de un desarrollo regional equilibrado y de un uso más intensivo de las costas. Así, Ensenada nace por la necesidad de exportar el algodón del Valle de Mexicali, Guaymas por el trigo del Valle del Yaqui para citar dos casos de la etapa postrevolucionaria, como Tampico y Coatzacoalcos lo hicieron en apoyo a las exportaciones petroleras y azufreras a principios de este siglo.

Una manifestación por demás evidente de esta falta de coordinación en los



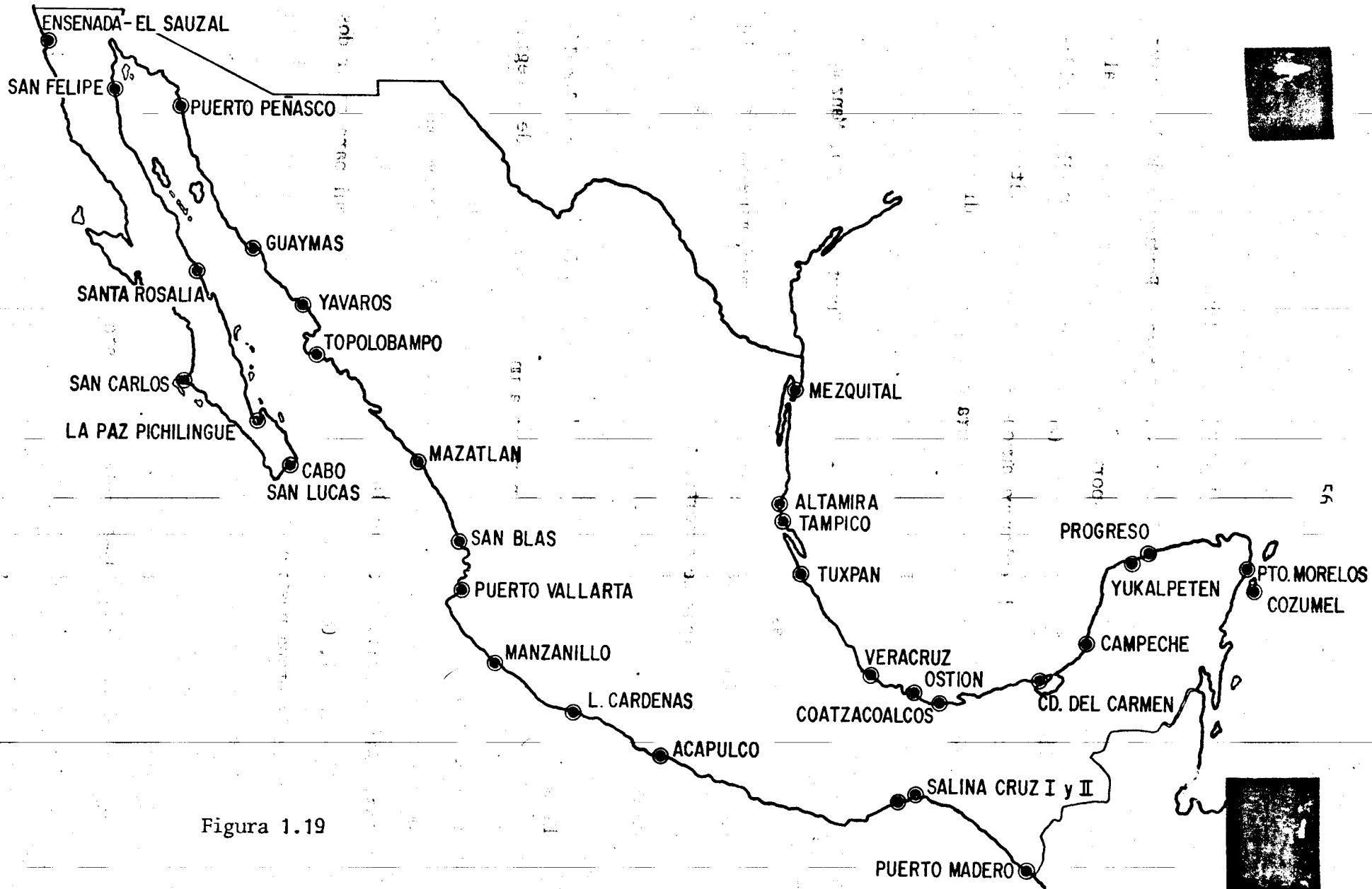


Figura 1.19

sistemas de transporte es que de acuerdo al tipo de instalaciones que disponen nuestros puertos, existe subutilización de la infraestructura portuaria y los congestionamientos observados en los últimos diez años se debieron básicamente a:

- Que no estaban preparados para recibir y regular entradas masivas de graneles agrícolas.
- Que el sistema de transporte terrestre no tuvo, por lógica de la diferencia de capacidades entre el barco y el ferrocarril o el autotransporte, la posibilidad de desalojar con rapidez y eficiencia los volúmenes importados.

Por otro lado, si bien hay una cierta subutilización del sistema portuario en su conjunto, su proceso de modernización y desarrollo no siguió de manera alguna el ritmo observado por otras ramas de la infraestructura del país y no es sino hasta principios de la década de los setentas cuando, en forma organizada se dan los primeros pasos hacia dicha modernización, en la infraestructura física y el equipamiento así como de la organización y administración.

#### 1.5.1 Sistema nacional y sistemas regionales

Se ha mencionado que el sistema portuario nacional puede considerarse exclusivamente como el grupo de puertos del país, ya que su grado de integración, la programación de su desarrollo y su complementación con el

transporte terrestre no ha obedecido a políticas claramente establecidas.

En este sentido en un proceso de reestructuración y racionalización se pueden proponer como una forma de organización del sistema portuario nacional la siguiente: tendremos en primer término los puertos de primer orden o puertos que podríamos llamar nacionales, cuyo objetivo es constituir la base del comercio exterior nacional y en consecuencia ser los puertos de entrada o salida de la mayor parte del comercio exterior mexicano.

Conforme con lo anterior los puertos nacionales serían: Tampico y Veracruz en el Golfo de México y Manzanillo en el Pacífico.

En segundo término tendríamos los puertos de segundo orden cuyo objetivo es servir áreas de actividad económica más reducida y que adoptan el carácter de puertos estatales o regionales. Tal es el caso de: Ensenada, Guaymas, Mazatlán, Vallarta, Acapulco y Salina Cruz en el Pacífico y Tuxpan, Coatzacoalcos y Progreso en el Golfo.

Complementario con lo anterior se tendría toda la red de puertos pesqueros, los cuales podríamos agrupar en la misma forma y así tendríamos puertos pesqueros de primer orden: El Sauzal-Ensenada, Puerto Peñasco, Guaymas-Rodolfo Sánchez Taboada, Mazatlán-Alfredo V. Bonfil, Salina Cruz y Puerto Madero en el litoral del Pacífico, y en el Golfo: Alvarado, Ciudad del Carmen, Campeche y Yukalpetén.

Intencionalmente hemos dejado en último término los puertos industriales que por su carácter dual de participar en los procesos de transferencia de cargas a través de las instalaciones de servicio público destinadas a este fin y de sentar las bases para el establecimiento y desarrollo de las industrias costeras, deben de clasificarse como tales, es decir, como puertos industriales.

Están ya en operación Lázaro Cárdenas y Altamira y en el mediano plazo lo harán El Ostión, cercano a Coatzacoalcos, y Salina Cruz inmediato al puerto actual.

La posibilidad de considerar o establecer sistemas portuarios regionales obedece exclusivamente a la afinidad de actividades y necesidades que pueden existir entre ciertas áreas del país, en ese sentido se contemplan dos grandes sistemas regionales, el correspondiente al noroeste, que agrupa Ensenada, Guaymas, Mazatlán, como puertos comerciales, el conjunto de los puertos pesqueros y el incipiente pero no por ello menos importante potencial de los puertos turísticos.

El segundo sistema lo constituye lo que podríamos llamar la región del sureste que comprende los puertos del Istmo de Tehuantepec, Salina Cruz-Coatzacoalcos, Progreso-Yukalpetén y las terminales pesqueras y turísticas del resto de la península de Yucatán.

0.0		2	0.0
	0	2	2
1.1	1.1	4.1	5.1

## 1.5.2 Datos estadísticos generales de este movimiento marítimo

La estructura del movimiento marítimo en los puertos mexicanos manifiesta un acusado desequilibrio hacia el tráfico de graneles -sólidos y líquidos-. Sólo ellos constituyen alrededor del 96% del total, destacando en particular que la exportación de petróleo, de sal y yeso son los productos más significativos, pero casi en su totalidad estos movimientos se hacen por terminales especializadas no integradas formalmente a ninguno de los puertos nacionales.

A partir de lo anterior, es posible afirmar que la estructura real del tráfico portuario está constituida por un flujo de 40% de carga general, 40% de graneles agrícolas y 20% de graneles minerales.

Cuadro 1.4

MOVIMIENTO MARITIMO  
Evolución y composición 1979 - 1984  
(millones de toneladas)

Tipo de carga	1979	1980	1981	1982	1983	1984
<u>Total</u>	<u>96.0</u>	<u>124.3</u>	<u>130.7</u>	<u>150.0</u>	<u>147.6</u>	<u>153.0</u>
<u>Altura</u>	<u>50.7</u>	<u>66.0</u>	<u>70.5</u>	<u>100.7</u>	<u>102.9</u>	<u>107.0</u>
<u>Cabotaje</u>	<u>45.3</u>	<u>58.3</u>	<u>60.2</u>	<u>49.3</u>	<u>44.7</u>	<u>46.0</u>
General	5.4	6.6	8.1	5.3	6.0	6.1
Agrícola	3.7	6.0	5.7	3.8	7.6	6.0
Mineral	18.6	19.5	19.5	16.8	16.0	18.4
Fluidos	68.3	92.2	97.4	123.5	115.2	119.7

El movimiento de personas y vehículos por vía marítima no es significativo a nivel nacional; aun cuando ha mostrado en los últimos años un dinamismo apreciable al pasar de 1.4 a 2.9 millones de pasajeros entre 1977 y 1982 y de 332 mil a 734 mil vehículos transportados en el mismo período, con tasas anuales de 16 y 17% respectivamente. Estas cifras se deben principalmente al crecimiento acelerado del movimiento entre la península de Baja California y los estados litorales del macizo continental.

El movimiento de cruceros en nuestro país alcanza cifras significativas: durante 1982 se hicieron 720 viajes a nuestras costas, moviéndose casi 500 mil pasajeros, que constituyen una fuente de ingresos de divisas muy importante. Este movimiento es muy dinámico, pues tuvo, entre 1981 y 1982, una tasa de crecimiento de 25%, que se mantuvo durante 1983.

Los puertos del Golfo de México movilizan un volumen de carga tres veces mayor que los del Pacífico, debido principalmente a la exportación de petróleo. (Cuadro 1.5)

Destacan en el Golfo de México, Tampico, Tuxpan, Veracruz y Coatzacoalcos, que movilizaron el 81% de la carga total. En el litoral del Pacífico, excluyendo las exportaciones de sal y el manejo por cabotaje de yeso, calizas y petróleo, los puertos de Guaymas, Mazatlán, Manzanillo y Lázaro Cárdenas absorben el 95% del movimiento total.

Cuadro 1.5

## MOVIMIENTO POR LOS PUERTOS MEXICANOS

1984

(millones de toneladas)

	Total	Carga general	Carga agrícola	Granel mineral	Flúidos	Perecederos
<u>Total nacional</u>	<u>150.4</u>	<u>5.9</u>	<u>3.9</u>	<u>16.8</u>	<u>123.5</u>	<u>0.3</u>
<u>Litoral del Pacífico</u>	<u>36.7</u>	<u>2.5</u>	<u>1.8</u>	<u>12.2</u>	<u>19.9</u>	<u>0.3</u>
Altura	12.4	0.9	1.2	6.8	3.4	0.1
Cabotaje	24.3	1.6	0.6	5.4	17.5	0.2
<u>Litoral del Golfo</u>	<u>113.7</u>	<u>3.4</u>	<u>2.1</u>	<u>4.6</u>	<u>103.6</u>	-
Altura	88.5	2.9	2.1	3.0	80.5	-
Cabotaje	25.2	0.5	-	1.6	23.1	-

La carga general se concentra principalmente en los puertos de Tampico y Veracruz, que manejaron casi la mitad del movimiento nacional. Las importaciones de granel agrícola son significativas en los puertos de Guaymas, Mazatlán y Manzanillo en el Pacífico y Tampico, Tuxpan, Veracruz, Coatzacoalcos y Progreso en el Golfo. El tráfico petrolero de exportación se manifiesta principalmente en los puertos especializados de Coatzacoalcos y Cayo Arcas en el Golfo y Salina Cruz en el Pacífico. (Cuadro 1.6)

Cuadro 1.6

## MOVIMIENTO DE CARGA DE ALTURA POR LOS PUERTOS MEXICANOS. 1984

(millones de toneladas)

	Total	Importación	Exportación	Carga general	Granel agrícola	Granel mineral	Petróleo	Otros
<u>Total</u>	<u>22.12</u>	<u>9.55</u>	<u>12.57</u>	<u>3.72</u>	<u>5.22</u>	<u>3.98</u>	<u>8.00</u>	<u>1.20</u>
<u>Pacífico</u>	<u>10.56</u>	<u>3.00</u>	<u>7.56</u>	<u>1.17</u>	<u>1.56</u>	<u>1.05</u>	<u>6.69</u>	<u>0.09</u>
Ensenada	0.03	0.03	-	0.03	-	-	-	-
San Carlos	-	-	-	-	-	-	-	-
Guaymas	1.85	1.25	0.60	0.05	1.00	0.60	0.20	-
Topolobampo	-	-	-	-	-	-	-	-
Mazatlán	0.57	0.51	0.06	0.09	0.38	0.07	-	0.03
Manzanillo	0.84	0.74	0.10	0.36	0.18	0.07	0.19	0.04
Lázaro Cárdenas	0.72	0.41	0.31	0.39	-	0.31	-	0.02
Acapulco	0.06	0.06	-	0.06	-	-	-	-
Salina Cruz	6.49	-	6.49	0.19	-	-	6.30	-
<u>Golfo y Caribe</u>	<u>11.56</u>	<u>6.55</u>	<u>5.01</u>	<u>2.55</u>	<u>3.66</u>	<u>2.93</u>	<u>1.31</u>	<u>1.11</u>
Tampico	5.44	2.15	3.29	0.93	0.97	2.55	0.99	-
Tuxpan	1.04	0.93	0.11	0.18	0.74	-	0.05	0.07
Veracruz	3.04	2.49	0.55	1.30	1.13	0.19	0.21	0.21
Coatzacoalcos	1.57	0.56	1.01	0.11	0.42	0.15	0.06	0.83
Progreso	0.47	0.42	0.05	0.03	0.40	0.04	-	-



La entrada y salida terrestre de mercancías de los puertos presenta particularidades importantes en la utilización de los medios disponibles.

El 59% de la carga de altura utiliza el autotransporte y el 41% el ferrocarril, en tanto que el 96% de las exportaciones llega a los puertos por camión. El relativo equilibrio en el movimiento total obedece, principalmente, a la participación del transporte ferroviario en el desalojo de graneles agrícolas y minerales.

El movimiento terrestre del tráfico de cabotaje muestra marcada tendencia al uso del autotransporte, ya que el 82% del total se maneja por este medio. La causa de esta preferencia reside en que la carga está integrada, principalmente, por productos de consumo básico que, en gran medida, son transportadas por el sistema de transbordadores en los propios camiones.

**Capítulo II**  
**CONCEPTOS BASICOS**  
**SOBRE PLANEACION PORTUARIA**

## II. CONCEPTOS BASICOS SOBRE PLANEACION PORTUARIA

El capítulo tiene por objeto establecer una serie de conceptos generales sobre planeación portuaria.

Inicialmente, considera el proceso general de planeación portuaria desde un punto de vista sistémico, examinando los rasgos característicos que adopta el proceso para cada uno de los distintos tipos de conjuntos portuarios que se han venido analizando.

Se tratan igualmente las cuestiones relativas a los datos básicos para la planeación referentes a la selección del sitio, la demanda y la oferta de servicios portuarios y el proyecto portuario propiamente dicho.

Se incluye el ejemplo de un análisis de selección de sitio para un nuevo puerto y se plantea la relevancia y problemas que presenta la obtención de la información sobre la demanda de servicios para los distintos sistemas portuarios tratados, así como cuestiones relativas a los datos necesarios para el proyecto portuario.

El capítulo concluye con un examen sobre la evaluación económica y financiera de los proyectos portuarios.

### 2.1 Proceso de planeación portuaria

El esquema que se presenta enseguida servirá de base para el desarrollo de los dos capítulos siguientes. Constituye en si una presentación sintética del proceso de planeación portuaria desde un punto de vista siste

mico y comprende cinco etapas que conducen finalmente a la obtención de un plan maestro. (Figura 2.1)

- 1a. etapa. Se establecen los objetivos que pretenden alcanzarse con el proyecto y la forma de medir y evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de ellos.
- 2a. etapa. El sistema deberá descomponerse en un conjunto de subsistemas. Para cada uno de ellos, habrá que definir diversas alternativas con las cuales se integrarán las alternativas de solución para el sistema.
- 3a. etapa. Con base en los criterios técnicos económicos, sociales y políticas establecidas en la primera fase, se evalúan y seleccionan las mejores opciones.
- 4a. etapa. Cada una de las alternativas seleccionadas se analiza con mayor detalle con datos y estudios más precisos y específicos y se someten a un nuevo proceso evaluatorio que permita verificar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos.
- 5a. fase. Como resultado de la evaluación anterior, se selecciona la mejor alternativa a partir de la cual se producirá en forma detallada el plan maestro del puerto.

## 2.2 Sistemas portuarios comerciales

Los rasgos característicos de la aplicación de la secuencia anterior en la

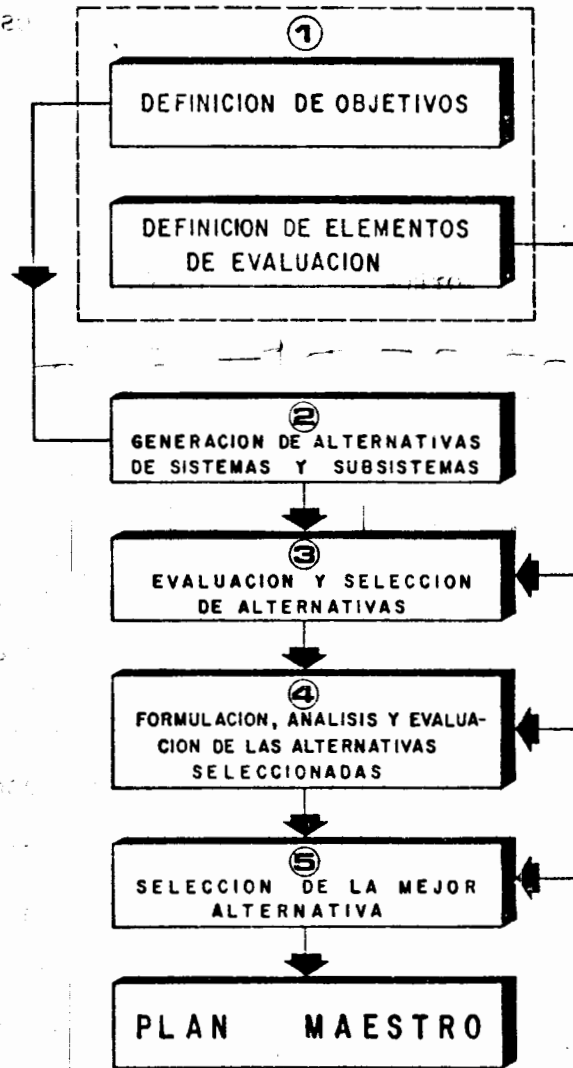
**PROCESO DE PLANEACION PORTUARIA**

Figura 2.1

planeación de un sistema portuario comercial corresponden a la definición de objetivos, a la de las bases de medición y evaluación del cumplimiento de tales objetivos y a la de los subsistemas integrantes. Conforme con ello se hacen los siguientes planteamientos.

#### Objetivo

El objetivo de un sistema portuario comercial es manejar, bajo un principio de costo mínimo, los volúmenes de carga que fluirán por el puerto en distintos horizontes de planeación.

#### Bases de medición y evaluación

Estas bases se apoyan en considerar los siguientes factores:

- Eficiencia y grados de congestionamiento para los distintos flujos de carga según los esquemas operativos que se propongan.
- Efectos sobre sistemas portuarios vecinos, costos asociados y variaciones consecuentes en el flujo de carga para una situación dada.
- Interacción con otros proyectos de desarrollo en la región, incluido el aspecto urbano.

#### Subsistemas integrantes

Los subsistemas normalmente considerados se asocian fundamentalmente a:

- La selección del sitio de ubicación del proyecto.
- La oferta de servicio, las distintas opciones para el manejo de la carga.
- Disposición de los elementos integrantes de la infraestructura portuaria.

- Dimensiones de dichos elementos.

### 2.2.1 Análisis de rasgos característicos

La definición del objetivo del puerto, que es manejar determinados volúmenes de carga bajo un principio de costo mínimo, involucra consideraciones sobre dicho volumen y el concepto de costo mínimo.

En un sistema portuario comercial, su razón de crecimiento estará en función de los incrementos de carga, los cuales, a su vez dependen del desarrollo de la zona de influencia del puerto. Es este desarrollo el que configura la demanda total de servicios que requerirá dar el puerto a la carga y a los barcos.

Por otro lado, el principio de costo mínimo tiene particular significación si se considera que de cada viaje redondo de un barco más del 40% de ese tiempo corresponde a su permanencia en puerto y de él, más del 60% lo constituye su estadía junto al muelle durante la carga y descarga. De aquí la preocupación de minimizar los costos relativos a estos conceptos.

Por lo que se refiere a las bases de medición y evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos, señalaremos, en primer lugar, que el incremento en el flujo de carga tendrá dos repercusiones en términos de costo, una que se relaciona con las inversiones en infraestructura y equipamiento para atender la demanda y otra que resulta de los sobrecostos de estadía de barco en puerto debido al congestionamiento. En este sentido el proceso evaluatorio se refiere a la combinación óptima de estos dos costos.

En segundo lugar, cuando el análisis de un puerto involucra de alguna manera el efecto que tendrá su evolución sobre puertos vecinos, es un factor significativo de evaluación las repercusiones que tendrán las mejoras introducidas en el sistema en estudio sobre tales puertos en términos de desviación de cargas que reduciría los volúmenes manejados por ellos, lo cual, a nivel de un conjunto regional y aun nacional de puertos, podría reducir los beneficios del proyecto examinado sólo a nivel individual.

La tercera base planteada se asocia con el grado de compatibilidad que tenga el nuevo proyecto con otros de la región donde se ubique, con las demandas en materia de infraestructura general y costos consecuentes, con las posibilidades de disponer de apoyos en materia de mano de obra, servicios, etc., y con otras cuestiones de tipo político y social.

### 2.3 Datos para la planeación

A partir de los conceptos enunciados en el inciso precedente, se examinará el tipo de información que apoya al análisis y decisiones sobre:

- Selección de sitio
- Demanda de servicios portuarios
- Oferta de servicios portuarios
- Proyecto portuario

#### 2.3.1 Selección de sitio

El análisis de ubicación de un puerto debe contemplarse desde dos pun-



tos de vista, el derivado de la conveniencia o necesidad de la existencia de una terminal portuaria y el que está vinculado a la selección del mejor emplazamiento físico.

Conforme con esto, se harán, en primer término, algunas consideraciones sobre la conveniencia de establecer una terminal portuaria para analizar enseguida, con mayor amplitud, cuestiones relativas a su emplazamiento físico.

a. Necesidad de establecer una terminal

Esencialmente esta necesidad deriva de consideraciones económicas para impulsar o apoyar actividades comerciales, industriales o turísticas; iniciar o acelerar el crecimiento de una región costera o para responder a decisiones estratégicas de un país para desarrollarlo.

Conforme con lo anterior, las bases que sustentan la decisión varían según el sistema portuario de que se trate. Examinemos enseguida los casos de los sistemas que hemos venido considerando.

- Sistemas portuarios comerciales

Dadas sus características, la decisión sobre la conveniencia de su desarrollo se basa principalmente en las necesidades para transferir materias primas, manufacturas y, en general, un conjunto de productos que una cierta región por razones de economía de transporte pueda enviar por vía marítima a los mercados nacionales e internacionales.

les y se haga lo propio, recibiendo por la misma vía aquellos elementos que requiera dicha región para complementar sus consumos.

De aquí entonces que la base de decisión sean la magnitud de la carga por manejar asociada a los costos de transporte correspondiente.

No debemos, sin embargo, dejar de puntualizar que otro factor a considerar es la conveniencia que por razones de estrategia de desarrollo regional pudiera haber para asignarle al puerto una función de estímulo para ese desarrollo al facilitar el intercambio de productos diversos.

Sistemas portuarios especializados

La necesidad de su existencia está condicionada más bien a la decisión relativa sobre el aprovechamiento del recurso que va a apoyar. Esto es, una vez que se ha establecido la factibilidad sobre la explotación de un cierto recurso natural, el puerto es solo un elemento más del conjunto requerido para su explotación o comercialización.

Para el caso de puertos destinados a apoyar la explotación de minerales, su emplazamiento está condicionado al sitio donde esté el recurso por lo que la decisión se reduce a identificar el sitio en la costa que ofrezca mayores ventajas para trasladar el material desde el lugar de la explotación hasta la terminal.

En materia pesquera, las consideraciones son análogas con respecto a la ubicación de los recursos por explotar, de manera que el puerto -

tenga una localización estratégica que haga más eficiente la operación de la flota que elevará las capturas.

Para el caso de puertos receptores de materias primas a granel, también es común que el sitio de implantación del proyecto responda a las necesidades de procesamiento y comercialización de dichas materias, buscando sólo tratar de identificar el mejor lugar, desde el punto de vista marítimo, para establecer el puerto en áreas inmediatas a las instalaciones de tierra.

#### - Sistemas portuarios industriales

La conveniencia económica de su existencia es motivo del análisis y decisiones que rebasan con mucho el de la simple evaluación de un proyecto portuario y corresponde más bien a decisiones de carácter estratégico de un país y responden a la necesidad de propiciar un desarrollo regional.

De lo anterior se desprende que su ubicación quedará condicionada al proceso de selección de la región donde decida implantarse el proyecto y a partir de ello, se procedería a la identificación del mejor sitio para realizar las obras requeridas.

#### b. Emplazamiento físico

Una vez definida la región, por razones de política de desarrollo económico y social regional o nacional, se plantearán diversas opciones de

localización del futuro puerto. Para cada una de ellas, se analizarán tres grandes grupos de factores determinantes de la localización: los físicos, los socioeconómicos y los políticos y se propone, a título de ejemplo, una forma de analizarlos en conjunto en un proceso de toma de decisión.

#### - Factores de localización

Los factores de localización del puerto dentro de la región preestablecida, se agrupan en los de carácter físico, los socioeconómicos y los políticos. Cada uno de ellos, según el tipo de puerto de que se trata, tendrá diferente relevancia, por lo que conviene precisar una jerarquización según una cierta escala numérica, a estos números los denominaremos números de ponderación.

Así, si esta escala es de 1 a 3, la jerarquización de factores quedaría como sigue:

Is

Cuadro 2.1  
Números de Ponderación

Factores	Sistema Portuario				
	Comercial	Industrial	Especializados	Pesquero	Turístico
Físicos	3	3	1	2	2
Socioeconómicos	3	3	1	2	3
Políticos	2	3	1	2	1

ab

A su vez, cada uno de estos conjuntos está integrado por una serie de elementos los cuales tienen relevancia particular dentro de su conjunto, a la que puede asignársele un cierto valor dentro de una escala numérica. Por ejemplo de una escala de 1 a 5 los elementos componentes de cada uno de los tres factores citados quedarían calificados de la manera que se indica.

Cuadro 2.2

## Números de relevancia

Factores físicos	Relevancia (R)
a) Oleaje	5
b) Vientos	3
c) Corrientes	1
d) Mareas	2
e) Acarreo litoral	5
f) Topografía	3
g) Batimetría	4
h) Geología superficial	3
i) Morfología costera	2
j) Mecánica de suelos	3
k) Hidrografía	2
l) Disponibilidad de los materiales	4
m) Sismicidad	1
n) Areas para desarrollo	5
o) Aspectos ecológicos	4
Factores socioeconómicos	Relevancia (R)
a) Carreteras	5
b) Ferrocarriles	5

Factores socioeconómicos		Relevancia (R)
c)	Energía eléctrica	3
d)	Comunicaciones	1
e)	Actividades primarias	3
f)	Actividades secundarias	3
g)	Actividades terciarias	2
h)	Estructura demográfica	1
i)	Estructura ocupacional	2
j)	Estructura educativa	3
k)	Apoyo urbano	2
l)	Tenencia de la tierra	5

Factores políticos		Relevancia (R)
a)	Estructuras locales de poder y territorialidad	4
b)	Organizaciones sindicales	3
c)	Organizaciones ejidales y comunales	4
d)	Organizaciones socio-políticas	1

### c. Ejemplo

Con base en los elementos anteriores, supongamos que se analizan los lugares A y B, para ubicar un puerto general o comercial. De acuerdo al análisis que se haga de cada uno de los distintos factores será la calificación específica que se les asigne. Así para el ejemplo supondremos:

Factores	Puerto A			Puerto B		
	Físico	Socioec.	Político	Físico	Socioec.	Político
a	10	8	7	7	7	8
b	8	6	8	9	9	8
c	10	9	6	10	8	8
d	10	10	9	10	6	6
e	10	8	-	6	7	-
f	6	8	-	10	6	-
g	7	8	-	9	6	-
h	8	6	-	8	10	-
i	10	8	-	7	7	-
j	7	9	-	3	7	-
k	8	6	-	4	9	-
l	9	8	-	5	9	-
m	10	-	-	9	-	-
n	10	-	-	7	-	-
o	8	-	-	6	-	-

Las calificaciones anteriores se ponderan multiplicando cada calificación por el número de ponderación relativa correspondiente:

Factores	Físico	Socioec.	Político	Físico	Socioec.	Político
a	50	40	28	35	35	32
b	24	30	24	27	45	24
c	10	27	24	10	24	32
d	20	10	9	20	6	6
e	50	x 24	-	30	21	-
f	18	x 24	-	30	18	-
g	28	16	-	36	12	-
h	24	6	-	24	10	-
i	20	16	-	14	14	-
j	21	27	-	9	21	-

Factores	Físico	Socioec.	Político	Físico	Socioec.	Político
k	16	12	-	8	18	-
l	36	40	-	20	45	-
m	10	-	-	9	-	-
n	50	-	-	35	-	-
o	32	-	-	24	-	-
Suma	409	272	85	331	269	94

Finalmente de acuerdo al tipo de sistema que se analice se le da el peso específico a cada uno de los grupos de factores, multiplicando las ponderaciones obtenidas en el punto anterior por el peso específico respectivo y elegimos el sitio que obtenga el mayor valor. Conforme con ello, en el ejemplo se tendrá:

Para el puerto A:

Factores físicos	$409 \times 3 =$	1 227
Factores socioeconómicos	$272 \times 3 =$	816
Factores políticos	$85 \times 2 =$	<u>170</u>
Evaluación final:		2 213

Para el puerto B:

Factores físicos	$331 \times 3 =$	993
Factores socioeconómicos	$269 \times 3 =$	807
Factores políticos	$94 \times 2 =$	<u>188</u>
Evaluación final:		1 988

Elegiríamos el sitio A.



G. 610187

FAC. DE INGENIERIA  
BIBLIOTECAS  
CONSULTA

## 2.3.2 Demanda de servicios portuarios

El concepto de servicio involucra el conjunto de acciones que se realizan en el puerto con objeto de atender eficazmente a los usuarios del puerto, mencionados en el inciso 1.3.

Este concepto así establecido, corresponde a la expresión tradicional de puerto asimilado exclusivamente como el punto de transferencia entre dos sistemas de transporte. Sin embargo, tal y como se ha dicho, la evolución sobre las funciones que puede desempeñar un sistema portuario tiende a modificar dicho concepto dándole un enfoque más amplio que visualice todas las posibilidades de servicio que puede ofrecer el conjunto de instalaciones que integren un sistema determinado.

Bajo este punto de vista, es posible asimilar el concepto de servicio enunciado a los sistemas portuarios comerciales, a los especializados y a la porción destinada al servicio público de carga y descarga en los puertos industriales. En cambio, no sería tan válido en el caso de las instalaciones destinadas a la descarga de materias primas para su transformación industrial y a la carga de productos terminados derivados del proceso de manufactura que se lleva a cabo en un sistema portuario industrial, ya que para esta situación el objetivo no es llevar a cabo la transferencia de un sistema de transporte a otro sino que la descarga o la carga de barcos son el inicio o el final de un proceso productivo industrial.

791010

Cabe destacar que también en el caso de los puertos pesqueros se modifica tal principio, ya que normalmente no se pretende desarrollar un enlace entre un medio de transporte con otro sino simplemente descargar de una embarcación productos perecederos con fines diversos, entre los cuales el caso menos frecuente es el de transferencia directa del transporte marítimo al transporte terrestre. El concepto de servicio en los puertos pesqueros se refiere, de manera más clara, a la forma de descargar, en el menor tiempo posible, las embarcaciones pesqueras y en tie-rra establecer los sistemas de manejo de acuerdo con el destino que tenga la carga, sea la venta como producto fresco o para su conservación o industrialización.

En materia de puertos turísticos, se establecen también una serie de variantes sobre el concepto tradicional que van desde considerar el servicio como el simple embarque o desembarque de pasajeros y vehículos hasta la atención a los yates individuales en los puertos deportivos o marinas, donde la calidad y eficiencia del puerto se mide más bien en términos de la atención a la embarcación que al pasajero propiamente dicho.

a. Puertos comerciales o generales

Este es el caso clásico en el cual la mercancía que llega al puerto se ve sujeta al proceso de descarga, almacenamiento y desalojo o viceversa. Se involucra dentro del proceso toda la serie de acciones complementarias que presuponen una optimización en el proceso de transferencia.

Sin embargo, bajo la consideración de que el problema de transferencia queda íntimamente asociado a la necesidad de coordinar a los tres usuarios principales del puerto: la carga, el barco y el transporte terrestre, es evidente que la programación de las operaciones del puerto estará estrechamente vinculada a las características de tales usuarios.

Conforme con lo anterior, procederemos a establecer el tipo de información que es necesario obtener sobre la carga, el barco y el transporte terrestre para definir las demandas de servicios.

#### - Carga

En primer término y con objeto de definir la magnitud de la demanda de servicio según el tipo de carga a manejar será necesario establecer una descripción de la carga según su forma de presentación y una clasificación desagregada según su tipo y volumen.

Es evidente que lo anterior condicionará el tipo de equipamiento e instalaciones y definirá la política que seguiría el puerto en materia de operación y desarrollo, así como en lo que se refiere a su enlace con los sistemas de transporte terrestre.

En segundo término, con fines de tramitación y de organización de la transferencia, deberá precisarse el sentido en el que va a fluir la mercancía, esto es, si se trata de mercancía que entra al puerto o que salga del puerto.

La explicación sobre el sentido del flujo se refleja en el tipo de problemas que presentan y son totalmente diferentes. Así, si se trata de exportaciones, la carga que llegará por transporte terrestre deberá almacenarse durante un cierto tiempo, procurando que los problemas de aduana hayan sido oportunamente resueltos. En términos generales esta tramitación es lo que eventualmente puede retardar el proceso de exportación.

En los casos de importación, la tramitación aduanal y la evacuación, por la diferencia de capacidades entre el transporte terrestre y el marítimo, son más lentas. Más aún, la falta de transporte terrestre oportuno y en volumen adecuado puede producir problemas de congestión en el puerto al perderse la capacidad de regulación del puerto por saturación de almacenes y bodegas.

En tercer término, tenemos el aspecto relativo al destino de la carga; mientras mayor sea el número de destinos, mayor será el problema para clasificar y ordenar la carga en los almacenes y programar su estiba o desestiba, lo cual se refleja en la organización de los procesos de carga y descarga.

#### Transporte marítimo

Por lo que se refiere al transporte marítimo, deberán definirse: los tipos de barcos que habrá que manejar, particularmente a sus dimensiones exteriores las que gobernarán, en primera instancia, el tama-

ño del acceso al puerto y las áreas de agua para maniobras de las embarcaciones y, en segunda instancia, su asignación a los muelles disponibles. Sobre el particular, son importantes las consideraciones sobre la eslora del barco ya que en caso de recibir mercancías en embarcaciones que excedan la longitud promedio de los muelles, ello repercutirá en que se inutilice un segundo frente de agua al rebasar el barco dicha longitud.

La otra interrogante básica se refiere a la época de llegada del barco que está en íntima relación con el tipo de carga que se trate, pues mientras la carga general se hace generalmente en barcos de itinerario cuya programación es fácilmente predeterminable, el arribo de buques graneleros está condicionada a demandas industriales, a programación de compra o venta de cosechas, etc.

#### - Transporte terrestre

En este caso debe establecerse la información relativa a la composición del conjunto de vehículos terrestres que moverán la carga que llegue o salga del puerto, dividiendo los porcentajes de la carga total que se manejaran por ferrocarril, cuales por autotransporte y eventualmente la que pueda usar ductos.

De manera particular, para el autotransporte es significativo precisar la distribución por tamaños o con fines de simplificación, analizar la posibilidad de utilizar un vehículo tipo representativo del universo total de camiones que llegan al puerto.

En lo tocante al ferrocarril, el tamaño de los convoyes, asociado al área disponible de patios y maniobras, es el elemento de información más importante. Es frecuente que sobre todo en los puertos comerciales antiguos o que han sido mal concebidos en relación con la ciudad inmediata, la operación del ferrocarril a su entrada o salida y en las maniobras consecuentes, afecte la circulación urbana, causando molestias a la población, a la vez que tales maniobras son riesgosas y poco eficientes.

En el caso de no poder disponer de patios dentro del puerto o cuando menos en áreas vecinas a él, la situación podría motivar restricciones para el uso del ferrocarril que irían desde hacer las maniobras con horarios adecuados para no interferir la vida urbana hasta sustituir buena parte de los envíos por ferrocarril por el autotransporte.

La definición de la manera como se llevará a cabo la transferencia en términos de transporte terrestre es particularmente relevante cuando se trata de manejar carga a granel sin que exista en el puerto una adecuada capacidad de regulación, ya que entonces es fundamental programar el número de unidades de transporte terrestre y sus movimientos a fin de obtener condiciones aceptables de operación en el puerto y evitar congestionamiento de los accesos a ellos.

En el capítulo III se examinarán con mayor amplitud todos los conceptos anteriores involucrando los principios básicos normalmente em---

pleados para definir la magnitud de la demanda de servicios portuarios.

b. Otros sistemas portuarios

En los puertos especializados, la mayoría de la información sobre la carga, su transportación marítima y la terrestre, está condicionada principalmente por los procesos de comercialización del granel líquido o sólido que se maneje.

Para el caso de los puertos industriales, los factores examinados anteriormente son hasta cierto punto irrelevantes para el operador del puerto, ya que las llegadas o salidas de barcos con carga destinada o resultante del proceso industrial no constituye en si un problema de coordinación especial en el uso de los muelles, del equipo de descarga ni mucho menos del eventual uso del transporte terrestre.

En un sistema portuario pesquero, todo se circunscribe a la identificación del tipo, volumen y estacionalidad de los recursos pesqueros que se manejaran en el puerto. A partir de ello se puede precisar la información requerida para la programación de los servicios.

Por lo que toca a los puertos turísticos, normalmente existe una programación anual de arribos de cruceros establecida por las líneas operadoras, lo cual facilita la definición de la demanda de servicios.

En cuanto a las embarcaciones menores, salvo las variaciones por ra-

zanas de estacionalidad, la composición y magnitud de la flota de cada puerto o marina está precisada y con ello, los requerimientos de servicio.

En el cuadro siguiente se resume la relevancia y los problemas que presenta la obtención de información de cada uno de los factores analizados. (Ver cuadro 2.3)

### 2.3.3 Oferta de servicios

#### a. Puertos comerciales o generales

Se ha reiterado que en el caso de los puertos comerciales la eficiencia en el manejo de la carga y el uso de la capacidad de regulación del puerto son factores determinantes en la calificación que se da a la terminal en materia de oferta de servicios. A reserva de tratar con mayor amplitud en el capítulo correspondiente cuestiones relativas a formas de realizar maniobras, medidas de eficiencia y equipo empleado, en estos párrafos se harán consideraciones generales sobre los datos asociados a la oferta de servicios.

En primer término, debe definirse: si la descarga del barco se hará con las grúas del barco o si se demanda de equipo terrestre; si la carga se colocará directamente en un vehículo terrestre, permanecerá corto tiempo en el muelle o deberá ser llevada a una bodega de tránsito o almacenamiento temporal. En segundo término habrá que determinar cual será el medio terrestre de desalojo de la carga.



Cuadro 2.3

	Puertos generales	Puertos especializados	Puertos industriales	Puertos pesqueros	Puertos turísticos
Características de la mercancía	Necesita amplia investigación	Dato de parti- da	No	Definida según tipo	Definida por el usuario
Exportación o importación	"	"	No	Definida	"
Destino	"	Forma parte del estudio de mer- cado	No afecta	No afecta	No afecta
Clase de barco	Fundamental pa- ra proyecto y operación	Dato de parti- da	Barcos tipo	Barco máximo	Barco máximo (cruceros) Composición de flota (normal)
Cuándo llega	"	Datos para pro- gramar operación	No afecta	Fundamental pa- ra proyecto y operación	Definida por los usuarios
Medios de entrada o evacuación	"	Demanda de la operación	"	No afecta	No afecta

De lo anterior se desprende que los datos esenciales son: tipo de equipo para carga y descarga del buque y del transporte terrestre, áreas disponibles para almacenamiento, sea al aire libre (patios) o a cubierto (bodegas y cobertizos) y equipo para manejo de la carga entre el buque y los vehículos de transporte terrestre y los esquemas operativos que se propone implantar.

Esta oferta de servicios, donde quedarán definidos los rendimientos que se pretende obtener para cada tipo de carga, es la base para establecer el proceso más económico de desarrollo, puesto que el modus operandi del puerto determinará, en función de los costos de congestión y de desarrollo, la secuencia óptima de crecimiento de la terminal.

b. Otros sistemas

Para los puertos especializados las consideraciones referentes a la manera de realizar la transferencia se establecen al hacer el diseño de la instalación adecuando a los volúmenes, tipo de producto y frecuencia de llegada de los barcos, el equipo de carga y descarga, su eficiencia, las características del almacenamiento y todo el equipo complementario para el manejo de la carga en el puerto.

En el caso de los puertos industriales, hecha la salvedad del área destinada a servicio público de carga y descarga para la que es válido lo dicho en el caso de los puertos comerciales, el análisis sobre el tipo de operación carece de relevancia, en cambio, la programación relativa al

suministro de infraestructura portuaria, infraestructura industrial y servicios básicos para la industria en cantidad, calidad y oportunidad; la disponibilidad de áreas de tierra urbanizadas para el asentamiento de las factorías; infraestructura para el desarrollo urbano consecuente y en general otros servicios complementarios, constituyen en si la serie de elementos de información relativos a la oferta de servicios.

Por lo anterior, en sistemas portuarios industriales tal información corresponde a la identificación clara del perfil industrial del puerto que comprende: tipos de industria, tamaños, nivel de procesamiento alcanzado, industria complementaria, empleos generados, servicios de apoyo en el puerto y fuera de él, etc.

#### 2.3.4 Datos más relevantes para el proyecto

Estos datos están referidos a los elementos de apoyo que se requieren para proyectar los distintos componentes de la infraestructura portuaria, que normalmente podemos dividirla en la correspondiente a la zona marítima y la de la zona terrestre. (Figura 2.2)

Para la zona marítima se aplican al análisis de ubicación, disposición en planta, diseño y construcción de rompeolas, escolleras, dragados, rellenos y reclamación de tierras, espigones, muros de protección, obras de amarre y atraque; obras de drenaje submarino y tuberías bajo agua; obras de prevención y control de la contaminación marina, etc.

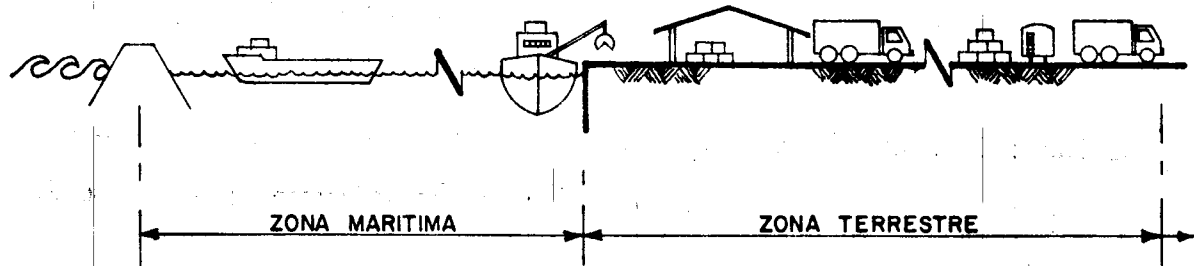


Figura 2.2

En el caso de la zona terrestre se utilizan para el proyecto de bodegas, patios, áreas de maniobras de vehículos terrestres, accesos, suministros de agua y energía eléctrica; sistemas de drenaje pluvial y de aguas negras e industriales; manejo de desechos líquidos y sólidos, etc.

De estos grupos hay información que puede utilizarse para ambos casos variando sólo la forma de su interpretación.

a. Datos para el proyecto de obras en la zona marítima

Comprenden básicamente los distintos fenómenos marítimos y algunos de tipo meteorológico, morfológico y geológico.

- Marítimos
  - . Oleaje
  - . Mareas

- . Corrientes
- . Características físico-químicas y biológicas del agua de mar

- Meteorológicos

- . Vientos
- . Precipitación y humedad
- . Nubosidad
- . Temperatura

- Morfológicos y geológicos

- . Forma y composición de la costa
- . Topografía costera y batimetría
- . Características y estratificación del fondo marino
- . Características del material playero
- . Procesos de erosión y sedimentación
- . Disponibilidad de bancos de roca y de agregados

b. Datos para proyectos de obras en la zona terrestre

De manera específica comprenden:

- Datos físicos generales

- . Topografía
- . Tipo y usos del suelo
- . Propiedades físicas de los suelos para diseño de cimentaciones, dragados y rellenos

- . Características ambientales y ecológicas
  - . Potencial hidráulico y usos del agua
  - . Régimen fluvial
  - . Drenaje superficial
  - . Intrusión salina
  - . Régimen sísmico
- Datos de infraestructura general
- . Red vial (carretera y ferroviaria)
  - . Suministro de agua potable
  - . Sistema de drenaje y alcantarillado
  - . Comunicaciones aéreas
  - . Energía eléctrica
  - . Teléfono y telégrafo
  - . Apoyo urbano y de servicios generales

Las bases teóricas, sus métodos de análisis y aplicación en cada caso sa len del alcance de este curso y se remite a la bibliografía consignada - al final de los apuntes.

### c. Obtención de información

La obtención de la información, profundidad, tiempo de observación y métodos de análisis, están asociados directamente a la fase del proyecto - de que se trate; de esta manera se tendrá por ejemplo:

Fase	Información requerida
Anteproyecto o proyecto preliminar	Información indirecta de tipo estadístico o documental ya existente sobre fenómenos marítimos, meteorológicos, etc. Reconocimientos y exploraciones locales, datos in situ derivados de observaciones preliminares o de encuestas rápidas.
Proyecto general	Campañas intensivas de medidas para complementar y adecuar información estadística ya obtenida. Reconocimientos y encuestas complementarias para reforzar información obtenida en la fase previa.
Proyecto detallado	Campañas de medidas sistemáticas realizadas durante periodos no menores de un año, complementadas con campañas intensivas. Información específica para problemas especiales. Empleo de modelos físicos y matemáticos con verificaciones in situ.

#### 2.4 Evaluación económica y financiera

En la toma de decisión para un proyecto portuario hay que proceder a la evaluación financiera y económica de éste. Como se recordará, la evalua

ción financiera calcula una rentabilidad comercial y no proporciona el total de información requerida para la toma de decisiones, en tanto que la evaluación económica, en la que se comparan costos y beneficios sociales del proyecto para el país, es la que apoya mejor sobre la conveniencia de realizar o no el proyecto.

Ambas son iguales en tanto que requieren de una secuencia de costos y beneficios durante la vida útil del proyecto. En ambas se considera el valor del dinero en función del tiempo y utilizan indicadores tales como la tasa media de rendimiento, el plazo de reemplazo, valor neto actualizado, tasa interna de rendimiento (TIR) o la relación beneficio-costos. La diferencia fundamental entre las dos, es en los conceptos de costo y beneficio involucrados.

Para el caso de la evaluación financiera, los costos comprenden los estudios preliminares, la preparación del proyecto, la adquisición de la tierra, el equipamiento y la operación de las instalaciones en tanto que los beneficios financieros se cuantifican como la diferencia entre los ingresos resultantes con la operación de las nuevas instalaciones y los que se habrían obtenido sin ellas.

Bajo el punto de vista financiero, la justificación de un proyecto estriba en que a partir de una tarifa y una vez cubiertos todos los costos, incluidos los de depreciación anual, los ingresos netos obtenidos cada año permitirán amortizar intereses del capital y compensar los intereses no



percibidos por el capital invertido en el propio puerto.

La evaluación económica por su parte considera el manejo de los costos bajo el principio de costos de oportunidad, y los beneficios de economía de escala al utilizar barcos que permitan transportar la carga a un costo inferior por tonelada, las reducciones del tiempo de permanencia del barco en puerto, y de la carga en las bodegas de la terminal, la disminución en los costos de transporte terrestre y otros beneficios indirectos como podrían ser el estímulo e incremento de la actividad económica regional, el estímulo a las exportaciones, etc.

#### 2.4.1 Beneficios de un proyecto portuario

El cálculo de los beneficios de una inversión portuaria presenta ciertos problemas teóricos y prácticos, debido a que esos beneficios no se limitan exclusivamente al ámbito portuario sino que se extienden a otros sectores y grupos de intereses.

Los beneficios directos del puerto son beneficios financieros, mientras que los beneficios de los usuarios son por lo general considerados como beneficios económicos. El problema principal reside en la cuantificación de estos últimos.

En términos generales, los beneficios de un proyecto de inversión portuaria pueden agruparse en tres categorías:

- beneficios directos para el puerto
- beneficios para los usuarios de los servicios portuarios
- beneficios indirectos para los proveedores de los distintos insumos del proyecto.

En el cuadro 2.4 se hace una relación de los beneficios anteriores, pero debe señalarse que una inversión portuaria no necesariamente da lugar a todos ellos; más aún, algunos de ellos, por su carácter, no produzcan ningún aumento neto de los beneficios nacionales por ser pagos por transferencia dentro del país o por que se transfieran, aunque sea temporalmente, fuera de él.

#### 2.4.2 Métodos de evaluación

Los métodos más comúnmente usados son:

- el de la tasa media de rendimiento
- el del plazo de amortización
- el del valor neto actualizado
- el de la relación beneficio costo, y
- el de la tasa interna de rendimiento.

Con el siguiente ejemplo se ilustrará cada uno de esos métodos.

Ejemplo:

Un puerto va a adquirir una grúa que cuesta 4.5 millones de pesos y se ne

Quadro 2.4

POSIBLES BENEFICIOS DE LA INVERSION PORTUARIA

I	II	III
Beneficios directos para el puerto	Beneficios para los usuarios del puerto	Beneficios indirectos para los proveedores de los distintos insumos
<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Ingresos adicionales por derechos pagados por los buques</li> <li>ii. Aumento de los ingresos netos de manipulación de la carga</li> <li>iii. Alquiler adicional de terrenos hecho posible por la inversión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Ahorros en el costo del transporte terrestre</li> <li>ii. Ahorros en el costo de manipulación de la carga</li> <li>iii. Ahorros en el costo de los seguros</li> <li>iv. Ahorros en el costo de los intereses del capital inmovilizado en equipo</li> <li>v. Ahorros en el costo de la estancia de los buques en puerto</li> <li>vi. Ahorros en los costos de explotación de los buques, debidos a las economías de escala a que da lugar la utilización de buques de mayor calado, hecha posible por la inversión portuaria</li> <li>vii. Aumento de producción de las industrias usuarias del puerto hecho posible por la inversión portuaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Aumento de los ingresos de la mano de obra relacionados con el puerto</li> <li>ii. Aumento de los ingresos de las industrias relacionadas con el puerto</li> <li>iii. Aumento de los beneficios en virtud del efecto multiplicador, si lo hubiere</li> </ul>

cesitan 500,000 más para instalarla. Se estima que con la grúa los gastos de operación y mano de obra podrían reducirse en 1.1 millón de pesos por año, antes de impuestos, durante 10 años, al cabo de los cuales no habrá nuevos ahorros y el valor de rescate de la grúa será insignificante.

Se supondrá una depreciación lineal del 10% anual o sean \$ 500,000/año; los impuestos a los ingresos son de 33.3%.

	Contabilidad (pesos)	Corriente de efectivo (pesos)
Ahorro anual en efectivo.	1,100,000	1,100,000
Depreciación	<u>(500,000)</u>	
Ingreso adicional antes de impuestos	600,000	
Impuesto 33.3% anual	<u>(200,000)</u>	(200,000)
Ingreso adicional después del impuesto	400,000	
Flujo neto anual de efectivo		<u>900,000</u>

i. Tasa media de rendimiento. Es un concepto contable que representa la relación entre los beneficios anuales medios, después de pagados los impuestos y la inversión neta media en el proyecto o inclusive la propia inversión inicial.

Beneficios anuales medios	400,000	
Inversión neta media (usando depreciación lineal)	<u>5,000,000</u>	2,500,000

$$\text{Tasa media de rendimiento} = \frac{400,000}{2,500,000} = 16\%$$

Si se utiliza la inversión inicial:

$$\text{TMR} = 8\%$$

La decisión se basaría comparando estos valores con el número preestablecido. El uso de este método es simple pero no tiene en cuenta el momento en que se producen las entradas y salidas de caja por lo que no puede emplearse para elegir entre proyectos cuyas entradas y salidas de efectivo no correspondan al mismo periodo.

- ii. Plazo de amortización. En este método el criterio de evaluación es el número de años que se necesitan para recuperar o amortizar la inversión inicial. El plazo se considera como la relación entre la inversión inicial y las entradas netas anuales de efectivo.

$$\text{Plazo de amortización} = \frac{5,000,000}{900,000} = 5.6 \text{ años}$$

Si el plazo es inferior al máximo admisible previamente fijado, el proyecto es aceptado.

Por no considerar la magnitud y distribución en el tiempo del flujo de efectivo durante el plazo de amortización ni fuera de él así como tampoco el distinto valor del dinero en función del tiempo, el método no puede considerarse como un buen sistema de medición de la rentabilidad.

iii. Valor neto actualizado (VNA). Este método permite superar las deficiencias de los anteriores porque se tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Esto es, hay que especificar la tasa de actualización utilizada, tasa que para un caso como el que se ejemplifica, sería el costo de oportunidad del capital para la administración del puerto o sea, el rendimiento que puede obtener el puerto con ese capital dedicándolo a otro uso.

Sea en este caso  $i = 0.1 = 10\%$

VA(B) Valor neto actualizado de los beneficios = 5.530,000

VA(C) Valor neto actualizado de los costos = 5.000,000

VNA de la grúa a una tasa del 10% = 530,000

Esto representa el superávit actualizado que se obtendría después de haber pagado un préstamo y los intereses correspondientes del 10% anual.

En general el proyecto es aceptable cuando el VNA es mayor que cero.

iv. Beneficio-costos. Utiliza el valor actualizado de los beneficios y el de los costos pero en vez de sumarlos algebraicamente, se establece el cociente

$$B/C = \frac{\text{Valor actualizado de los beneficios}}{\text{Valor actualizado de los costos}} = 1.106$$

El proyecto es aceptable para relaciones superiores a 1.

- v. Tasa interna de rendimiento (TIR). La tasa interna de rendimiento es la tasa de actualización más elevada que dará un VNA positivo, o sea, es la tasa de actualización que hará que el valor neto actualizado sea nulo.

En el ejemplo hay que calcular el valor de  $i$  de manera que:

$$VA(B) - VA(C) = 0$$

Usando la expresión  $\frac{900,000}{(1+i)^n} = 5.000,000$

$i$  resulta 12.4% o sea que la TIR sería 12.4%.

- e La decisión se basa comparando la TIR obtenida con la mínima aceptable.

Para finalizar citaremos cuatro preguntas concretas que pueden hacerse en relación con una propuesta de inversión portuaria.

- i. ¿Se justifica la propuesta desde un punto de vista económico y financiero?
- ii. ¿Garantiza la propuesta la mejor utilización de los fondos disponibles?
- iii. ¿Es adecuado el nivel de inversión propuesto en instalaciones adicionales?

iv. ¿Cuál es el momento más oportuno para realizar la inversión?

Para el primer caso, una vez convenida la tasa de actualización, el uso del método del valor neto actualizado o de la relación beneficio costo puede dar la respuesta, aunque si hay duda sobre la tasa a utilizar, es preferible el cálculo de la TIR.

La segunda pregunta que corresponde al caso de tener varios proyectos como posibles y deseables, conviene jerarquizarlos por una parte con base en sus relaciones beneficio costo y por otra usando otro tipo de criterios asociados a prioridades económicas locales, regionales o nacionales.

Para la tercera respuesta es recomendable emplear siempre que sea posible el VNA más que la TIR.

Por último, la oportunidad de inversión puede definirse usando como base el rendimiento del primer año de manera que sea igual al costo de oportunidad del capital o a la tasa mínima requerida de rendimiento.

Finalmente, debe mencionarse que los criterios de evaluación descritos son válidos para el caso de los sistemas portuarios comerciales en los cuales los ingresos derivados del manejo de la carga comparados con los costos consecuentes son la base para la evaluación.

En cambio para un sistema portuario industrial debe recordarse que



- el movimiento de carga no es el elemento fundamental para establecer el programa de desarrollo respectivo,
- la recuperación de las inversiones no se hace por el cobro a los barcos o la carga, en todo caso, estos ingresos son los menos significativos,
- la principal fuente de ingresos para el puerto y la posibilidad de recuperación de la inversión en infraestructura provendrá del usufructo de los terrenos industriales, de los distintos servicios que se les ofrezcan a ellas, de los impuestos que cubran y en general de la actividad económica que se produzca como consecuencia de la operación de las industrias.

De lo anterior se concluye que el caso de los sistemas portuarios industriales su evaluación se semeja más al de un desarrollo industrial de gran escala que al de una terminal portuaria.

**FAC. DE INGENIERIA  
BIBLIOTECAS  
CONSULTA**

**Capítulo III**  
**PROGRAMACION DEL DESARROLLO PORTUARIO**

### III. PROGRAMACION DEL DESARROLLO PORTUARIO

En este capítulo se sientan las bases metodológicas para definir un programa de desarrollo portuario.

Con este objetivo, inicialmente se hacen consideraciones sobre la importancia de enmarcar la planeación portuaria dentro del conjunto de planes generales y regionales de desarrollo.

Se procede enseguida a introducir el concepto de zona de influencia de un puerto y se propone un procedimiento para delimitar dicha zona. En esta parte del capítulo se procura dar relevancia a los conceptos de costo total de distribución y sus componentes los costos de transporte terrestre, los costos portuarios y los de transporte marítimo.

El capítulo continúa con el tema relativo a los pronósticos de carga, destacando en forma especial las consideraciones sobre estimación de la capacidad de un puerto. Se incluye un ejemplo basado en la aplicación de un método simple de cálculo de tal capacidad.

El siguiente tema se refiere a la programación del desarrollo, examinando sucesivamente el proceso de generación de alternativas, y su optimización. Se hace énfasis particular sobre la significación de los costos portuarios en el planteamiento de opciones de solución.

Este capítulo concluye con consideraciones sobre la aplicación de los métodos clásicos de evaluación de proyectos al caso de los sistemas portuarios.

### 3.1 Planes nacionales y planes regionales

La concepción de un puerto como parte de un sistema ha sido ya puntualizada en los dos primeros capítulos. Partiendo de ella, debemos ahora recalcar la necesidad de plantear la importancia de programar el desarrollo portuario considerando al puerto como parte de un sistema nacional o regional de puertos; esto es, no es posible tomar al puerto en cuestión en forma aislada y soslayar el impacto de su posible desarrollo sobre puertos vecinos o sobre los puertos de todo el país, dependiendo de su magnitud.

Por otra parte igualmente importante es vincularlo, en términos de capacidad a la de la red de transporte terrestre que lo sirven.

Lo anterior significa en conjunto que para definir:

- tamaño del puerto
- secuencia de desarrollo

se requiere precisar el papel que jugará el puerto en el contexto del desarrollo de la región donde se ubica de la costa o del país, para poder establecer la extensión de su zona de influencia y formular los pronósticos de tráfico correspondientes.

De igual manera, la capacidad y características de la red de transporte terrestre que sirve al puerto será determinante para definir, por una parte, la asignación óptima del tráfico que se mueva por el puerto con destino o proveniente de su zona de influencia y por otra podría en un momento dado, condicionar la secuencia de desarrollo de la terminal al excederse, por ejemplo, su capacidad y producir problemas de congestión de las instalaciones del puerto que no se resolvería simplemente o de manera económica con la sola ampliación de tales instalaciones.

Conviene reiterar que todos los planteamientos que se hagan en este capítulo relativos a la programación del desarrollo de un puerto implica siempre mantener en mente que deben quedar enmarcados en el contexto de un plan regional o nacional de desarrollo portuario.

### 3.2 Zona de influencia de un puerto

La zona de influencia de un puerto (hinterland) comprende el conjunto de centros productores y consumidores que manejan sus excedentes o déficits de satisfactores por el puerto en cuestión.

La determinación de la zona de influencia de un puerto es un elemento de fundamental importancia para un sistema portuario de tipo comercial, en cambio, no lo es para un puerto especializado en el manejo de minerales, o para un puerto industrial.

La razón ~~es~~ que, en el caso de los puertos de tipo comercial, su relevancia va aparejada con la del movimiento de carga por el puerto y este movimiento, a su vez, está en estrecha asociación con la potencialidad y dimensión de la zona de influencia del puerto.

Para un puerto especializado, hemos dicho que su ubicación obedece a razones de localización y explotación de un recurso mineral, por ejemplo, y su tamaño está en razón directa de los programas de comercialización del recurso, por lo cual carece de sentido hablar de una zona de influencia.

En el caso de los puertos industriales, la aplicación del concepto específico de zona de influencia quedaría referida a la porción del mismo en la cual se lleven a cabo operaciones análogas a las de un puerto comercial, pero es evidente que siendo el objetivo principal del sistema apoyar el desarrollo industrial, la magnitud del movimiento de carga, conceptualizado en forma tradicional, no es relevante.

A partir de estas observaciones, centraremos nuestra atención en el análisis y definición de los límites de la zona de influencia de un puerto comercial.

La delimitación de la zona de influencia tiene como base de información los costos de transporte terrestre, los costos portuarios y los de transporte marítimo que asociados al conjunto de productos que podrían manejarse por el puerto en cuestión y sus correspondientes orígenes o

destinos permitirán integrar el costo total mínimo de distribución con el cual se hará la definición de la zona de influencia del puerto.

### 3.2.1 Costo total de distribución

Se entiende por costo total de distribución la suma de costos en que incurre la carga en su movimiento desde un origen a un destino dados.

Lo anterior significa que el costo total de distribución comprende:

- costo de transporte terrestre
- costos portuarios
- costo de transporte marítimo

En el proceso para definir la zona de influencia de un puerto, los límites de tal zona se configurarán con el conjunto de orígenes o destinos que envían o reciben productos de manera que el conjunto de los costos totales de distribución sea mínimo.

### 3.2.2 Costos de transporte terrestre

#### a. Transporte carretero

El análisis de costos de transporte carretero normalmente incluye:

- (i) determinación de la composición de los vehículos comerciales usados para la distribución interna de la carga marítima; (ii) la carga media para dichos vehículos; (iii) estimaciones de los cos--

tos de recorrido para los vehículos representativos, según el estado superficial de camino y tipo de terreno, y; (iv) estimaciones de los costos de operador y ayudante asignados a los vehículos tipo.

i. Composición de vehículos representativos para la distribución interna de la carga marítima.

Esta parte de la información requiere identificar la distribución porcentual de los vehículos que salen o llegan del o al puerto basada en su tipo según el número de ejes y el tipo de combustible empleado. Así por ejemplo en los puertos mexicanos se ha observado una distribución de este tipo.

12%	camiones de gasolina de dos ejes
18%	camiones de gasolina de tres ejes o más
70%	camiones de diesel de tres ejes o más

ii. Carga media de vehículos representativos

Los datos generalmente tienen que obtenerse por muestreo directo. A título de ejemplo se presentan los valores de la carga media de los vehículos indicados en el párrafo anterior.

Camiones de dos ejes	10 ton
Camiones de gasolina de tres ejes o más	8 ton
Camiones de diesel de tres ejes o más	10 ton



iii. Costos de recorrido de vehículos representativos

Los conceptos de costo involucrados comprende para cada uno de los vehículos en estudio:

- . combustibles
- . llantas
- . aceite
- . mantenimiento
- . depreciación

Adicionalmente debe hacerse un ajuste para aproximar estos costos a las condiciones reales de operación. Dichos ajustes comprenden las consideraciones sobre el tipo de terreno, pendiente y grado de curvatura.

iv. Costos del operador y ayudante de los vehículos representativos

Los camiones comerciales normalmente son atendidos por un conductor y un ayudante. Haciendo uso de los niveles de salario promedio, prestaciones y la información de la utilización anual de los vehículos tipo, se pueden estimar estos costos.

v. Matriz de costos de operación de camiones comerciales

El resultado de un análisis de esta naturaleza debe permitir establecer el costo marginal de operación de un vehículo representativo del conjunto, ello con objeto de simplificar el proceso

de análisis de costos de transporte carretero.

En el cuadro siguiente se establecen los factores de incremento de costo marginal de acuerdo con el tipo de superficie y de terreno.

Cuadro 3.1

RELACION DE COSTO MARGINAL DE OPERACION  
DE CAMIONES COMERCIALES

Tipo de terreno	Carretera pavimentada	Carretera sin pavimentar
Plano	1.00	1.20
Lomerío	1.24	1.47
Montañoso	1.43	1.68

b. Transporte ferroviario

Los costos totales de transporte ferroviario pueden calcularse considerando sueldos y prestaciones de personal que opera en camino; consumos de combustible, lubricantes, carburantes y energía eléctrica de trenes y servicios de la red; mantenimiento y refacciones del equipo motriz y rodante; conservación de vías y depreciación de locomotoras y equipo rodante.

En general, para México, el ferrocarril compite con la carretera para cereales y minerales a partir de los 125 kilómetros; en tanto

que para carga general, cuyos costos son relativamente más altos, el rango competitivo empieza a partir de los 340 kilómetros. Estas cifras concuerdan con las observadas en otros países, principalmente por lo que se refiere a carga general.

### 3.2.8 Costos portuarios

El tipo de costo portuario que se involucra en el análisis de delimitación de zona de influencia es el costo portuario variable o sea el que se genera como consecuencia del manejo de la carga en el puerto, esto es, son los costos incurridos en el proceso de descarga o carga del barco y dependen del tipo de carga, de su forma de presentación y de la manera como se lleva a cabo la operación de carga o descarga. Involucran también los costos incurridos por el barco como consecuencia del tiempo de permanencia de la embarcación en el muelle del puerto, esto último, no obstante corresponder en apariencia al costo de transporte marítimo, se toma en cuenta en virtud de que ese cargo es función directa de la operación portuaria.

Consideraremos los conceptos de costo normalmente involucrados para los diferentes manejos de carga.

- i. Costos portuarios variables para graneles sin instalación especializada. Comprende mano de obra, equipo y administración para la parte terrestre, debe adicionarse el costo de estadía de barco que se obtiene a partir del costo diario de estadía, el ritmo de manejo de

la carga y tamaño del lote transportado.

Por ejemplo:

Barco granelero de 20,000 TPM

Costo diario de estadía 9 471 dólares

Ritmo de manejo de carga 850 ton/día

Tiempo de descarga =  $\frac{20000}{850}$  = 23.5 días

Costo total de estadía 23.5 x 9471 = 222 568 dólares

Costo por tonelada 11.1 dólares/ton

- ii. Costos portuarios variables para manejo de graneles con instalaciones especializadas.

El costo de manejo incluye: mano de obra calificada para operación del equipo especializado, mano de obra no especializada, energía y lubricantes, mantenimiento (10% del valor del equipo) y administración general de la instalación.

El costo de estadía del barco se estima de manera análoga al caso anterior.

- iii. Costo portuario variable para carga general suelta. El cálculo es similar al de graneles sin instalación especializada.

- iv. Costo portuario variable para manejo de contenedores.

El costo de manejo comprende mantenimiento de equipo (10% del costo para grúas y 20% para equipo móvil), personal especializado,

energía y administración de la terminal (15% de los gastos). El costo del equipo normalmente se considera en los costos de inversión.

El costo de estadía de barco se obtiene deduciendo del costo total el costo de los contenedores, el resto del análisis es similar al ejemplo dado en i.

#### 3.2.4 Costos de transporte marítimo

Los componentes de costo normalmente utilizados son el costo de capital; los costos de operación que incluyen mantenimiento, reparaciones, tripulación, provisiones, lubricantes, otros insumos, seguros y administración; y el costo de combustible, tanto en navegación como en puerto.

Son particularmente importantes dos parámetros de costo, el costo diario del buque en puerto y el costo diario del buque en navegación. Con el primero es posible determinar el costo que producen la congestión o la falta de equipo adecuado en puerto, que prologan la estadía de un buque y, alternativamente, los ahorros que producirían mejoras tendientes a reducir el tiempo de buque en puerto. Por otra parte, combinando tiempo en puerto y tiempo de navegación, en proporciones variables según la naturaleza del recorrido y las condiciones de los puertos, es posible estimar el costo del transporte marítimo en un tipo de buque y para una cierta ruta y compararlo con el que en condiciones similares produciría la utilización de otro tipo de buque.

En el cuadro 3.2 se presenta una comparación entre los diversos costos de barcos navegando y en puerto, se ha tomado como base el de un barco tipo de carga general en puerto.

Cuadro 3.2

## RELACION DE COSTOS TOTALES DIARIOS PARA BUQUES DE DIVERSOS TIPOS \*

Tipo	Tonelaje peso muerto	Costo total	
		Navegando	Puerto
Carga general	11 000	1.22	1.0
Porta contenedores			
(870 TEU)	16 000	5.1	4.1
(1,100 TEU)	23 000	6.4	5.2
(1,850 TEU)	34 000	8.5	6.9
(2,900 TEU)	48 000	11.5	9.0
Graneleros			
	20 000	1.4	1.1
	30 000	1.9	1.5
	40 000	2.2	1.8
	50 000	2.5	2.0
	60 000	2.7	2.2
	70 000	3.0	2.4

\* Base de comparación: costo total diario de un barco tipo de carga general en puerto.

## 3.2.5 Delimitación de la zona de influencia

Definidos los elementos de costo total de distribución y considerando los

distintos tipos de productos susceptibles de manejarse por el puerto en estudio, el proceso para delimitar su zona de influencia comprende:

- Definir los puertos competidores, a que ellos podrían bajo mejores condiciones de costo absorber volúmenes de carga que eventualmente pudieran pertenecer al puerto en estudio.
- Precisar la red ferroviaria y carretera de la zona en estudio dando las características requeridas para aplicar los conceptos de costo de transporte terrestre.
- Establecer el esquema de orígenes y destinos tierra adentro. Estos orígenes o destinos pueden idealizarse mediante agrupamientos representativos de centros productores o consumidores que ofrezcan características comunes de actividad económica.
- Configurar la red de orígenes y destinos de ultramar en forma análoga al caso de los de tierra adentro. Ello puede hacerse asociando una cierta región a un puerto o un punto sobre la costa de dicha región.

Así por ejemplo, una forma de representación sería:

. Para América del Norte

América del Norte Golfo - Nueva Orleans

América del Norte Pacífico - San Francisco

América del Norte Atlántico - Nueva York

. Para Europa

Europa Norte - Bishop Rock, punto entre Rotterdam y Hamburgo.

Europa Sur - Punto vecino a Génova

Asia - Yokohama

Otros: Punto virtual cuya distancia a las costas mexicanas corresponde a la de Buenos Aires, que no es muy diferente a la de Africa y Australia a nuestros litorales.

Con estos elementos el proceso implica analizar, para una situación dada, todas las posibles combinaciones de rutas y obtener los consecuentes costos totales de distribución.

Esto es, en el esquema de un sistema de puertos, cada producto identificado, asociado a su punto de origen, tiene tantas posibilidades de llegar a su destino como puertos y sus correspondientes combinaciones de transporte terrestre participen en el análisis. (Figura 3.1)

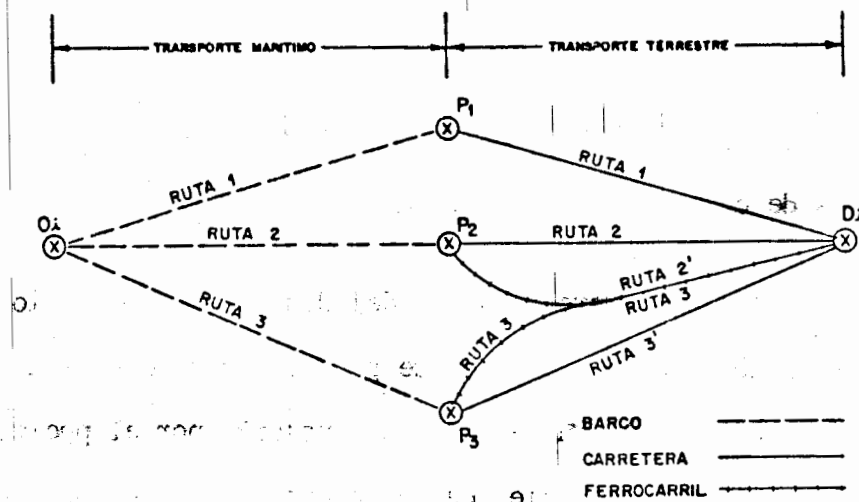


Figura 3.1



El destino  $D_i$  pertenecerá a la zona de influencia del puerto para el cual la ruta seguida arroje el costo mínimo total de distribución.

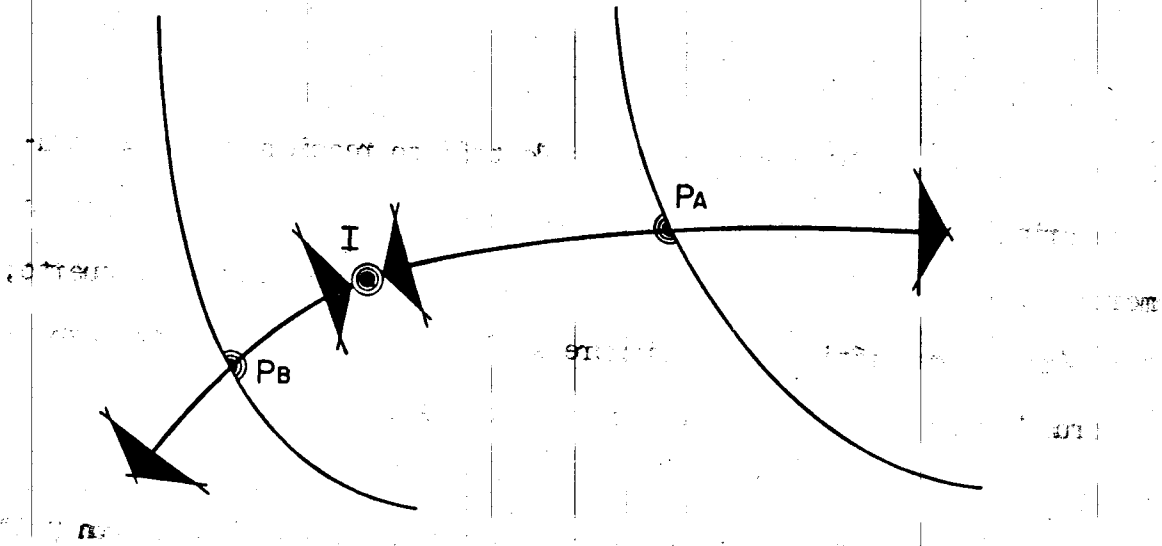
Resumiendo, el esquema que para la situación dada arroje la suma mínima de costos totales de distribución definirá la red de orígenes y destinos tierra adentro que constituirá la zona de influencia del puerto.

Bajo esta forma de análisis y tomando en cuenta que puede haber una amplia gama de productos que se manejarán por el puerto, resulta que no se puede hablar de límites rígidos para la zona de influencia, en todo caso, y concluyendo, el límite de la zona de influencia podría conceptualizarse como la envolvente virtual de los centros de concentración económica que bajo el principio del costo mínimo total de distribución, manejan sus productos por un puerto.

En las figuras siguientes se amplían las consideraciones sobre la flexibilidad del límite de la zona de influencia. (Figuras 3.2 y 3.3)

### 3.3 Pronósticos de carga

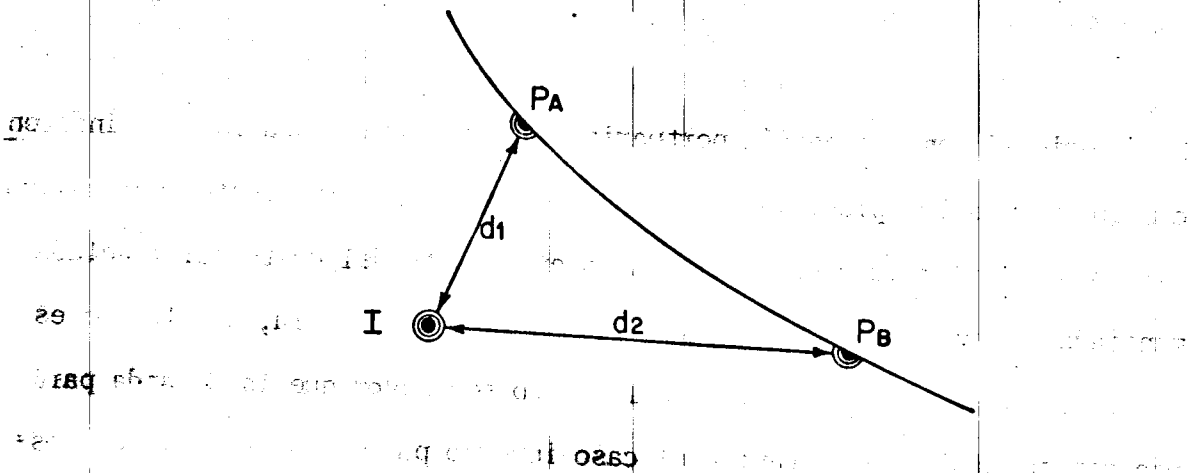
Los estudios básicos para la programación del desarrollo portuario se inician con los pronósticos de tráfico que permitan dar respuesta a las interrogantes del tipo y volumen de carga que pasarán por el puerto, de su forma de presentación y embalaje, de la manera como se transportarán por vía marítima, y del tipo y tamaño de barco que se empleará.



Caso 1

I - Importa y exporta por  $P_A$  hacia el Este y por  $P_B$  hacia el Oeste. I pertenece a la zona de influencia de ambos puertos.

Figura 3.2



Caso 2. -  $d_1 < d_2$  pero  $P_A$  no cuenta con instalaciones especializadas para el manejo de graneles;  $P_B$  si dispone.  
- I puede pertenecer a la zona de influencia de  $P_A$  para todo tipo de carga excepto para graneles en que pertenece a la de  $P_B$ .

Figura 3.3

El problema de establecer pronósticos de tráfico requiere para su solución principalmente de la aplicación de conocimientos sobre aspectos comerciales y de desarrollo económico de la zona de influencia del puerto; las técnicas matemáticas casi siempre se utilizan exclusivamente como instrumento de cálculo pudiendo, en último caso, evitarse.

En general, los pronósticos de desarrollo económico y comercial son poco confiables, particularmente en el caso de los puertos en los cuales, por su vida útil, requieren de programas de desarrollo de largo plazo. Es importante destacar que, adicionalmente a la incertidumbre derivada de pronósticos de largo plazo, es un factor de preocupación la rápida evolución del comercio marítimo y consecuentemente de las embarcaciones utilizadas en él.

La experiencia en planeación portuaria ha hecho manifiesta la gran influencia que tienen los problemas de congestionamiento en los costos portuarios así como la relativa escasa relevancia en aumento del costo por tonelada manejada al incrementarse la inversión en infraestructura, por lo que es más importante que la capacidad del puerto sea mayor que la demanda para una situación dada y en cambio el caso inverso puede generar mayores costos e inconvenientes para el puerto.

En el pronóstico de carga pueden distinguirse tres casos característicos:

- a. Cuando se trata de un puerto nuevo.
- b. Cuando se trata de la ampliación de un puerto existente.

c. Cuando se trata de un sistema portuario industrial.

En el primer caso estamos ante una situación de incertidumbre en la cual juega un papel muy importante la consideración de que, identificados los movimientos que tengan mayor posibilidad de producirse en la etapa de iniciación del puerto, se programe la infraestructura y equipamiento necesarios para iniciar tales movimientos, pero manteniendo presente el principio de que las nuevas instalaciones deberán cumplir el doble propósito de estimular y promover el desarrollo del puerto y de atender adecuadamente la demanda en la medida que se presente.

Cuando se trata de la ampliación de un puerto existente el proceso de pronóstico ofrece mayores bases de información, puesto que buena parte de él se apoyará en el análisis de tendencias y posibilidades de crecimiento de la carga que se ha manejado por el puerto. Para el caso de las nuevas cargas, también el planeador puede disponer de mejores elementos en que apoyar los pronósticos puesto que ellos obedecerán, en condiciones normales, al análisis de procesos de desarrollo consecuencia de programas sectoriales o regionales con metas razonablemente sustentadas y con plazos para llegar a ella acordes con la posibilidad para llevar a cabo las acciones requeridas para satisfacer la demanda que planteen en términos portuarios.

Para los puertos industriales, se ha insistido en que su planeación obedece a razonamientos de planeación industrial en el cual la infraestruc-

tura portuaria debe de responder a las demandas de transporte marítimo - propuestas por las industrias base del desarrollo y, por lo tanto, los - aspectos de pronóstico de tráfico pueden vincularse o a definir el tipo y tamaño de barco que se requiere en términos de los insumos demandados por las industrias.

En estas condiciones, el perfil industrial definido para el proyecto permitirá conocer volumen, tipo y frecuencia de arribo de los distintos insumos requeridos por las factorías. Igualmente, el incremento en el movimiento portuario obedecerá al ritmo de establecimiento de nuevas plantas. Lo anterior significa que la capacidad portuaria requerida para recibir dichos insumos forma parte de la infraestructura industrial y por tanto será la programación de esta infraestructura la que satisfaga las demandas respectivas.

Las técnicas usuales de pronóstico se aplican exclusivamente para las instalaciones de tipo comercial que normalmente quedan incluidas dentro del conjunto del puerto industrial que tienen un lugar secundario en su influencia en la formulación del plan de desarrollo y del dimensionamiento de la infraestructura portuaria general.

Hechas las consideraciones anteriores el procedimiento clásico de pronóstico de tráfico se inicia, agrupando la carga por tipo y por origen y destino de la misma; cargas potenciales en el caso de un puerto nuevo o derivadas del examen detallado del movimiento existente, haciendo este análisis

sis en forma retrospectiva a un lapso no menor de 3 años, para el caso de ampliación de un puerto.

En el agrupamiento por tipo debe ser fácilmente identificable el volumen total, el tamaño de los lotes manejados y el tipo de barco en el que se transportó o se espera manejar.

Normalmente para estos propósitos la carga se acostumbra dividirla en:

- Carga general, que corresponde generalmente a productos manufacturados o semi-manufacturados manejados en lotes relativamente reducidos que pueden cargarse o descargarse sea de manera individual o agrupadas mediante sistemas de unitización que varían desde el uso de plataformas de madera hasta el uso de contenedores. Esto establece una subclasificación para la carga general en carga general suelta, para el primer caso, o carga general unitizada para el segundo, pudiendo aún establecer para esta última la diferencia entre la que se mueve en plataformas y la que se hace por medio de contenedores.
- La carga a granel es la que se maneja en grandes volúmenes con sistemas de carga y descarga acordes con ellos. En este tipo se establecen dos grandes subgrupos, los graneles secos y los líquidos. A su vez, en el primero puede establecerse una subdivisión en graneles minerales y los agrícolas, en tanto que en el segundo se diferencia el petróleo y derivados de otros productos como el azufre, mieles, aceites, etc.

A/ 100

- Por lo que se refiere al manejo de los brígenes-destino de la carga, el análisis deberá apoyarse en los sitios definidos en el estudio de la zona de influencia del puerto para los orígenes-destino nacionales y el criterio de zonificación propuesto para los orígenes-destino de ultramar.

En los puntos de origen-destino nacionales, según la lista de productos involucrados en el pronóstico, se establecerán los análisis de oferta y demanda locales de tales productos para ir integrando los volúmenes potenciales de salida y entrada de satisfactores. Este análisis se haría cuando menos a un siguiente nivel, el regional, con lo cual se configurarían finalmente un cuadro de cargas potenciales de exportación y otro de importación. De manera análoga, en el examen que se haga de la distribución nacional, podrá también definirse el esquema de manejo de cargas enviadas o recibidas por cabotaje, con lo cual quedará completo el conjunto de pronósticos.

Por último, cabe señalar que una parte muy importante del pronóstico de tráfico es la que se realiza a partir de la identificación de los usuarios del puerto, separándolos entre los usuarios actuales, donde queda claramente identificado quienes son, el tráfico que ofrecen, los factores de dependencia para que se utilice el puerto por esa carga y los servicios que demandan y los usuarios potenciales con los que se trataría de hacer un análisis similar. En este proceso debe involucrarse la capacidad del puerto como factor de estímulo o, en su caso, de desaliento del crecimiento de su movimiento de carga.

En ese sentido, la capacidad está acorde con las especificaciones del equipo y la forma de operar del mismo, siendo, en todo caso, esta última la única variable que en un momento dado podría incidir sobre una variación entre la óptima teórica y la real pero, quede claro, que el proceso de determinación de la capacidad es relativamente simple.

Para el caso de los puertos industriales, el concepto de la capacidad portuaria debe circunscribirse exclusivamente a la zona destinada a cumplir con las funciones de una terminal de servicio público de carga y descarga a la usanza de los puertos comerciales en cuyo caso el procedimiento de análisis sería el que se describirá al hablar de este tipo de puertos. Por lo que toca a la porción industrial, las operaciones de carga y descarga de embarcaciones forman parte del proceso industrial y su capacidad podría definirse de la misma manera para dar una terminal especializada.

### 3.3.1 Ejemplo

A título de ejemplo se presenta el resumen metodológico para pronosticar la carga en el puerto de Manzanillo.

Para pronosticar el volumen de carga comercial que se manejará en el puerto de Manzanillo se utilizaron dos métodos. Uno es el macro pronóstico, que se basa en pronosticar volúmenes de carga de grupos de varios artículos. El otro es el micro pronóstico, que es un método que estima el volumen de carga de cada artículo individualmente.



En el caso del macropronóstico se utilizan 2 métodos. Uno es definir las tendencias de la carga a partir de estadísticas y con esa base pronosticar el volumen. El otro es relacionar el volumen de carga manejada en el pasado en el puerto, con índices socioeconómicos del país, tales como población o PIB y pronosticar la carga utilizando estos índices normalmente proporcionados por instituciones autorizadas como el Banco de México.

Para el micropronóstico la carga manejada en el puerto de Manzanillo se clasifica de acuerdo al tipo de embalaje (carga general, granel agrícola, granel mineral, etc.), los micro pronósticos se efectuaron individualmente para los productos significantes y los restantes se efectúan por tipo de embalaje.

Se utilizan 2 métodos para el micro pronóstico. Uno es definir el volumen de carga como resultado del balance de oferta y demanda en el futuro. El otro es relacionar el volumen de carga manejada en el pasado, con los índices socioeconómicos del país.

En forma específica, considerando que el granel agrícola es el artículo más importante que se maneja, en términos de volumen, en Manzanillo, los métodos para pronosticar el volumen de cada cosecha se observan en el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.4.

METODOLOGIA DEL PRONOSTICO DEL VOLUMEN DE CARGA AGRICOLA A GRANEL

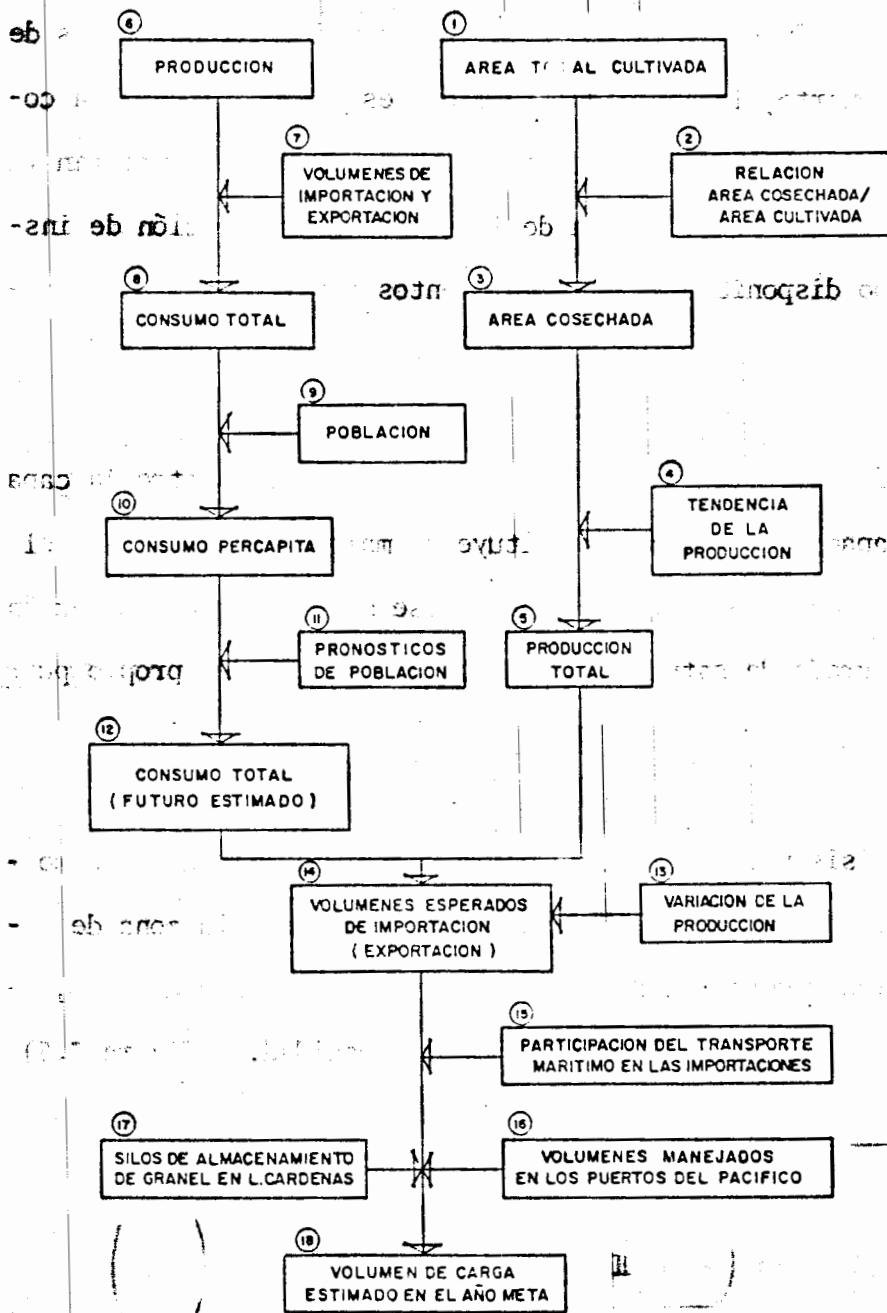


Figura 3.4

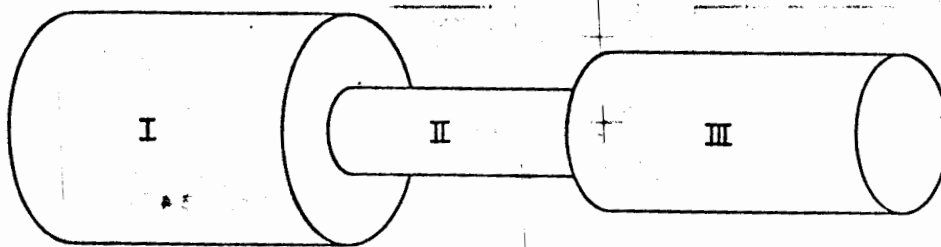
Nota : 6 9 15 16 son estadísticas. Exceptuando estos, todos los demas son pronósticos al año objetivo

### 3.4 Capacidad portuaria

Puertos comerciales. En términos generales hay que definir dos tipos de capacidades de un puerto, la capacidad real que es la que se observa como resultado de la operación de cada una de las áreas que lo integran y la teórica que es la que se obtendría de la simple consideración de instalaciones y equipo disponible y los rendimientos teóricos acordes con ellos.

A partir de esta definición se considera que la diferencia entre la capacidad real y la capacidad teórica constituye el margen de capacidad del puerto y en cierta medida el signo que tenga ese margen sería indicación del mayor o menor grado de saturación o de la eficiencia del propio puerto.

Para fines de análisis puede visualizarse la capacidad del puerto como tres tubos en serie, cada uno de los cuales representaría la zona de atraque, la de carga y descarga de los barcos y la de almacenamiento, siendo la capacidad máxima la porción de menor capacidad. (Figura 3.5)



FASE I  
ATRAQUE

FASE II  
MANEJO DE LA CARGA

FASE III  
ALMACENAMIENTO

Es importante reiterar que en buena medida la capacidad de un sistema portuario está condicionada a la del transporte terrestre que lo sirve, sobre todo si en el puerto hay restricciones en las posibilidades de regulación de la terminal, dándose el caso de presentarse problemas de congestión y estadías prolongadas de los barcos debido a que, por falta de bodegas o almacenes suficientes, el ritmo de descarga se condiciona a la capacidad de desalojo del transporte terrestre.

De aquí entonces, la necesidad de verificar, para los distintos tipos de carga, la capacidad de desalojo del transporte terrestre para compararla con la requerida para que, de acuerdo con las posibilidades de regulación del puerto, se evite el congestionamiento.

#### 3.4.1 Estimación de la capacidad teórica

Un procedimiento usual para estimar en una forma preliminar la capacidad teórica de un puerto es a base del uso de índices de rendimiento. Este método si bien permite un cálculo preliminar de la capacidad y a la vez ubica cuellos de botella, no permite identificar ni las posibilidades ni los efectos que sobre la capacidad tendrían el cambio en el régimen de operación por ejemplo, es decir se trata de un procedimiento estático que señala efectos pero no causas.

La aplicación de este método presupone la necesidad de zonificar el puerto en la parte destinada al atraque de los barcos donde la capacidad se define en términos de rendimiento por metro lineal de muelle, la zona de carga y descarga en la que los índices se referirían principalmente a la

productividad de los equipos de manejo de carga y descarga y la que corresponde a las áreas de almacenamiento en la cual se mediría el grado de rendimiento de las mismas en función del tipo de carga, forma de acomodo y uso de las áreas. Se presentan enseguida valores de los índices de rendimiento y de coeficientes correctivos particulares, para cada una de las tres zonas mencionadas.

a. Zona de atraque

Rendimientos normales por metro de muelle.

Carga general	700 ton/m
Contenedores	2 800 ton/m
Graneles sin inst. especializada	2 500 ton/m
Graneles con inst. especializada	5 000 ton/m

Coefficientes correctores:

i. Calado

Carga general	12 m	$f = 1$
	5 m	$f = 0.8$
Graneles	12 m	$f = 1$
	7 m	$f = 0.5$

ii. Carga media

. Muelles exclusivos para barcos de calendario fijo.	0.5
. Muelles exclusivos para barcos charter.	0.5 a 1.0
. Muelles concesionados para carga general.	1.1
. Muelles concesionados para graneles o muelles de uso público para cargas homogéneas.	1.2

## iii. Número de muelles unificados

Se consideran muelles antiguos que se explotan bajo el mismo -  
régimen y el barco puede operar en cualquiera de ellos..

No. de puestos	1	2	3	4
Coefficiente	1 a 1.05	1.10 a 1.15	1.12 a 1.25	1.3 a 1.35

## b. Zona de carga y descarga

Rendimiento horario medio de grúas (A)

Elemento	Carga general	Carga general pesada	Contene dores	Graneles ligeros	Graneles pesados
Grúa 3 ton	15				
Grúa 3 a 6 ton	25				
Grúa 6 ton	30	60		50	75
Grúa 12 ton	30	100		70	125
Grúa 30 ton	30	150	150	70	160
Grúa 30 ton		150	200		160
Grúa de contenedores			300		

Horas de utilización anual: (B)

Grúas: 1 600

Grúas de contenedor 1 100

Rendimiento anual: (A x B)

Coefficientes correctores

Por vida útil del equipo

	No modernizado	Modernizado
1 - 15 años	1	1
15 - 25 años	0.8	0.95
25 años	0.7	0.9

c. Areas de almacenamiento

Rendimiento de las superficies de almacenamiento

	ton/m2
Indice de apilamiento	
Carga general ligera	0.5
Carga general convencional	2
Carga general unitaria	4
Contenedores	2
Graneles sólidos ligeros	4
Graneles sólidos pesados	6

Número de rotaciones anuales:

Carga general	15
Graneles sólidos	25
Contenedores	25

Grado de ocupación:

	Bodega	Patio
Carga general	0.6	0.75
Contenedores		0.5
Graneles		0.85

## 3.4.2 Ejemplo

Sea el caso de un puerto para el cual se tienen los siguientes datos:

Movimiento previsto (toneladas)

	1985	1990
0		
0.0	75 000	105 000

Análisis de un muelle de carga general:

1 puesto de 130 m

Profundidad actual: 8 m

Tipo de muelle: concesionado

Estructura de la carga: 50% ligera, 50% convencional

Fase I

Rendimiento:

700 ton/m

Longitud:

130 m

Corrección por calado:

0.8

Coefficiente carga media:

1.1

Total:

$700 \times 130 \times 0.8 \times 1.1 = 80\ 080$  ton

Fase II

1 grúa de 3 ton

5 años de vida

Rendimiento:

15 ton/h

Utilización:

1 600 h

2 grúas de 3 a 6 ton:

8 años de vida

Rendimiento:

25 ton/h

Utilización:

1 600 h

Total:

$[15 + (2 \times 25)] \times 1600 = 104\ 000$  ton



## Fase III

Superficie descubierta:	4 500 m <sup>2</sup>
Superficie cubierta:	1 610 m <sup>2</sup>
Indice de apilamiento:	1.25 (media entre 2 y 0.5)
Ciclos anuales:	20 (media ponderada entre cabotaje y exterior)
Grado de ocupación:	Descubierta: 0.75 Cubierta: 0.6

$$\text{Total } (4,500 \times 0.75) + (1,600 \times 0.6) \times (1.25) \times (20) = 108,525 \text{ ton}$$

Capacidad máxima: 80,080 ton

Con base en el pronóstico en 1985 habría que tomar la decisión de ampliar o mejorar la zona de atraque para evitar problemas de congestionamiento al llegar al límite de capacidad dicha zona.

No obstante las limitaciones de este procedimiento, su uso permite definir sobre las mismas bases formas de atender una cierta ley de demanda para los distintos tipos de carga que pueden haberse pronosticado.

En el capítulo relativo al proyecto portuario se establecieron procedimientos más completos y dinámicos para estimar la capacidad de los diversos tipos de instalaciones y poder, en consecuencia, hacer el dimensionamiento correspondiente.

### 3.5 Programación del desarrollo

En este apartado el término programación del desarrollo corresponde a las fases 2 a 4 del proceso de planeación portuaria presentado en el capítulo II, (ver figura 2.1) Sin embargo, las consideraciones que se hacen sobre la evaluación son igualmente aplicables para la fase siguiente previa a la generación del plan maestro.

#### 3.5.1 Generación de alternativas

Esta fase del proceso se refiere a plantear y analizar las distintas opciones que se pueden presentar para manejar un conjunto de productos a través de un puerto en un cierto intervalo de tiempo.

En el inciso 3.2 se hizo énfasis en el carácter dinámico de la zona de influencia de un puerto y la interdependencia que guarda con respecto a la de otros puertos vecinos, de aquí entonces que la generación de alternativas se estudiará también bajo el denominador común de los costos mínimos de distribución y de la mutua influencia que existe de un puerto con respecto a los puertos vecinos que son competidores u ofrecen formas alternativas en el manejo de la carga.

Esto es, no obstante que el análisis se refiera a un solo puerto, por lo dinámico del concepto de zona de influencia, deberán involucrarse los puertos vecinos. Aquí cabe la observación de que el universo de análisis se amplía si en lugar de examinar un solo puerto se trata de establecer

el programa de desarrollo de un conjunto de puertos.

Para desarrollar el proceso, se dispone ya de un conjunto de pronósticos de carga, agrupada en la forma tradicional ya establecida, a distintos horizontes de planeación, mismo que configura la demanda general de servicios del puerto en estudio.

La demanda de servicio se deriva de la asignación de tráfico hecha para el puerto en estudio. Esta asignación no es otra cosa que la definición del volumen de carga que pasará por el puerto en cada horizonte de planeación establecido a partir de las consideraciones de costo mínimo de distribución.

La hipótesis de partida es que la asignación de volúmenes de carga por el puerto en estudio y los vecinos es sólo resultado de aplicar el principio de los costos mínimos totales de distribución, lo cual presupone que no hay restricciones de capacidad en el puerto.

A partir de una primera asignación según la hipótesis anterior, se tendrá definida para cada horizonte de planeación la suma de costos mínimos totales de distribución de cada grupo de productos que representará el costo total de la alternativa en estudio.

Alternativa 0	Puerto sin restricción de capacidad			
	1985	1990	1995	2000
Carga general suelta	$C_1$	$C_1'$	$C_1''$	$C_1'''$
Carga general contenerizada	$C_2$	$C_2'$	$C_2''$	$C_2'''$
Graneles agrícolas	$C_3$	$C_3'$	$C_3''$	$C_3'''$
Graneles minerales	$C_4$	$C_4'$	$C_4''$	$C_4'''$
Suma de costos mínimos totales de distribución	$C_0$	$C_0'$	$C_0''$	$C_0'''$

### 3.5.2 Optimización del proceso

En la etapa de selección de las mejores alternativas destaca en forma relevante la influencia de los costos portuarios asociados al incremento en el volumen de tráfico.

Es incuestionable que el crecimiento del tráfico traerá como resultado un rebase de la capacidad original del puerto; ello podrá resolverse:

- Con mejoras operativas
- Con mejoras de equipamiento
- Con aumento en el número de muelles
- Con una combinación de las tres opciones

Lo anterior es importante en virtud que cualquiera de las acciones para aumentar la capacidad del puerto generará una nueva serie de costos totales de distribución de los cuales los costos portuarios son fundamentales.

Por estas razones, conviene examinar el comportamiento de los costos portuarios, fijos y variables, con respecto al crecimiento del tráfico.

Se ha definido que:

- Los costos portuarios fijos, son independientes del movimiento de carga e incluyen principalmente los costos de instalaciones y equipamiento.
- Los costos portuarios variables son los que se generan como consecuencia del manejo de la carga e incluyen costos de mano de obra, combustibles, conservación y mantenimiento, administración, etc. Se toma en cuenta, igualmente, el tiempo de permanencia del barco en puerto.

El comportamiento de estos costos con respecto al movimiento portuario es diferente. Así, a medida que el volumen de carga se incrementa, los costos fijos, expresados en costo por tonelada, se reducen en virtud de que se prorratan entre un volumen mayor.

Por su parte, la componente variable debe examinarse desde dos ángulos, el que se refiere al costo por tonelada manejada, el cual se mantiene estable hasta que el volumen manejado obliga al empleo de métodos más costosos y sofisticados. (Figura 3.6)

El segundo ángulo está ligado al tiempo de permanencia del barco en puerto, que se integra con el tiempo que el barco está atracado en el muelle

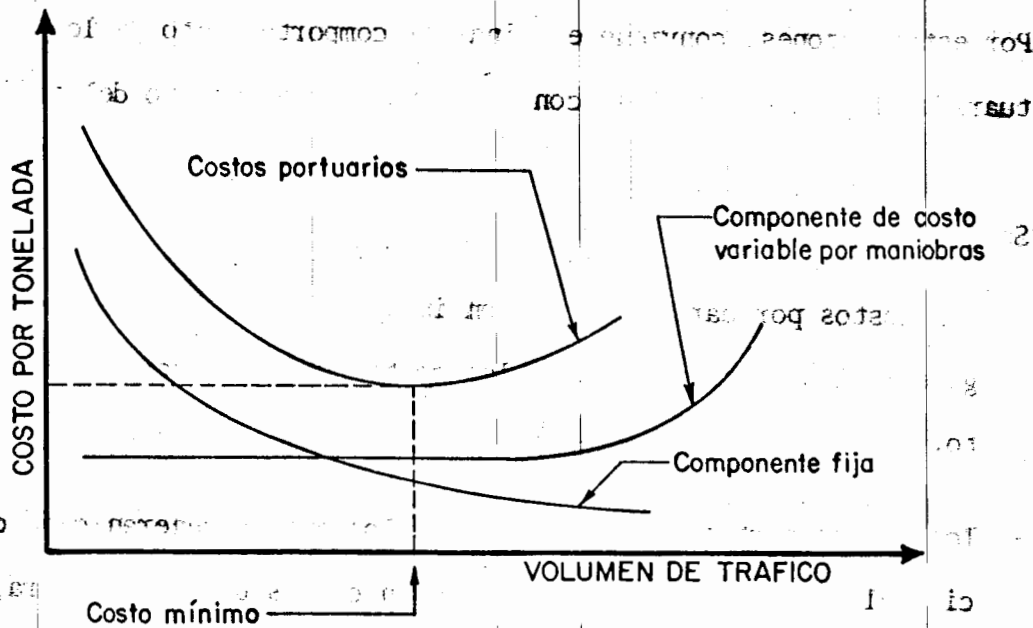


Figura 3.6

y el que pasa el buque en espera de atracar. En este sentido, el tiempo de espera o nivel de congestionamiento se incrementa generando un costo creciente resultado del aumento en las tasas de ocupación de los muelles, aunque el costo por tonelada asociado al tiempo de permanencia del barco en muelle tiende a reducirse al moverse un mayor volumen de tráfico. (Figura 3.7)

Al combinar los elementos del costo portuario total, el valor mínimo es una cifra menor que la que se obtiene tomando exclusivamente las componentes fija y variable ligada a las instalaciones por la influencia que tiene el aumento en el costo variable por concepto del congestionamiento o tiempo de espera del barco. (Figura 3.8)

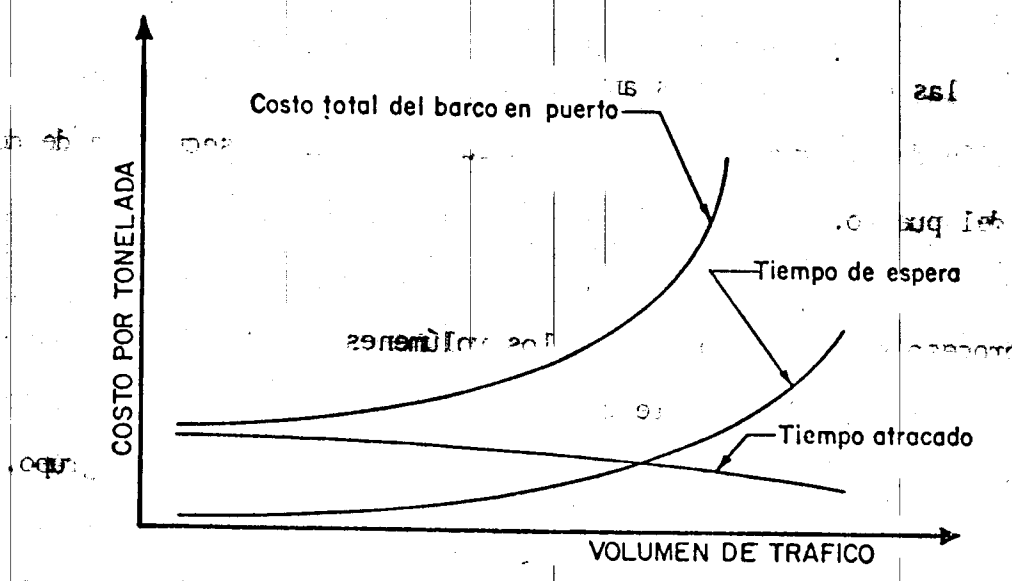


Figura 3.7

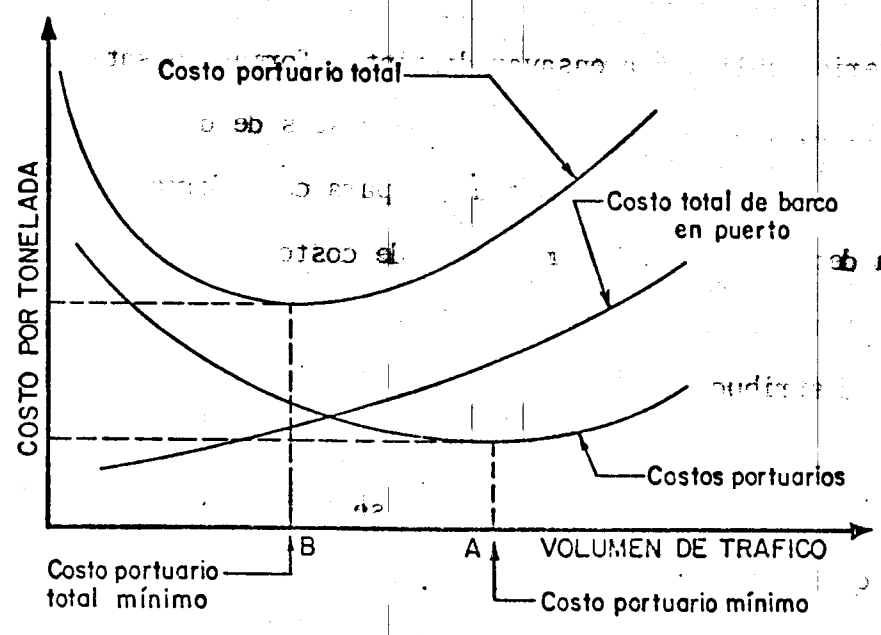


Figura 3.8

Hechas las consideraciones anteriores, describiremos el proceso de optimización de alternativas que conducirá a definir la secuencia de desarrollo del puerto.

El proceso se inicia comparando los volúmenes de distintos grupos de carga para el último horizonte considerado, año 2000 en este caso, con la capacidad disponible en las instalaciones destinadas a cada grupo.

Esta comparación lo más probable es que evidencie un déficit en la capacidad de manejo cuya repercusión en términos operativos y de costo serán tiempos de espera considerables y costos totales de barco en puerto también notables, lo cual a su vez repercutirá en los costos totales de distribución que distarán mucho de ser los mínimos para el manejo de tales volúmenes.

Lo anterior obligará a ensayar distintas formas de satisfacer la demanda respectiva, generándose una serie de costos de distribución y sus tráfi-  
cos correspondientes, de manera que para cada forma de satisfacer una cierta demanda se tendrá una serie de costos consecuentes. El proceso se repetirá hasta obtener el mínimo minimorum de la suma de costos totales de distribución.

De esta manera, para cada escenario se tendrán un conjunto de opciones de la que se selecciona la mejor.



Año 2000	Costos de alternativas analizadas				
Escenario I	$A_1$	$A_2$	$A_3$	...	$A_n$
" Carga general suelta	$C_1$	$C_1'$	$C_1''$	...	$C_1^{n'}$
" Carga general contenerizada	$C_2$	$C_2'$	$C_2''$	...	$C_2^n$
" Graneles agrícolas	$C_3$	$C_3'$	$C_3''$	...	$C_3^n$
" Graneles minerales	$C_4$	$C_4'$	$C_4''$	...	$C_4^{n'}$
Suma de costos mínimos totales de distribución	$C_I$	$C_I'$	$C_I''$		$C_I^n$

Esta forma de proceder, empezando por el último escenario, tiene la ventaja que los análisis subsecuentes correspondientes a las etapas anteriores, 1995, 1990 y 1985 en este caso, requieren de un menor número de alternativas examinadas, ya que sólo se tratará de reducir capacidad en función de la demanda.

En cada etapa del proceso cabe la selección entre aceptar un cierto grado de congestiónamiento y su costo de espera consecuente o hacer la inversión para incrementar capacidad.

Al final del proceso, el resultado dará el conjunto de las mejores alternativas para cada horizonte de planeación, este conjunto de alternativas define la secuencia de desarrollo del puerto. Por ejemplo:

Secuencia óptima	Mejores alternativas de cada escenario			
	1985	1990	1995	2000
A	A			
Carga general suelta	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> "	C <sub>1</sub> '	C <sub>1</sub> '''
Carga general contenerizada	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> "	C <sub>2</sub> '	C <sub>2</sub> '''
Graneles agrícolas	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> "	C <sub>3</sub> '	C <sub>3</sub> '''
Graneles minerales	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> "	C <sub>4</sub> '	C <sub>4</sub> '''
Suma de costos mínimos minimorum totales de distribución	C <sub>IV</sub>	C <sub>III</sub> "	C <sub>II</sub> '	C <sub>I</sub> '''

Nuevamente vuelve a ser evidente que no es posible omitir los efectos sobre puertos vecinos ya que en ellos también puede presentarse algún estado de congestión que afecte el esquema total de costos de distribución, pues si los costos de congestión o de inversión en el puerto examinado dan por resultado un costo total mayor que el manejar el volumen excedente por otro puerto, esto traerá como consecuencia que ese volumen, originalmente asignado al puerto en cuestión, al desviarse hacia el que ofrezca menor costo producirá un aumento en el porcentaje de utilización de sus instalaciones y probablemente genere problemas de espera de barco con su consecuente sobre costo.

### 3.6 Evaluación de alternativas

Hemos reiterado que la planeación de sistemas portuarios desde un punto de vista ortodoxo presupone la necesidad de examinar no solamente al puerto como una parte de un sistema de transporte integrado sino también en -

su papel dentro de las estrategias económicas de desarrollo general o regional e involucrar también, como factor relevante, los aspectos sociales.

Sobre este particular recordemos que la evaluación de alternativas de desarrollo de un sistema portuario implica hacer consideraciones y análisis que pueden llegar a rebasar los métodos normales de evaluación, en especial, cuando se tratan de establecer los beneficios que se obtendrán al considerar el puerto en su doble papel de promotor del desarrollo regional y de integrante de la cadena de transporte.

Existen también circunstancias en las cuales por la escasa importancia de las instalaciones, no solo en el contexto nacional sino en el regional, la aplicación de métodos más o menos sofisticados de evaluación puede resultar excesiva, por lo que en tales casos el proceso de evaluación puede circunscribirse a identificar las instalaciones y sistemas más adecuados en términos de beneficio para el puerto y que conduzcan al costo combinado más bajo posible, tanto para la terminal como para sus usuarios.

### 3.6.1 Proceso de evaluación

Se han presentado en el inciso 2.4 una síntesis sobre la aplicación de los distintos métodos de evaluación al caso de los proyectos portuarios. En esta parte y para concluir el capítulo se harán algunos comentarios complementarios que ampliarán el criterio para la aplicación y uso de tales métodos.

Se ha dicho que en el programa general de cada puerto es necesario establecer la estrategia de desarrollo a largo plazo y la secuencia de inversión más conveniente. Esta secuencia se integra a partir del análisis de las variantes examinadas para mejorar y aumentar la capacidad del puerto:

- Mejoras operativas
- Mejoras de equipamiento
- Incremento en el número de muelles
- Combinación de ambas

La primera y segunda opciones constituyen una forma clásica de optimizar la capacidad instalada; en ellas los costos de inversión son relativamente menores puesto que al no construirse nuevas instalaciones, los recursos para la mejora en el equipamiento pueden derivarse de fondos especialmente creados con la operación del equipo existente. El resto de los costos son los derivados del incremento en el tiempo de operación que no significan carga financiera para el puerto puesto que se recuperan de inmediato en la operación misma. En cuanto a la capacitación para mejorar el rendimiento de los trabajadores, los costos derivados de ella, forman parte del gasto normal de la administración del puerto.

La tercera opción tiene ya una componente de inversión mayor puesto que se trata de acciones de modernización y adecuación de instalaciones; no obstante ello, se mantiene dentro de las acciones normalmente consideradas como de optimización de la infraestructura existente.

Estas tres formas de mejoramiento constituyen frecuentemente el proceso lógico de desarrollo en sistemas portuarios esencialmente destinados a establecer el enlace entre el transporte terrestre y el marítimo y donde el crecimiento de la demanda está vinculado con el ritmo de desarrollo global de la economía del país o de una región. Esto es, el proceso es viable y económico en la medida que las tasas de crecimiento de los volúmenes de carga, la estructura de la misma y el tamaño de los lotes en que se manejan los embarques o desembarques mantengan un ritmo relativamente regular, fácil y seguro de pronosticar.

Por su parte, la última opción corresponde a la continuación lógica de la secuencia antes mencionada, en la que, una vez que el proceso de optimización señala imposibilidad de incrementar capacidad y que, consecuentemente los costos de congestión llegan a cifras mayores que las que corresponderían a las de inversión en nuevas instalaciones y equipo, la decisión económica es optar por combinarlas.

Lo anterior lleva a una reflexión en el sentido de que no siempre los métodos matemáticos de optimización de una política de desarrollo pueden indicar sobre las secuencias de inversiones más adecuadas, en tanto que la aplicación de simples procedimientos de análisis bajo los sistemas de análisis de costos y beneficios actualizados facilitan la selección de la opción más conveniente.

**Capítulo IV**  
**PROYECTO PORTUARIO.**  
**INSTALACIONES GENERALES**

#### IV. PROYECTO PORTUARIO. INSTALACIONES GENERALES

En este capítulo se inicia la presentación de los distintos criterios de proyecto portuario, tratando solamente la parte relativa a lo que se denomina instalaciones generales.

Se han considerado como instalaciones generales aquel grupo de obras que sirven al puerto independientemente del tipo de carga o barco. En ellas se han incluido los rompeolas, el canal de acceso y las dársenas de fondeo, ciaboga y operación.

En primer término se analizan conceptos relativos a la implantación y dimensionamiento general de las obras de protección, ampliando el concepto de protección al de nivel de operatividad que, se estima, refleja mejor la forma actual de analizar el efecto de oleaje sobre los barcos en el puerto o en las terminales de carga o descarga.

También se hacen consideraciones relativas a la forma de satisfacer la demanda de profundidad y a su conservación, relacionándola con el uso de las obras de protección y con la posibilidad de tener la profundidad requerida en forma natural sin necesidad de dragar.

Se tratan enseguida cuestiones referentes al uso del frente de agua y de las zonas de tierra en el proceso de manejo general de la disponibilidad de estos elementos asociado con la demanda que plantean los diversos ti-

pos de carga y su evacuación terrestre.

El capítulo termina con la parte relativa al dimensionamiento del canal de acceso y las dársenas de fondeo, ciaboga y operación.

#### 4.1 Protección y profundidad

Los dos elementos fundamentales para garantizar una base de operación adecuada en cualquier sistema portuario es que las condiciones de agitación y de profundidad satisfagan ciertos requisitos mínimos, rebasados los cuales la operación debe suspenderse.

El concepto tradicional de protección ha variado a raíz del crecimiento de los barcos graneleros que demandan profundidades para las cuales la construcción de protecciones fijas resulta antieconómico, de aquí que la medida de la protección disponible se hace más bien en términos del porcentaje de tiempo anual que puede operar una cierta instalación que no dispone de tales protecciones fijas.

Señalemos, por último, que en cualquier proyecto portuario el factor de decisión más importante desde el punto de vista del costo es la protección y el dragado, que procederemos a examinar los elementos en los que se apoya la decisión que se deba de tomar en esta materia.

##### 4.1.1 Implantación del puerto en el litoral

La condición ideal, difícil de encontrar en la naturaleza es un puerto donde la protección y profundidad se den en forma natural (figura 4.1).



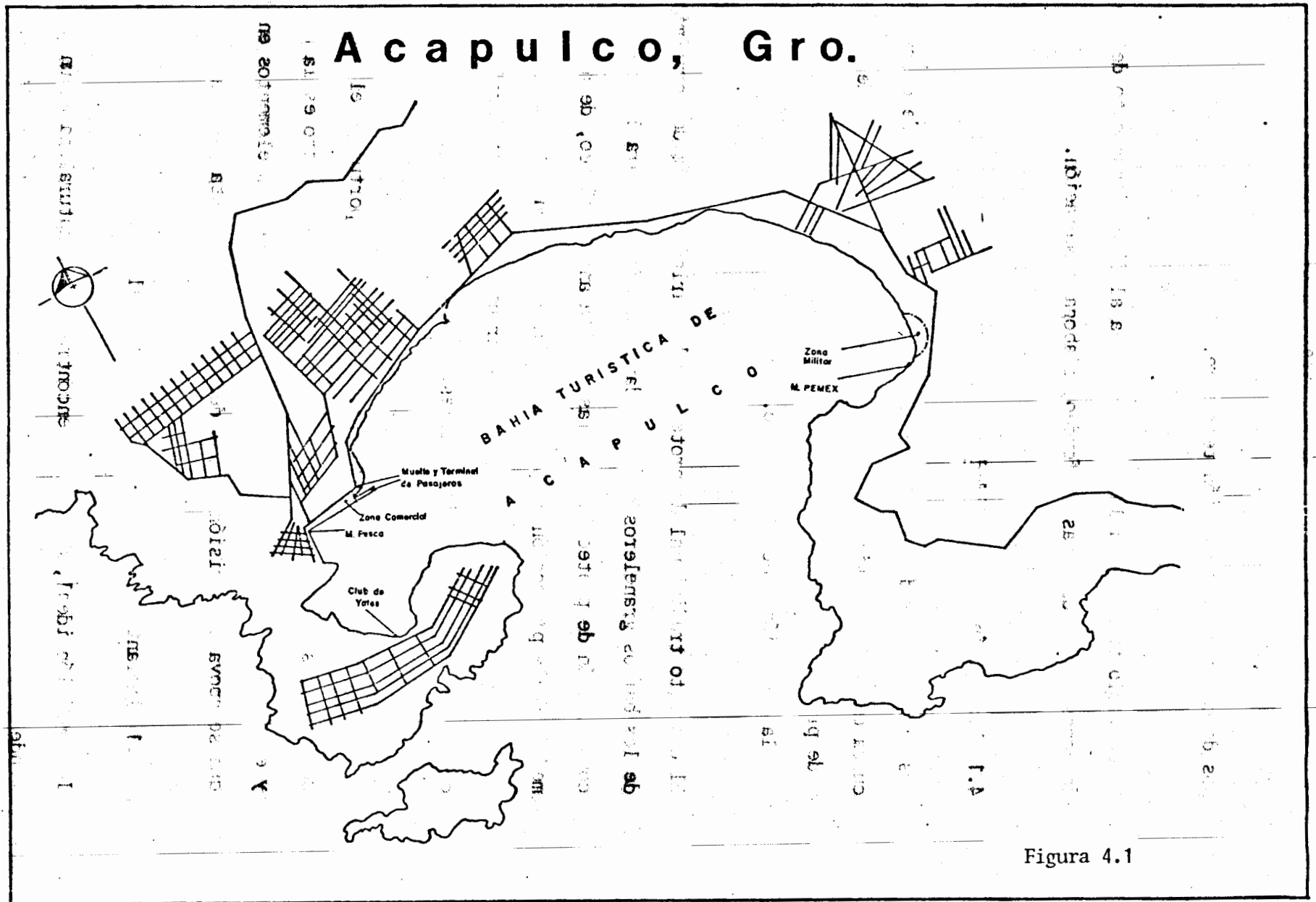


Figura 4.1

Puerto naturalmente protegido

Generalmente los proyectos de nuevos puertos involucran una acción combinada de protección y dragado. El extremo opuesto a los puertos naturales son las terminales en mar abierto.

En las figuras 4.2 a 4.8 se presentan varios casos de puertos en los que se tienen situaciones de protección y dragado variables.

Los factores fundamentales en que se apoya la selección del tipo de puerto o de combinación protección dragado son:

- Configuración de la costa.
- Pendiente del fondo y batimetría.
- Consistencia del fondo.
- Topografía de la costa.
- Características del suelo costero.
- Dinámica litoral.

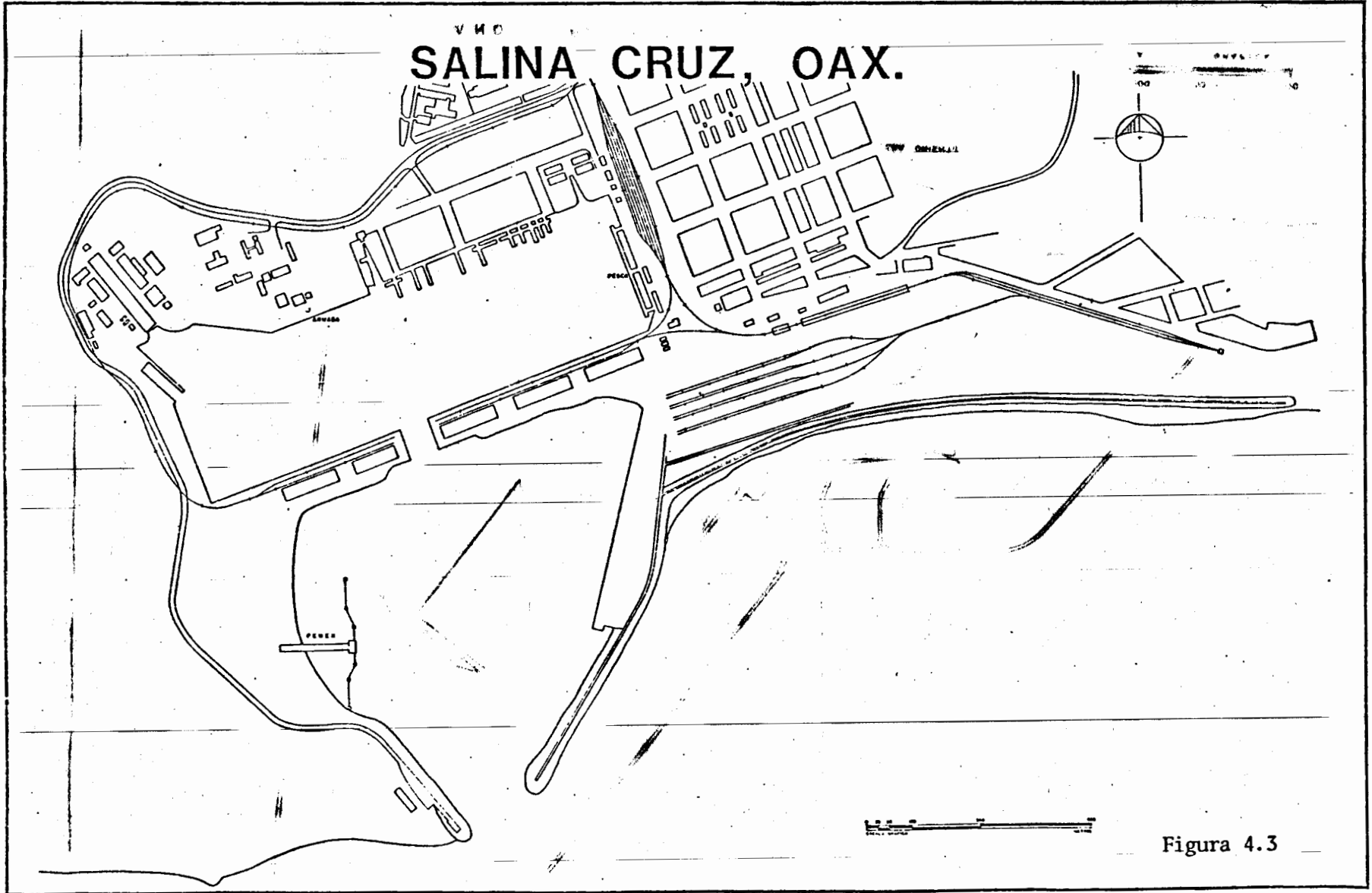
i. Configuración de la costa

Permite examinar la posibilidad de utilizar rasgos de la morfología costera que pudieran ser aprovechables con fines de protección, una bahía, una ensenada o una isla, por ejemplo.

ii. Pendiente del fondo y batimetría

Estos factores están en directa relación con la posibilidad de buscar arreglos de las instalaciones que reduzcan al mínimo las necesidades de dragado. Afectan igualmente la extensión y dimensiones de las obras de protección.





Puerto exterior con dos rompeolas

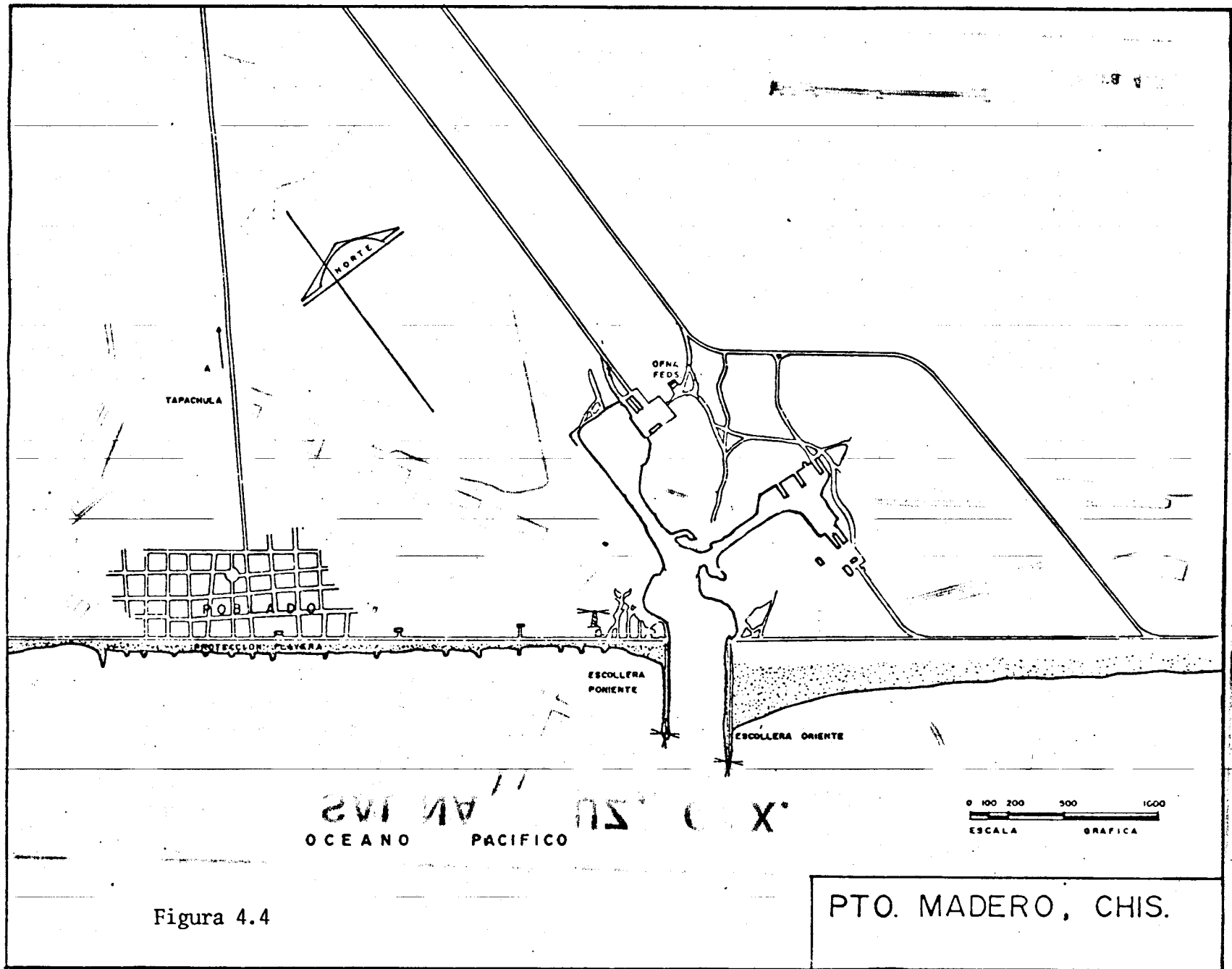
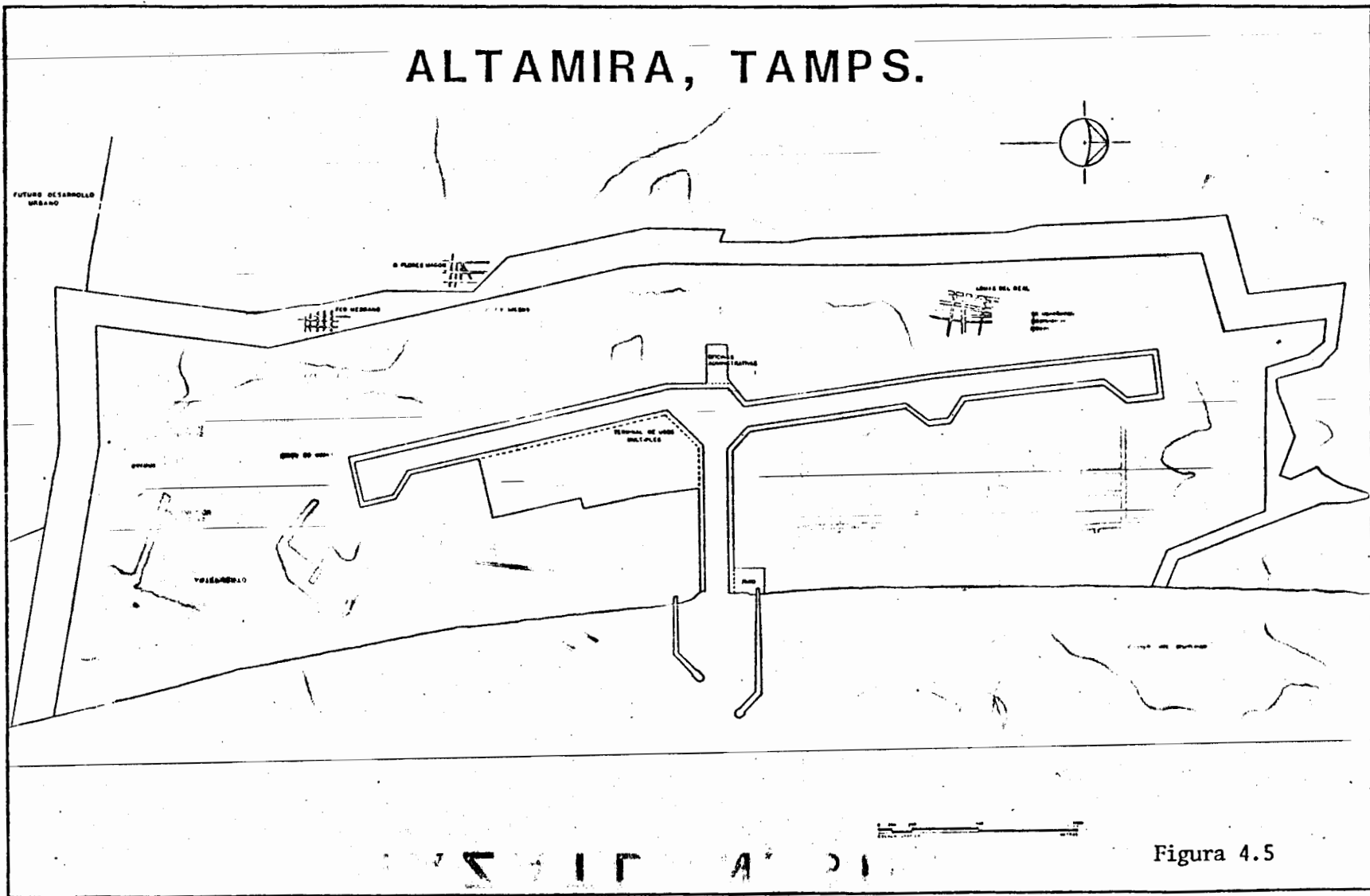


Figura 4.4

PTO. MADERO, CHIS.

Puerto interior



Puerto interior dragado en zonas de marismas

# MAZATLAN, SIN.

PLANO 4-2

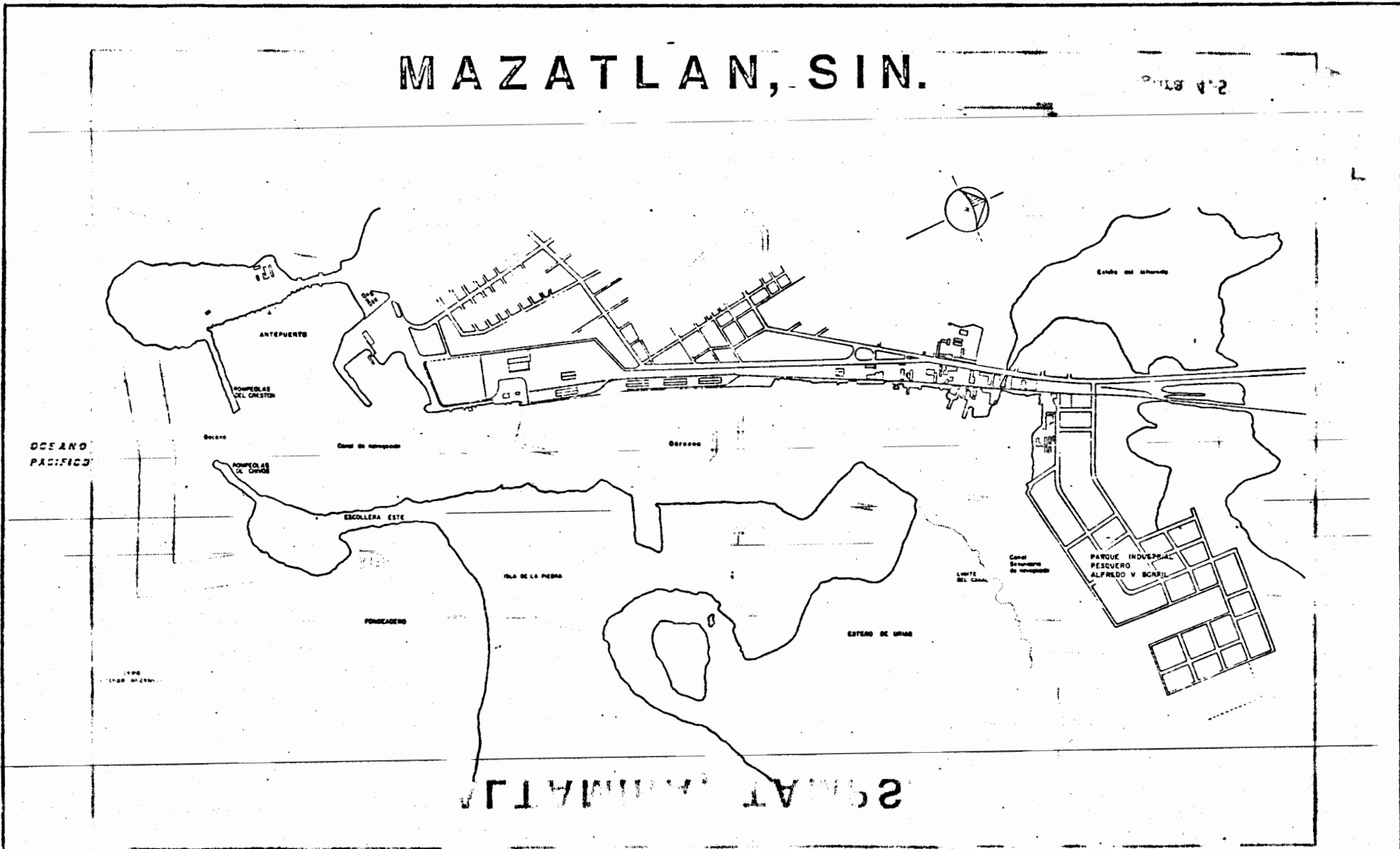


Figura 4.6

Puerto artificial usando islas unidas a tierra para dar protección.

# TAMPICO, TAMPS.

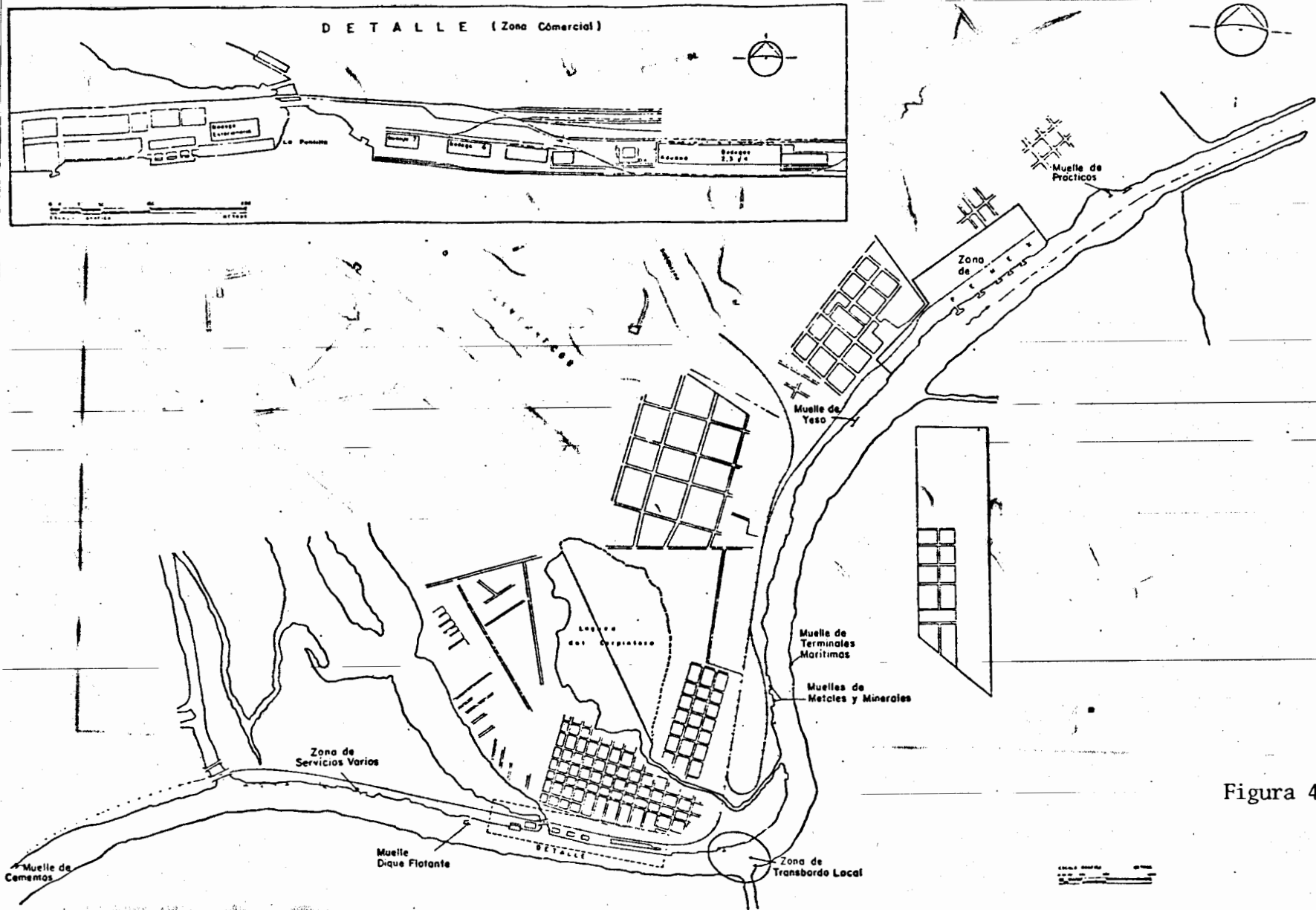


Figura 4.7



# COATZACOALCOS, VER.

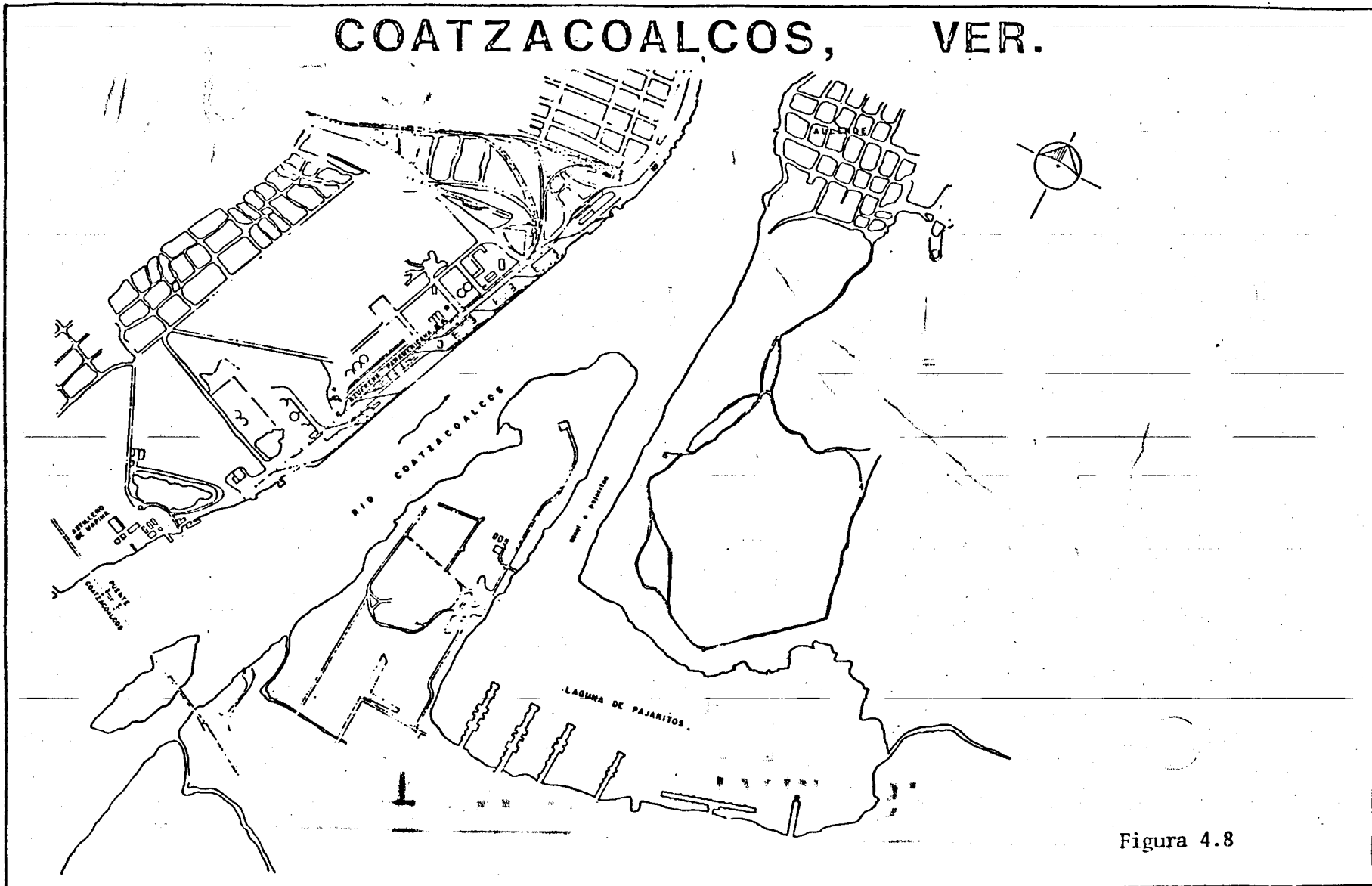


Figura 4.8

Puerto fluviomarítimo

iii. Consistencia del fondo

Este es un factor determinante en la decisión sobre dar profundidad a base de dragado. Igualmente importante es considerarlo desde el punto de vista de la cimentación de las obras de protección.

iv. Topografía de la costa

Influye en dos sentidos. El primero es al considerar la posibilidad de desarrollar un puerto interior cuando la costa es plana y con escasos relieves lo que reduciría el movimiento de tierras para construir el puerto.

Desde el segundo punto de vista hay que tomar en cuenta la disponibilidad de áreas de tierra para el desarrollo del puerto. Una costa con pendientes fuertes o escasas áreas planas puede obligar a ganar terrenos al mar para tener espacio para patios, bodegas, accesos, etc.

v. Características del suelo costero

El examen de este factor es complementario del anterior, una buena planicie pero con estratos duros haría difícil la construcción de un puerto interior.

vi. Dinámica litoral

Este es un factor de gran relevancia porque se significa tanto en el proceso de decisión relativo a las características de las obras de protección como a las futuras demandas de mantenimiento en el puerto. Sobre el particular deben cumplirse algunas recomendaciones básicas.

- a. Las instalaciones deben localizarse litoral arriba de una fuente importante de aporte de azolves como un río o donde se inicia un proceso erosivo. (Figura 4.9)

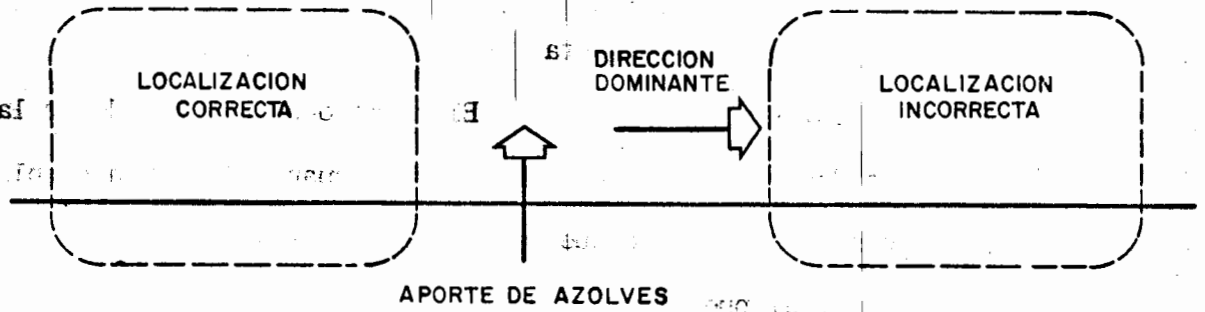


Figura 4.9

- b. Debe buscarse un sitio donde el transporte litoral esté equilibrado. (Figura 4.10)

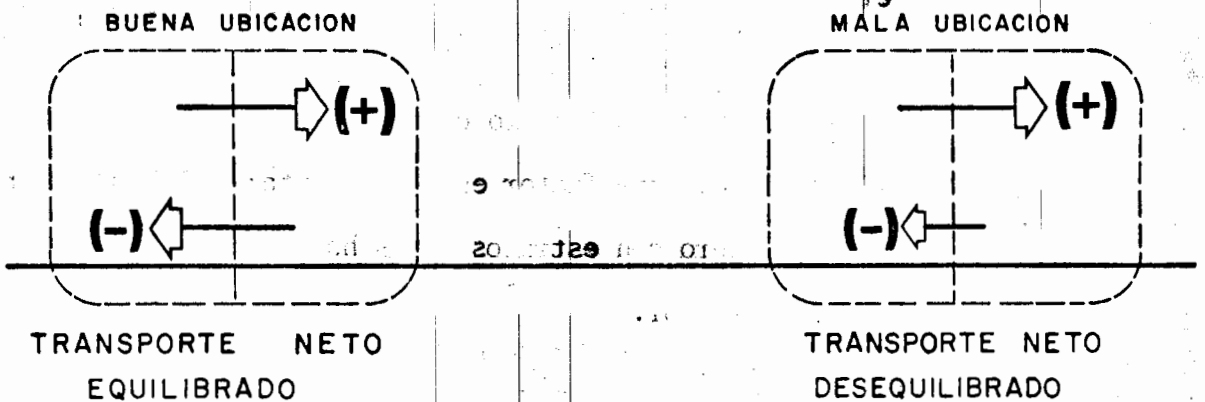


Figura 4.10

- c. En playas abiertas la ubicación en zonas de arenas gruesas y gravas es más deseable que si el material es fino.

d. Cuando existan bajos o acumulaciones de arena, el puerto debe localizarse litoral abajo de tales depósitos, siempre y cuando al construir el puerto no se construyan obras que alteren el comportamiento de esos bajos. (Figura 4.11)

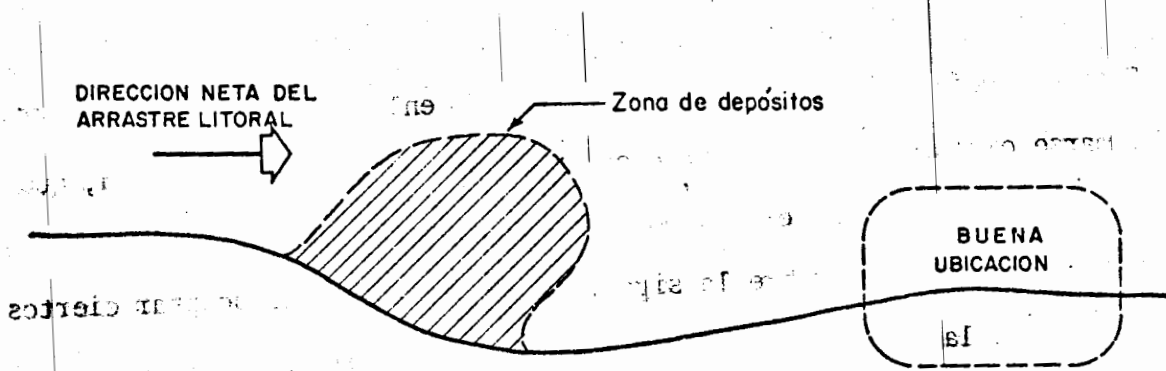


Figura 4.11

e. Si el transporte litoral es producido por corrientes playeras longitudinales importantes, los rompeolas deben dárseles orientaciones hidrodinámicas para evitar remolinos que ocasionen acumulaciones. (Figura 4.12)

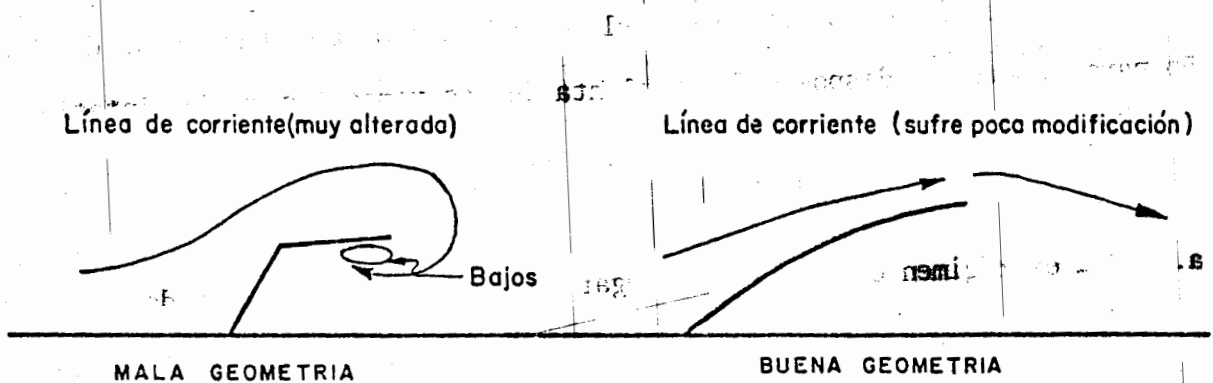


Figura 4.12

#### 4.1.2 Disposición en planta de las obras de protección <sup>.b</sup>

Tradicionalmente la disposición en planta de las obras de protección se hacen buscando obtener que las condiciones de agitación dentro del puerto se mantuvieran por debajo de ciertos límites máximos permisibles.

Esto conducía a definir varias alternativas en las que la decisión podía tomarse exclusivamente con base en el menor costo de construcción, que no necesariamente era el mínimo óptimo que podría obtenerse si se hicieran consideraciones sobre la significación económica de aceptar ciertos valores de la agitación por arriba de los permisibles.

El procedimiento anterior pierde actualidad si tomamos en cuenta el importante papel que juega en todos los procesos portuarios el costo del barco, de aquí que, así como para decidir si se construye otro muelle o no se compara el costo de inversión con el de congestionamiento o de tiempo de espera de barco, el mismo principio puede hacerse extensivo al caso de la protección y el tamaño de las obras exteriores.

Con base en lo dicho se estima que el procedimiento más adecuado de diseño para definir la disposición en planta de los rompeolas puede sintetizarse como sigue:

- a. Para el régimen de oleaje del lugar y para cada disposición de las obras de protección existirán dentro del puerto y en el canal de acceso valores específicos de la agitación  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . (Fig. 4.13)

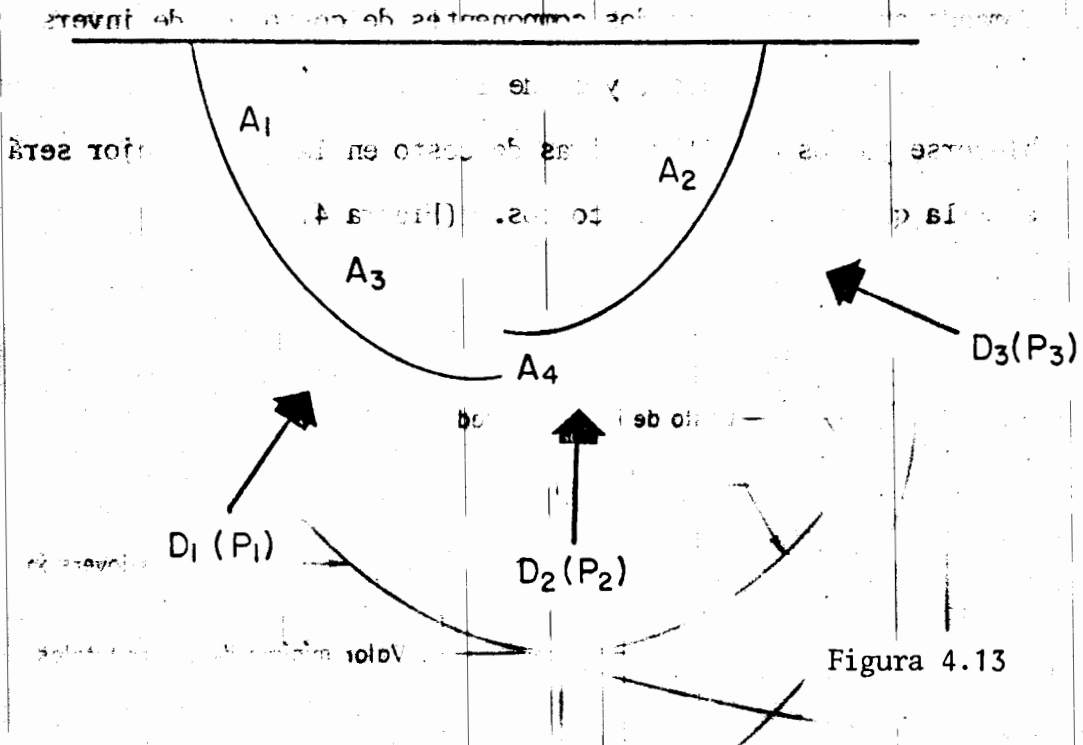


Figura 4.13

- b. Si estos valores se conservan debajo de los límites permisibles, el costo de la alternativa será exclusivamente el de la inversión. Es evidente que el grado de protección y el costo de inversión crecen en el mismo sentido.
- c. Si por el contrario, y en virtud de reducciones en la longitud de las obras de protección ciertas zonas del puerto presentan valores de la agitación superiores al permisible, esto indicará que durante un cierto porcentaje del tiempo, que estará ligado a la frecuencia del oleaje que ocasiona tal agitación, esas zonas del puerto no operarán. Ello se traducirá en tiempo de espera de barco y en consecuencia en un costo de inoperatividad. Es evidente que a menor longitud de obras de protección y en consecuencia menor costo de inversión, el costo de inoperatividad tenderá a crecer.

( ndia

- c. Tomando en cuenta estos dos componentes de costo, el de inversión, - expresado en anualidades, y el de inoperatividad anual, podrán establecerse juegos de alternativas de costo en la que la mejor será - aquella que minimice ambos costos. (Figura 4.14)

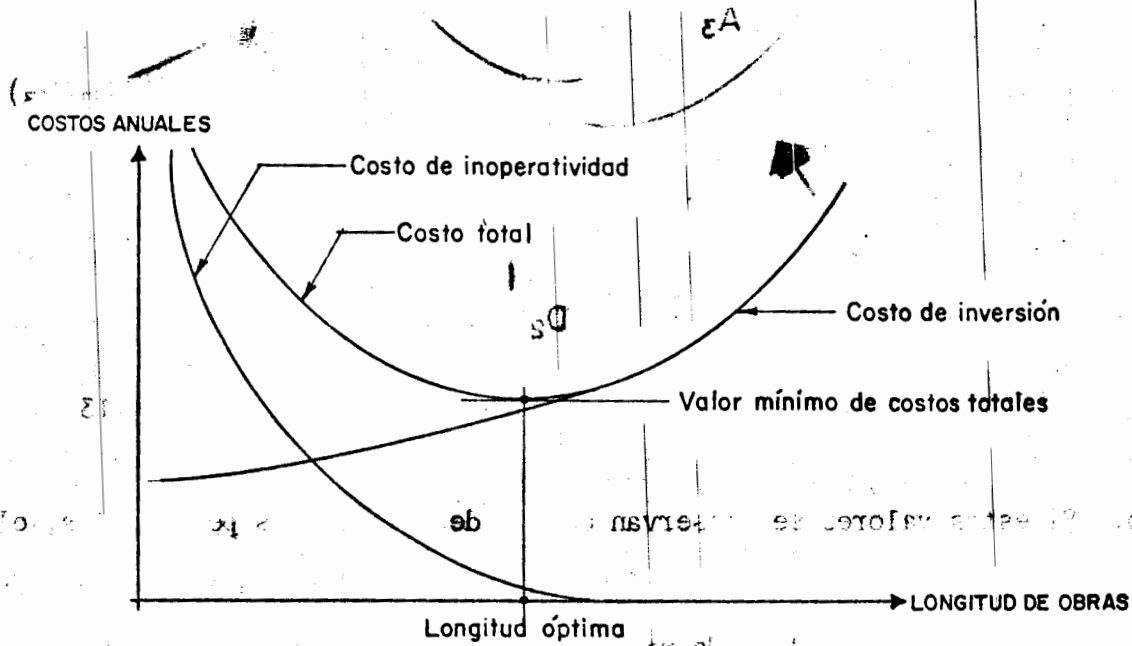


Figura 4.14

- d. Complementario al análisis anterior, puede existir la situación en - que por el tipo de puerto, las obras exteriores cumplen también con la función clara de proteger al canal de acceso del transporte litoral, de manera que si estas obras son cortas y no lo protegen en su totalidad se tendrá un cierto costo de dragado de mantenimiento que disminuirá en la medida que aumente la longitud de dichas obras.

Para esta situación puede involucrarse como un tercer factor de costo el de dragado de mantenimiento. En este caso la solución óptima corresponde también al valor mínimo de los costos anuales de inversión y dragado de mantenimiento. (Figuras 4.15 y 4.16)

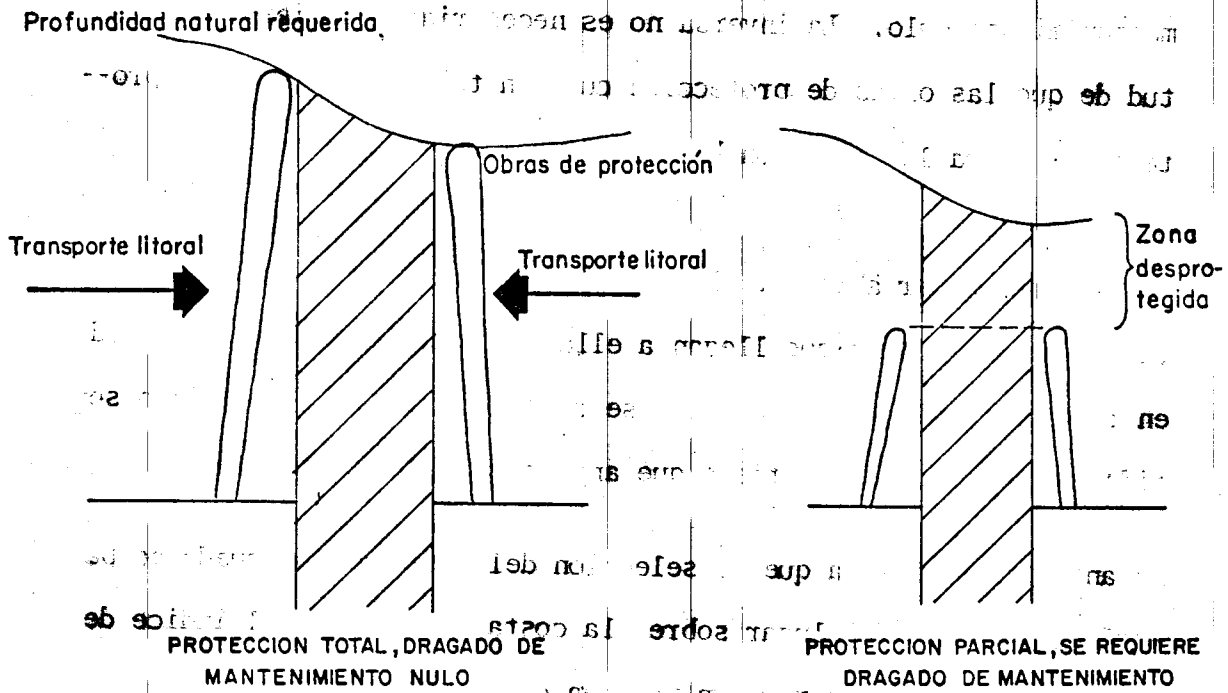


Figura 4.15

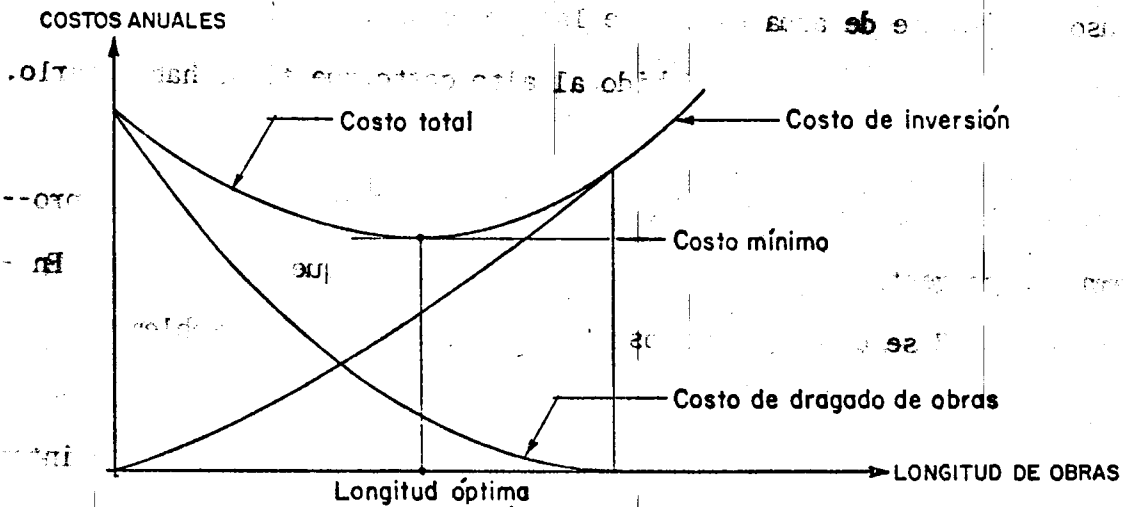


Figura 4.16



El costo óptimo podría corresponder al caso de costo de dragado de mantenimiento nulo. La inversa no es necesariamente cierta en virtud de que las obras de protección cumplen también una función protectora contra la agitación hacia el interior del puerto.

e. Terminales en mar abierto. Este tipo de terminales en la que por el tamaño de los barcos que llegan a ellas se busca dar la profundidad en forma natural, no puede hablarse de protección en el estricto sentido de la palabra sino tiene que analizarse la operatividad.

Lo anterior significa que la selección del sitio más adecuado se basará en encontrar el lugar sobre la costa que ofrezca el índice de operatividad más alto para un régimen de oleaje dado.

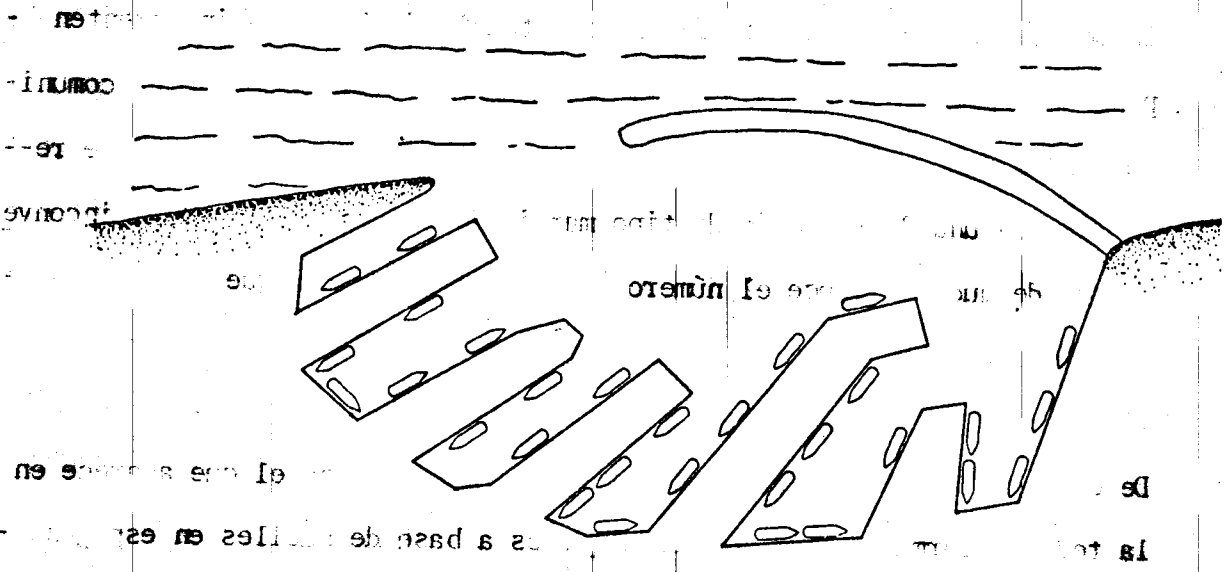
#### 4.2 Uso de frente de agua y zonas de tierra

##### 4.2.1 Frente de agua

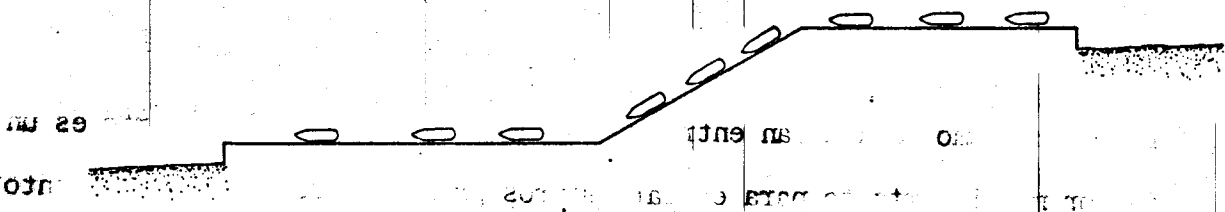
El uso del frente de agua es una de las preocupaciones fundamentales al momento de planear un puerto debido al alto costo que tiene habilitarlo.

Normalmente el uso intensivo del frente de agua disponible produce problemas de congestión en las áreas de tierra que los sirven. En la figura 4.17 se examinan varios casos relativos a este problema.

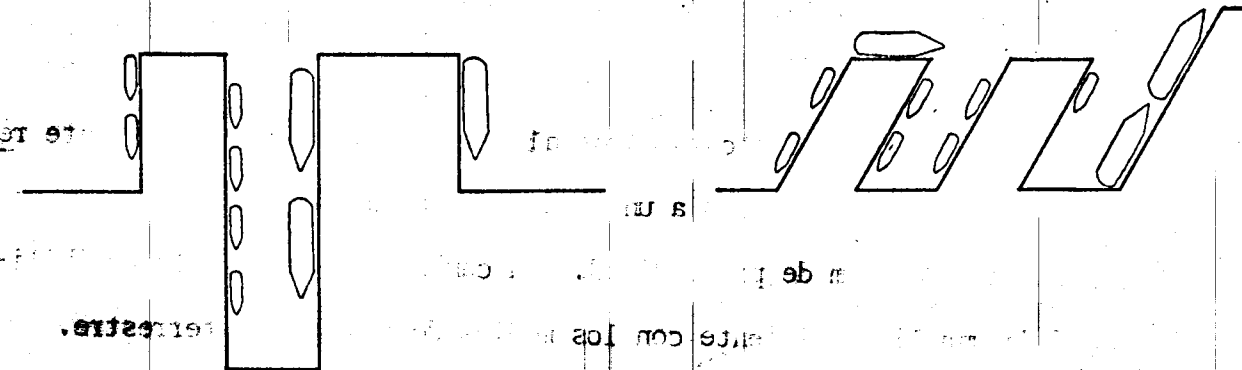
De las disposiciones presentadas, el primer tipo responde a un uso intensivo de dársenas y del frente de agua disponible protegido pero que, en



DISPOSICION CON MAXIMO APROVECHAMIENTO DEL FRENTE PERO CON RESTRICCIONES EN LA OPERACION TERRESTRE



DISPOSICION CON MAXIMO ESPACIO PARA OPERACIONES TERRESTRES



DISPOSICION EN ESPIGONES AMPLIOS PARA BALANCEAR USO DEL FRENTE DE AGUA CON AREAS ADECUADAS PARA OPERACION TERRESTRE

Figura 4.17

la medida que los volúmenes de carga y tamaño de lotes se incrementen - pueden surgir problemas de congestión en los servicios de comunicación terrestre. Este problema en cambio queda satisfactoriamente resuelto por una disposición de tipo marginal aunque ello tiene el inconveniente de que se reduce el número de posiciones de atraque comparadas con el caso anterior.

De esto puede señalarse que el diseño más adecuado es el que aparece en la tercera forma de configuración que es a base de muelles en espigón - disponiendo, al propio tiempo de áreas de servicio adyacentes convenientemente dimensionadas para evitar congestión.

#### 4.2.2 Zonas de tierra

La manera como se ajustan entre si las diferentes áreas del puerto es un factor muy importante para evitar futuros problemas de congestión. Normalmente hay necesidad de dividir la zona portuaria conforme a la exigencia de productividad de cada tipo de instalación por lo que, en general, la ubicación de las distintas zonas en el puerto dependerá de los siguientes factores:

- Las áreas destinadas a carga general fraccionada son relativamente reducidas y están asociadas a un tipo de embarcación que rara vez demandarán más de 10 m de profundidad. En cambio es deseable la posibilidad de una liga eficiente con los medios de transporte terrestre.
- Las terminales especializadas, generalmente presentan mayores deman-

das de terreno y profundidad, así por ejemplo, terminales de graneles secos o líquidos (petróleo principalmente), por el tipo de barco que utilizan requerirán profundidades superiores a los 10 m y en ocasiones, como se ha dicho, obligarán a instalaciones fuera de la zona abrigada por razones de costo.

Igualmente, en materia de áreas de tierra las demandas son también mayores, baste citar el caso de una terminal de carga general contenerizada para la cual el área de tierra requerida para su operación puede superar como mínimo 3 ó 4 veces la de una terminal de carga general suelta.

Por el volumen de carga manejados y la forma de hacerlo, en general estas terminales imponen condiciones de acceso terrestre específicas que frecuentemente son independientes de las generales del puerto.

La influencia de los vientos es otro factor determinante de ubicación. En este sentido, las cargas que produzcan polvos u olores deberán localizarse de manera que estos no generen molestias en instalaciones vecinas o inclusive áreas urbanas adyacentes al puerto.

El factor seguridad para el puerto es elemento preponderante en las consideraciones de zonificación, de aquí que el movimiento de cargas riesgosas, petróleo o productos químicos, por ejemplo, obligue a ubicarlo en sitios alejados del resto del puerto donde en caso de un siniestro los efectos sean mínimos y el control y posibilidades de aislarlo óptimos.

- Conexión con la red interior de transporte. La necesidad de realizar movimientos específicos de cierto tipo de cargas, los graneles por ejemplo que requieren un rápido acceso a las redes carretera o ferroviaria sin necesidad de contacto alguno con zonas urbanas, puede condicionar también la localización de una terminal.
- Compatibilidad de cargas. Es frecuente que cierto tipo de cargas puedan en un momento dado contaminar o dañar a otras, lo cual constituye otro factor condicionante de zonificación del puerto. Así por ejemplo, una terminal para manejo de cereales puede establecerse sin riesgo cerca de otra en la que se mueven piezas de acero, madera, papel, pero no cuando la carga sean productos químicos, fertilizantes, etc.

#### 4.2.3 Caso de los puertos industriales

Es necesario diferenciar en estos criterios de zonificación general y de uso del frente de agua, el caso de los puertos industriales, en el cual las consideraciones de dimensionamiento responden principalmente a demandas de tipo industrial tanto en lo que se refiere a la extensión de los terrenos como a la forma y relación de las dimensiones de los mismos.

Esto conduce frecuentemente a que el frente de agua que en un momento dado se le asigne a una industria no necesariamente resulta de la dimensión óptima en cuanto al aprovechamiento de dicho frente, sino que es el resultado de la demanda de la industria que ocupará ese terreno.

Igualmente, tomando en consideración que las industrias que ocupan mayor

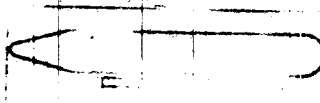
área y que serán las que demanden los frentes de agua principales propiciarán el establecimiento de una serie de industrias secundarias y terciarias, deberá preverse por una parte los terrenos requeridos para dichas industrias, y por otra, la forma de servirlos por vía marítima. La solución más frecuente es crear terminales de uso común para manejo exclusivo de productos industriales.



Por otra parte, es normal considerar dentro del desarrollo del puerto industrial una terminal de usos múltiples para el manejo de carga bajo el principio de un puerto comercial convencional; la zona destinada para ello deberá ubicarse de manera de evitar que sus características operativas y de desarrollo interfieran con las del puerto industrial. (Figuras 4.18 y 4.19)

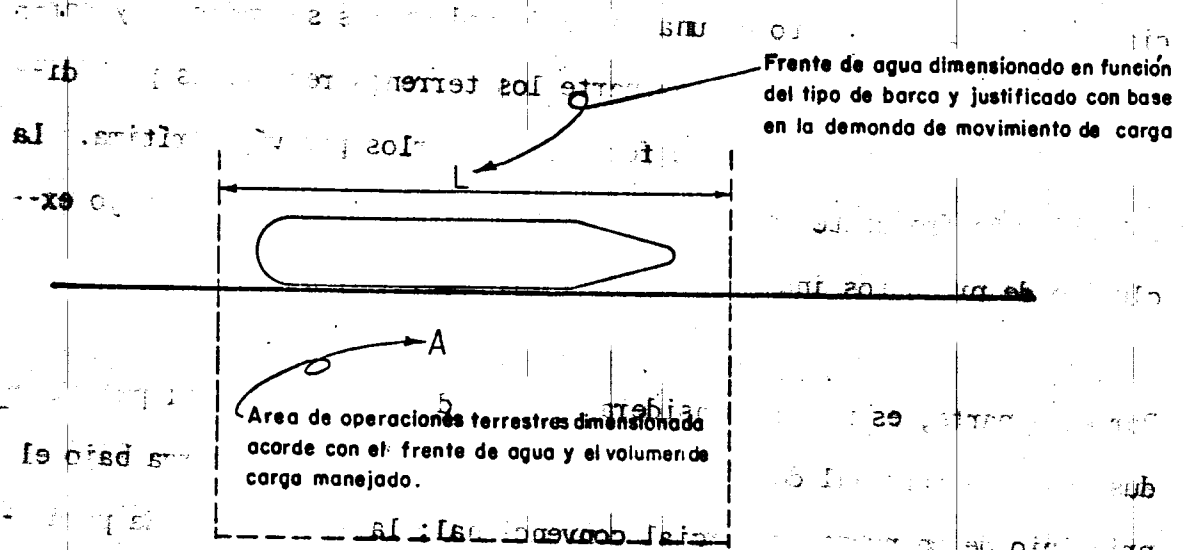
### 4.3. Dimensionamiento del canal de acceso y dársenas

#### 4.3.1 Canal de acceso

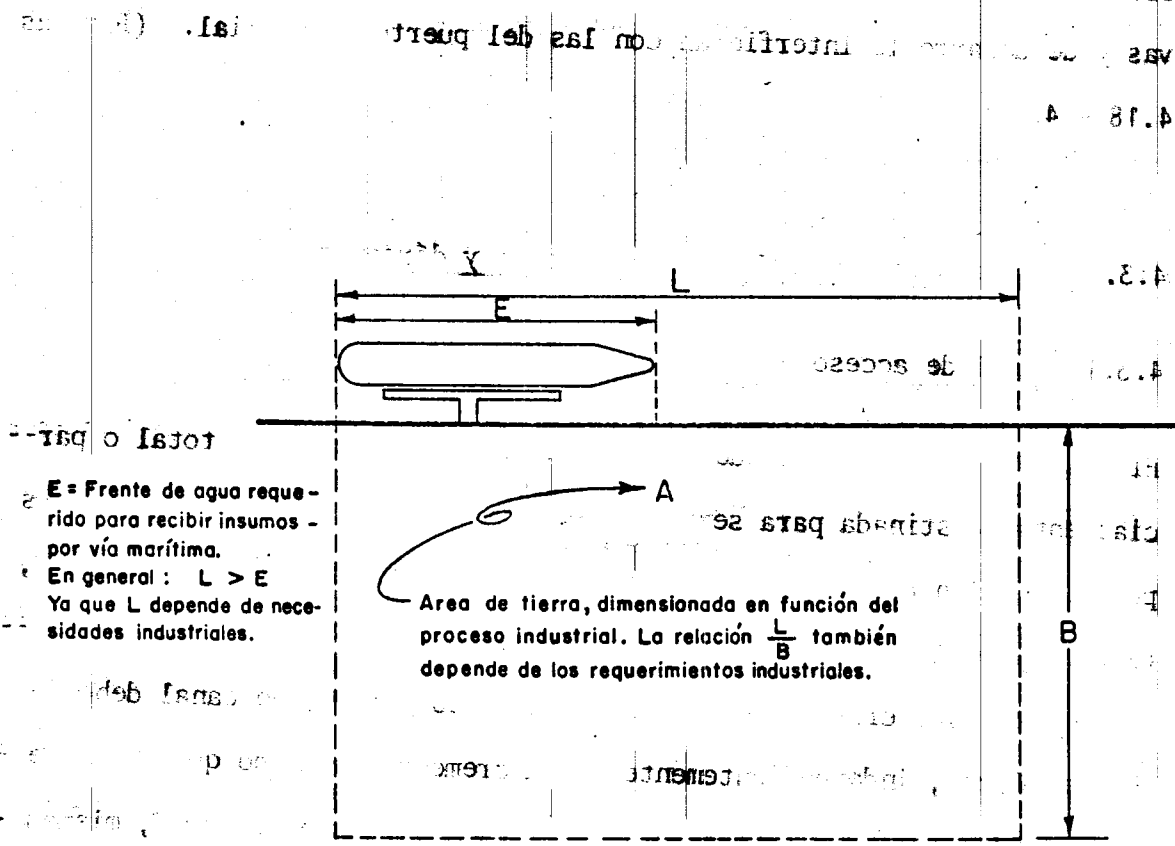


El canal de acceso comprende la porción de agua protegida, total o parcialmente, destinada para servir de entrada o salida de los barcos. Es posible que en algún caso, como un puerto fluvial, Tampico por ejemplo, existan instalaciones portuarias inmediatas al canal de acceso, no obstante ello, los criterios de dimensionamiento para dicho canal deberán de respetarse, independientemente del incremento en ancho que haya que dar a la vía acuática para alojar las instalaciones portuarias, mismas que a su vez deberán de regirse por el criterio de dimensionamiento de las dársenas de operación que se mencionan más adelante.

USO DEL FRENTE DE AGUA Y ZONAS DE TIERRA



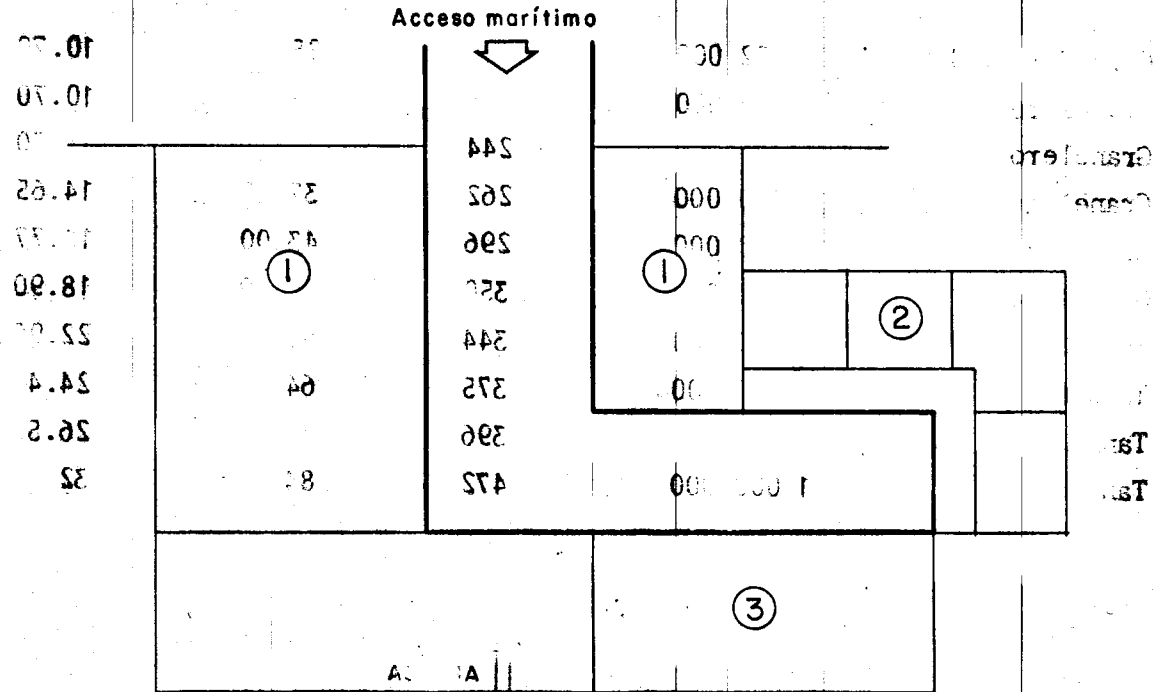
PUESTO DE ATRAQUE CONVENCIONAL EN PUERTO COMERCIAL



FRENTE DE AGUA Y PUESTO DE ATRAQUE EN PUERTO INDUSTRIAL

Figura 4.18

ESQUEMA DE ZONIFICACION DE UN PUERTO INDUSTRIAL



- ① Terrenos para industrias que requieren frente de agua propio para recibir barcos de gran calado.
- ② Terreno para industrias que pueden utilizar un frente de agua común.
- ③ Zona destinada a una terminal de usos múltiples.

Figura 4.19



Cuadro 4.1

CARACTERISTICAS DE EMBARCACIONES PARA DISEÑO

Tipo	TPM (ton)	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)
Carga general	22 000	184	25	10.70
Granelero	50 000	218	29	10.70
Granelero	75 000	244	34	13.70
Granelero	100 000	262	37.50	14.65
Granelero	150 000	296	43.00	16.77
Granelero	250 000	350	52.00	18.90
Tanque	300 000	344	58	22.90
Tanque	400 000	375	64	24.4
Tanque	500 000	396	67	26.5
Tanque	1 000 000	472	84	32

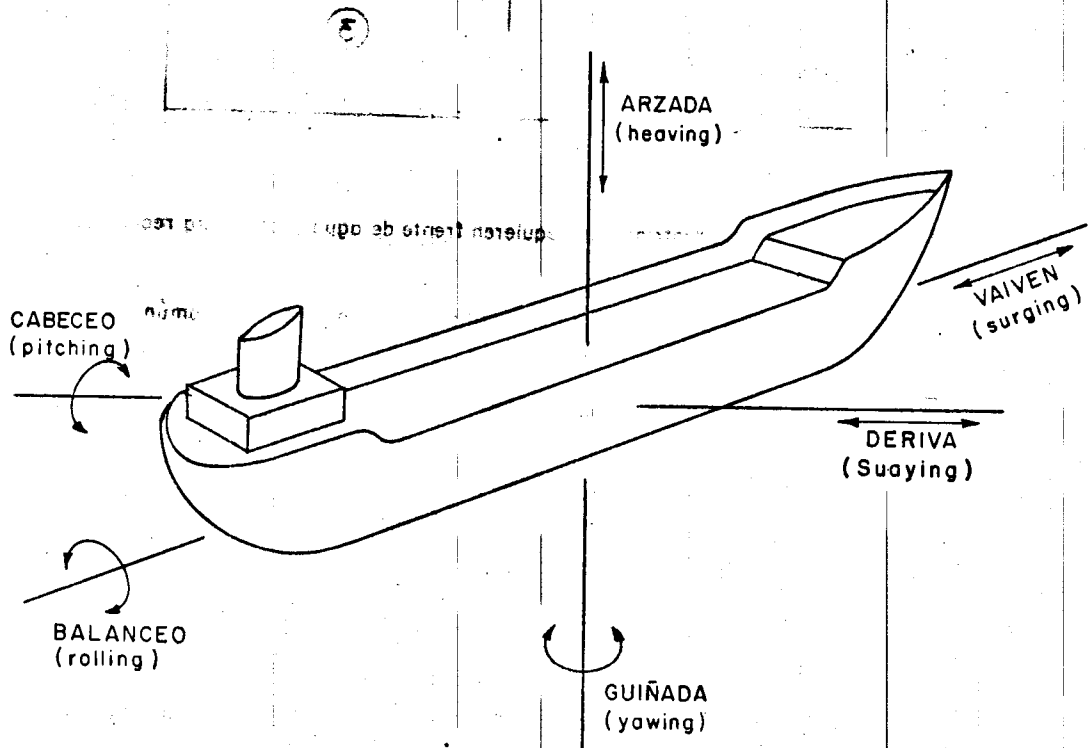


Figura 4.20

Su dimensionamiento debe tomar en cuenta el tamaño de la mayor embarcación que pueda presentarse durante el periodo de vida útil del puerto; ello permite eliminar rigideces al sano desarrollo del puerto como podría ser la de limitar el ancho del canal con escolleras que después fuera muy costoso o imposible remover si se quisiera ampliarlo o que también al profundizarse pudiera ponerse en riesgo la estabilidad de tales obras.

Sin embargo, la previsión lleva aparejado el hecho de que ese periodo de vida útil del puerto puede dividirse en varias fases correspondiendo para cada una de ellas una dimensión de canal menor a la que tendría al alcanzarse el pleno desarrollo del puerto.

Por ello, es conveniente prever un dimensionamiento del canal acorde con las condiciones de tráfico que se pronostiquen en cada una de esas fases.

A título ilustrativo se incluyen en el cuadro siguiente las características de algunas embarcaciones que sirven de base para el diseño de canales de acceso. (Cuadro 4.1)

El dimensionamiento del canal toma en cuenta el comportamiento del barco en su travesía por él. Ello implica involucrar los distintos movimientos del barco bajo la acción del oleaje, las corrientes y el efecto de la propia velocidad de la nave.

El movimiento del barco por la acción del oleaje es un movimiento compuesto que puede descomponerse en tres desplazamientos y tres giros alrededor de los ejes del buque. (Figura 4.20)

Aun teniendo en cuenta la importancia que en las maniobras de un barco - en su aproximación y entrada en puerto tiene el fenómeno de deriva, los movimientos que afecten al calado del buque y que necesitan un comentario más amplio son los de arzada, cabeceo y balanceo.

El movimiento de cabeceo produce la máxima oscilación en la proa o en la popa, mientras que el balance lo hace en los costados. De la combinación de ambos, los puntos de proa y popa, donde comienza la curvatura del casco, son los que sufren mayores oscilaciones, de allí que sean estos movimientos los que se involucren en el diseño del canal.

Las corrientes tienen efecto variable, siendo el más desfavorable cuando actúan perpendicularmente al eje del canal. Sus efectos, cuando las corrientes son sensibles, conviene analizarlos en modelos a escala reducida porque no es confiable estimarlos en forma teórica.

La influencia de la velocidad del barco puede acentuar el calado en la popa, ello dependerá de la magnitud de dicha velocidad.

#### a. Profundidad del canal

Existe una gran diversidad de criterios para fijar esta profundidad, sin embargo se estima que el más completo es el que toma en cuenta los siguientes factores:

- . Calado de verano a plena carga en agua salada
- . Cambios de densidad
- . Variación de marea

- . Cabeceo (pitching)
- . Sobre-calado por velocidad (squat)
- . Balanceo (rolling)
- . Variación por distribución de carga (trim)
- . Factor de seguridad

Cada uno de estos elementos se valúan de la manera siguiente:

Calado de verano a plena carga en agua salada. Con base en los valores del cuadro, podrían tomarse en cuenta los cambios de densidad en los casos en que hubiere aportes importantes de agua dulce que hicieran incrementarel calado hasta un 2% más.

Variación de marea. El plano de referencia para la profundidad varía según el tipo de marea, para los puertos del Golfo de México se considera el de bajamares medias en sicigias y el de bajamar media inferior en sicigias en los del Pacífico.

Cabeceo. Depende de las condiciones locales de oleaje en el canal, especialmente en la entrada, y es igual a la mitad de la altura de ola de diseño en el canal.

Sobre-calado por velocidad. Se toma en cuenta cuando la relación  $\frac{V^2}{gd}$  es mayor de 0.7, siendo V la velocidad de la embarcación en metros por segundo y d la profundidad en metros.

Balanceo. Este factor es muy importante a la entrada al puerto don-

de normalmente se tienen las condiciones de oleaje más desfavorables. Es frecuente considerar que para esas condiciones puede haber un balanceo de  $5^\circ$  de amplitud, lo que equivale, por ejemplo, a que un barco de 30 m de manga incrementaría el calado medio alrededor de 1.20 m.

Para calcular el sobrecalado por balanceo puede usarse la expresión

$$B = M \sin \theta \cos \theta$$

M = manga del barco

$\theta$  = ángulo de balanceo

Variación por distribución de carga. Se calculará a partir de la expresión:

$$\text{Sobrecalado} = 0.00245 \text{ Eslora}$$

Factor de seguridad. Se refiere a la profundidad adicional que hay que dar como factor de seguridad y varía entre 0.5 m y 1 m dependiendo de que el fondo sea arenoso y haya poco azolvamiento para el primer caso o que el fondo sea rocoso o si es arenoso, que haya mucho azolve para el segundo.

De acuerdo con lo anterior, el cálculo de profundidad se haría con la expresión:

$$p = C + 0.087 M + 0.0024 E + fs + 0.02C + \text{Cabeceo}$$

donde:

$p$  = profundidad (m)

$C$  = calado (m)

$M$  = manga (m)

$E$  = eslora (m)

$f_s$  = factor de seguridad

0.087 = coeficiente por balanceo si  $\theta = 5^\circ$

0.02C = coeficiente por cambio de densidad

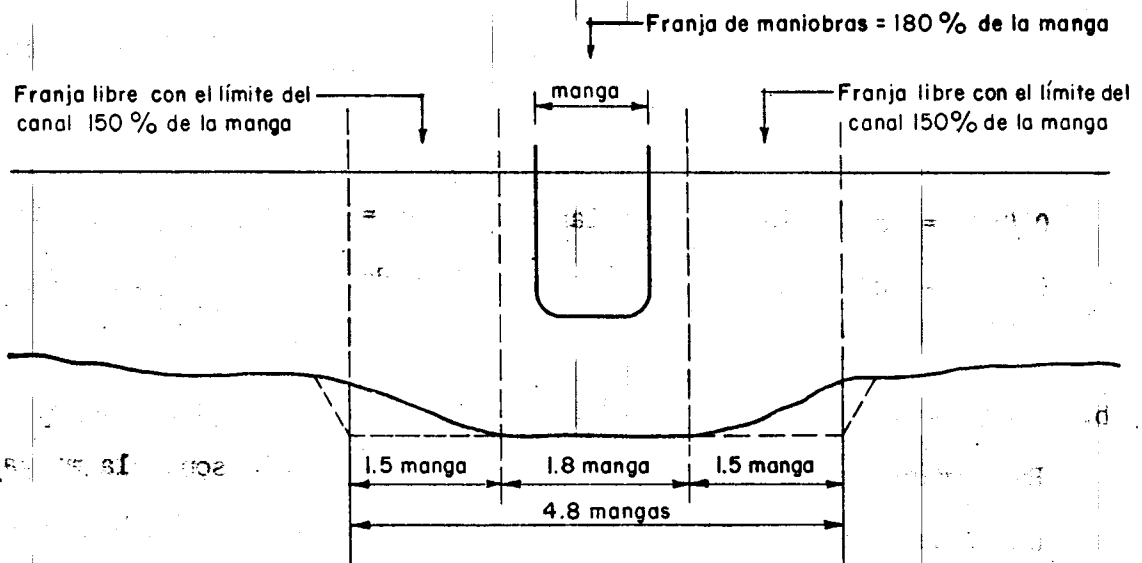
#### b. Ancho de plantilla del canal

En términos generales, los factores de dependencia son: la manga del barco de diseño, su velocidad y maniobrabilidad y la posibilidad de cruce de dos de ellos. Influyen también aspectos relativos al canal tales como su profundidad, si se encuentra en una zona restringida o no y la estabilidad de sus taludes.

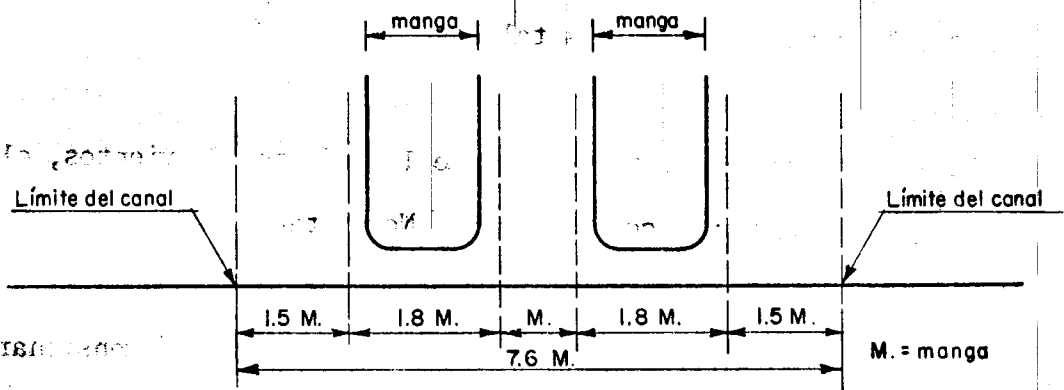
Hay que tomar en cuenta igualmente los efectos de vientos, oleajes y corrientes cruzadas con el canal. No obstante, no hay una fórmula que incluya explícitamente todos estos factores, aunque existen ciertos criterios que los toman en cuenta al proponer dimensionar el canal en función de múltiplos de la manga del barco.

De entre ellos, el más usual es el método Panamá, resultado de investigaciones realizadas en el canal de Panamá. El método divide el ancho del canal en tres franjas; una destinada a las maniobras de la embarcación, la segunda para separar dos franjas de maniobras en el

caso de circulación en ambos sentidos y la tercera comprende la distancia que hay que dar entre las márgenes y la o las franjas de maniobras. (Figura 4.21)



CIRCULACION EN UN SÓLO SENTIDO



CIRCULACION EN DOS SENTIDOS

El ancho de la franja de maniobras se integra considerando por una parte un 80% de la manga, adicionando el efecto de guiñada (yawing).

$$\text{Ancho de carril} = 0.8 M + E \operatorname{sen} \alpha + \beta M \cos \alpha$$

Se considerará:

$\alpha$  = ángulo de guiñada =  $5^\circ$  y  $10^\circ$  para entrada al puerto.

$\beta$  = factor de guiñada = 0.6

M = manga (m)

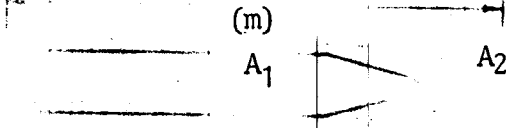
E = eslora (m)

A =  $0.8 M + 0.087 E + 0.5977 M$

En el caso de circulación en dos sentidos se dará una separación entre franjas de maniobra de una manga y entre ellas y las márgenes 1.5 veces esa dimensión del barco de diseño. El cuadro 4.2 resume distintos anchos de plantilla con circulación en uno o dos sentidos.

Cuadro 4.2

ANCHOS DE PLANTILLA DE CANAL



TPM (ton)	(m) $A_1$	$A_2$
22 000	126	208
50 000	147	237
75 000	171	274
100 000	188	301
150 000	215	344
250 000	260	415

c. Dársena de fondeo

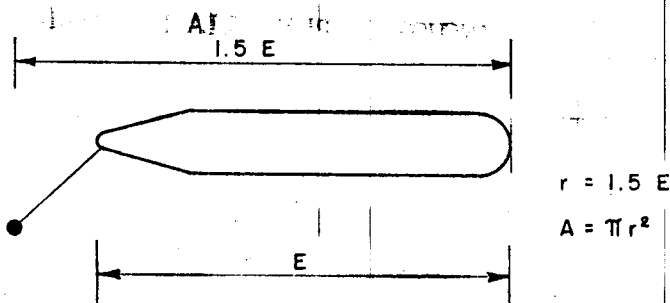
Este tipo de dársena tiende a desaparecer como tal, tanto por el tamaño de los barcos como por el costo consecuente que representa inutilizar para otros usos un área de agua de dimensiones considerables. Lo anterior se ha sustituido por la práctica común de que las necesi



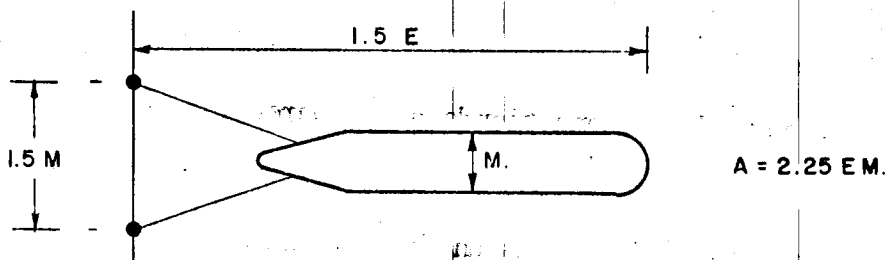
dades de fondeo que tuviese una embarcación, fuesen por causa de la espera para entrar a muelle, por alguna avería menor, etc., se satisfagan en una área preseleccionada en mar abierto, en las inmediaciones del puerto que no afecten el tráfico normal de las embarcaciones.

No obstante lo anterior, en el análisis obligado que tiene que hacerse para ubicar esta área, se debe tomar en cuenta la forma de fondeo para las embarcaciones; en este sentido se definen de dos maneras clásicas con la dimensión correspondiente.

- Con una sola ancla (Figura 4.22)



- Con dos anclas (a barbas de gato) (Figura 4.23)



En general para cuestiones de profundidad se procura seleccionar una zona en que en forma natural se tenga un tirante de agua suficiente para absorber el calado del mayor barco que se considere y los efectos de oleaje y marea.

d. Dársena de ciaboga o de maniobras

En esta dársena el barco hace los movimientos necesarios para entrar al muelle que se le ha asignado para efectuar las operaciones de carga y descarga e igualmente las correspondientes para salir una vez que las ha terminado. El término ciaboga se aplica a la acción de virar en redondo del barco y es en función de la eslora y maniobrabilidad de los barcos así como del tiempo permisible para efectuar la maniobra, de manera que a menor tiempo permisible de maniobra mayor es el tamaño de la dársena.

Normalmente en todos los puertos se preve que esta maniobra debe llevarse a cabo con remolcadores. Con base en esto, se establecen las siguientes recomendaciones relativas a la dimensión de la dársena de ciaboga.

- i. La dimensión óptima para una maniobra fácil debe tener un diámetro de 4 veces la eslora del mayor barco que la pueda hacer.
- ii. Si la maniobra se efectúa en mayor tiempo con un cuidadoso uso de las máquinas del barco y apoyo de remolcadores, el diámetro puede reducirse a 2 veces la eslora del mayor barco que la pueda usar.

iii. Si se quiere reducir a menos de dos esloras pero más de 1.5 veces esa dimensión, es necesario el uso del ancho del barco y de remolcadores.

iv. El tamaño mínimo de esta dársena debe ser 1.2 veces la eslora máxima. En este caso, el barco debe pivotar en un punto fijo en el perímetro del círculo de ciaboga, tal como un duque de alba, un muelle, una boya o un ancla.

En el cuadro 4.3 se dan valores para las rutas de ciaboga según diversas condiciones de aproximación y frenados.

e. Dársenas de operación

Por este término se entiende el área de agua inmediata a los muelles en la que los barcos realizan las maniobras de atraque, carga o descarga, desatraque y salida. En el esquema siguiente se dan recomendaciones de tamaño que permiten a los barcos entrar o salir para descargar o cargar, sin afectar a los barcos que estén en los puestos vecinos. Se supone que para tales maniobras se requiere el apoyo de remolcadores. (Figura 4.24)

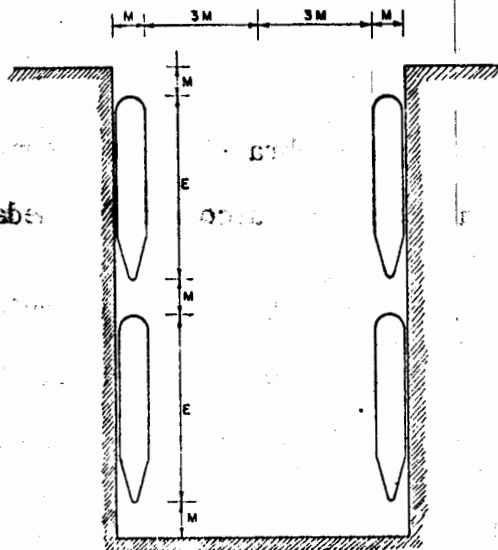


Figura 4.24

Quadro 4.3

VEL. INIC.	14 a 18 nudos					12 nudos					4 a 8 nudos								
DIMENSIONES Y TIEMPO BARCO A PLENA CARGA T.P.M.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
48,000		3,200	3,600	2,000	10.5		3,100	3,500	1,800	14		3,200	3,200	1,700	23				
65,000		3,000	3,000	1,400	10	8,600 EN 10 min.	2,800	3,000	1,400	13		3,000	2,700	1,400	21				
79,000		3,200	4,400	2,400	9.75						2,900 A 3,600 6.3 min. A 9 min.								
120,000	13,000 EN 13 min.	3,300	3,700	1,900	12.75						2,900 A 3,000 5.5 min. A 5 min.	3,600	2,900	1,600	24				
150,000	17,500 EN 16 min.	3,400	3,900	2,100	13.5														
206,000	18,500 EN 21 min.	3,700	4,500	2,400	15.5	7,200 EN 10 min.					4,300 EN 9 min.								
300,000	14,200** EN 24 min.		3,100** ***		13.6** ***														

\*\* Velocidad inicial hasta 15 nudos

\*\*\* Velocidad inicial hasta 14 nudos

1-Distancia de frenado en pies

4-Cambio en pies

2-Avance en pies

5-Tiempo en minutos

3-Diámetro en pies

Dimensiones de las Ciabogas para varias Velocidades  
y Paradas de Emergencia

## **Capítulo V**

### **PROYECTO PORTUARIO. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES DE CARGA Y DESCARGA**

V. PROYECTO PORTUARIO. DIMENSIONAMIENTO  
DE INSTALACIONES DE CARGA Y DESCARGA

Este capítulo, continuación del anterior en lo referente a establecer - criterios de dimensionamiento de las instalaciones portuarias, examina - los casos de las instalaciones de carga y descarga.

El dimensionamiento se refiere específicamente a muelles patios y bodegas, las cuestiones relativas al equipo empleado, su capacidad y tamaño se analizarán en el siguiente capítulo y sólo se toman en cuenta en la medida que se requiere hacer hipótesis sobre su capacidad de carga o des\_carga.

La primera parte del capítulo presenta las consideraciones generales re\_lativas al dimensionamiento de las instalaciones de carga y descarga.

El segundo tema tratado se refiere a la optimización del número de mue\_lles, basado en la aplicación de la teoría de colas. El proceso de opti\_mización se establece con base en la comparación entre los costos de con\_gestionamiento producidos por la falta de muelles para recibir barcos y los costos de desarrollo correspondientes a las inversiones necesarias en instalaciones para evitar el congestionamiento.

Las partes subsecuentes presentan una metodología práctica para determi\_nar el número de muelles y el área de almacenamiento necesarios para la

carga general suelta, los contenedores, el servicio RO/RO y los granelles secos.

Se incluyen igualmente algunas recomendaciones para puertos pesqueros.

El capítulo concluye con la presentación de criterios generales relativos al proyecto de puertos pesqueros y puertos deportivos.

### 5.1 Dimensionamiento de instalaciones de carga y descarga

Las instalaciones de carga y descarga se integran por el muelle o elementos de atraque y la zona destinada al almacenamiento, que pueden ser bodegas o patios. Estas instalaciones constituyen propiamente la unidad de transferencia de carga del sistema de transporte marítimo al terrestre o viceversa.

En el proceso de dimensionamiento de las obras de atraque, un punto clave es la selección del número óptimo de muelles requerido para manejar un cierto volumen de carga.

sol

Ya se mencionó en el Capítulo III que existen diversas formas de estimar la capacidad de una instalación portuaria; en ese capítulo se presentó el criterio sustentado en índices promedio pero que no reflejaban el proceso dinámico que constituye el movimiento de carga por una terminal, ni permite identificar cuellos de botella o el efecto positivo de mejoras operativas.

Con este propósito, analizaremos diversos métodos que tomaran en cuenta

no sólo factores de capacidad sino, lo que es más importante, el significado económico de la decisión sobre la capacidad que debe darse en un puerto.

## 5.2 Optimización del número de muelles

El número óptimo de muelles en un puerto, cuando la demanda y el rendimiento operativo son fijados en una fecha dada, depende fundamentalmente de dos parámetros:

- Costos de congestionamiento (esperas) de las embarcaciones, y
- Costos de desarrollo (inversiones y mantenimiento) del puerto.

Estos dos tipos de costo son estrictamente intercambiables en las condiciones antes descritas, ya que el congestionamiento puede evitarse construyendo muelles adicionales y la construcción de muelles puede diferirse aceptando más congestionamiento.

En estas condiciones, el problema se reduce a calcular, en primer término, los costos de esperas de las embarcaciones y, en segundo lugar, los costos de desarrollo del puerto. El número óptimo de muelles se determina cuando los costos de espera se equilibran con los de desarrollo.

orig. 19

- a. Costos de espera de los barcos
- Los costos de espera de los barcos pueden ser calculados mediante la aplicación de la teoría de colas, para el caso de una sola línea de espera, población infinita, número múltiple de servidores, discipli-



na de servicio del primero en llegar es el primero en ser servido, y proceso completamente establecido (steady state).

Para definir totalmente el sistema que da lugar a la cola, es necesario considerar, además de los supuestos básicos anteriores, las funciones de probabilidad de llegadas de las embarcaciones y de servicios

en el muelle.

Por cuestiones de conveniencia matemática, al analizar un sistema de múltiples servidores, se supone que la distribución de probabilidades de llegadas de embarcaciones sigue la curva de Poisson; esto es:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad \text{para } n = 0, 1, 2, \dots, \text{ y } t \geq 0$$

en donde:

$P_n(t)$  = probabilidad de  $n$  llegadas durante el tiempo  $t$ .

$\lambda$  = promedio de llegadas por unidad de tiempo; en este caso medido en barcos/día.

$e$  = base de los logaritmos Neperianos.

Por otra parte, la distribución de probabilidades de los tiempos de servicio se supone que sigue una curva exponencial negativa.

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \quad \text{para } t \geq 0$$

en donde:

$f(t)$  = densidad de probabilidad de los tiempos de servicio.

$\lambda$  = promedio de servicios por unidad de tiempo; en este caso medido en barcos/día.

$e$  = base de los logaritmos Neperianos.

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que en algunos puertos, tanto del exterior, como de México, aun cuando la distribución probabilística de llegadas puede asimilarse a una curva de Poisson, los tiempos de servicio siguen, más bien, una distribución de Erlang:

$$f(t) = \frac{\mu^k}{(k-1)!} t^{k-1} e^{-\mu t} \quad \text{para } t \geq 0$$

en donde:

$f(t)$  = densidad de probabilidad de los tiempos de servicio.

$\mu$  = promedio de servicios por unidad de tiempo.

$k$  = número de fases o tareas de que consta la secuencia de servicio, cada una de las cuales tiene una distribución exponencial negativa.

Esta distribución de probabilidades se convierte en una curva exponencial negativa cuando  $k = 1$ .

Para aplicar este método al caso de puertos mexicanos, a partir de análisis específicos realizados en los puertos de Tampico y Veracruz se ha determinado que la distribución de probabilidades de los tiempos de servicio puede ser representada, razonablemente bien, por una curva de Erlang con parámetros  $k = 3$ . En los cuadros 5.1, anexos al

final del capítulo, se presentan los valores de los tiempos de espera para diferentes tasas de ocupación (expresadas en % y en días) y para s (número de longitudes de atraque) entre 1 y 30.

Para calcular los costos de espera, a partir de los datos del cuadro citado, es necesario determinar la ocupación en días (o en porcentaje) y el costo diario de espera de una embarcación. La ocupación puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$O = \frac{T}{E} \left( \frac{E}{R H_m} + \frac{A}{H_a} \right)$$

en donde:

O = ocupación (días/año)

T = tráfico anual (ton/año)

E = embarque promedio (ton/barco)

R = rendimiento horario (ton/hora)

H<sub>m</sub> = horas diarias de maniobra (horas/día)

A = tiempo de atraque y desatraque (horas/barco)

H<sub>a</sub> = horas hábiles diarias para atraque y desatraque (horas/día)

Con la ocupación como entrada para el cuadro, se determinan los días anuales de espera y consiguientemente el costo total de espera CE (\$/año).

b. Costos de desarrollo del puerto

Los costos portuarios de desarrollo están constituidos por los gas-

tos evitables mediante la aceptación de más congestionamiento, que  
 y (en este caso corresponden a la inversión y a los costos de manteni-  
 miento de la inversión.

Para los efectos de la comparación con los costos de espera de las  
 embarcaciones, las inversiones se calculan en forma de un costo  
 anual equivalente con una tasa de descuento estipulada; y a esta can-  
 tidad se añade el costo de mantenimiento anual estimado como un por-  
 centaje de la inversión inicial. Entonces el costo anual de desarro-  
 llo puede expresarse de la siguiente manera:

$$C D = I \left[ i \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + m \right]$$

en donde:

C D = costo anual de desarrollo (\$/año)

I = inversión inicial (\$)

i = tasa anual de descuento

n = vida útil de la inversión (años)

m = tasa anual de conservación

De manera general pueden asignarse estos valores de n y m.

$$n = 30 \text{ años ;}$$

$$m = 0.03/\text{año I}$$

### c. Costos de espera y costos de desarrollo

El número óptimo de muelles está determinado por la comparación en-  
 tre los costos de desarrollo y esperas de un número s de muelles y

los mismos costos de  $s + 1$  muelles. La justificación de un muelle adicional puede expresarse matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{Si } C E + C D = C T$$

$$C T_s > C T_{s+1}$$

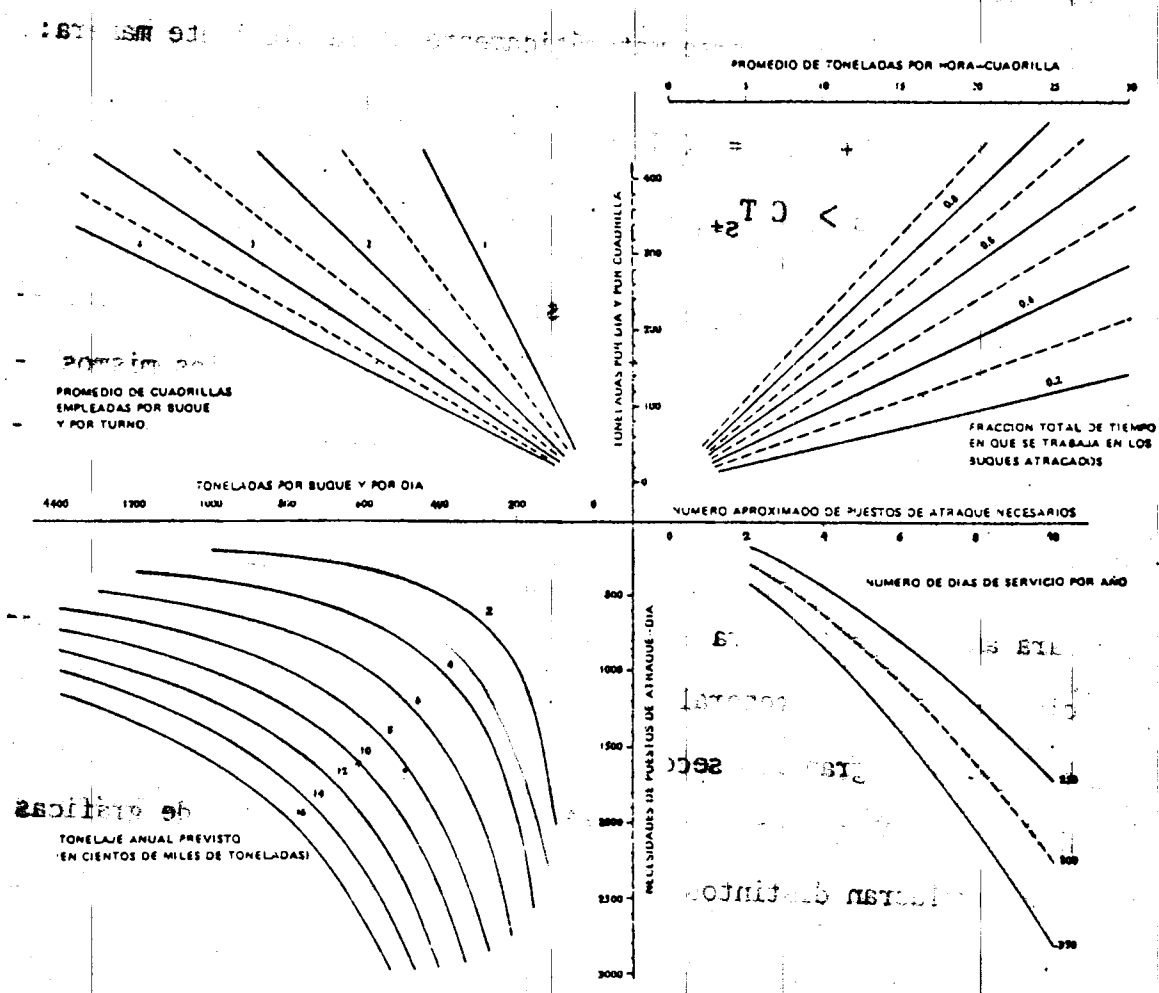
El muelle adicional se justifica si la suma de los costos de desarrollo y esperas de  $s$  muelles es mayor que la suma de los mismos costos de  $s + 1$  muelles. El punto de indiferencia se presenta en el caso de igualdad.

Para analizar de manera específica el dimensionamiento de instalaciones para carga general suelta, para contenedores, para servicio Ro/Ro y para graneles secos, se propone el uso del método propuesto por la UNCTAD que se apoya en el empleo de un conjunto de gráficas que involucran distintos factores de diseño.

### 5.3 Instalaciones para carga general suelta

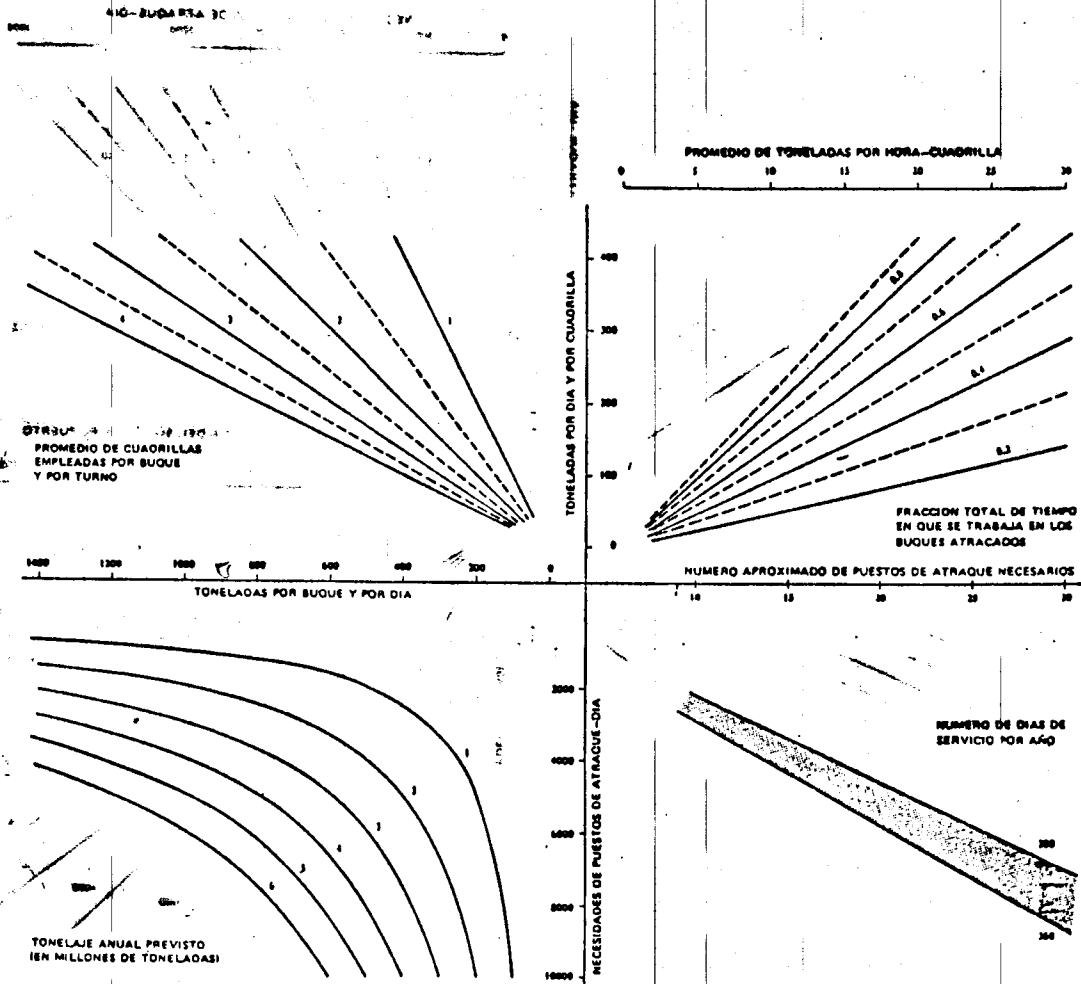
Para este caso se definen sucesivamente:

- El número de puestos de atraque requeridos con base en las condiciones operativas que se espera tener. (Figuras 5.1 y 5.2)
- El costo de permanencia del barco en puerto en función del número de puestos de atraque planteados. (Figuras 5.3 y 5.4)
- Las necesidades de superficie de almacenamiento correspondientes. (Figura 5.5)



TERMINAL DE CARGA GENERAL SUELTA  
 DEMANDA DE PUERTOS DE ATRAQUE  
 (2 a 10 puertos)

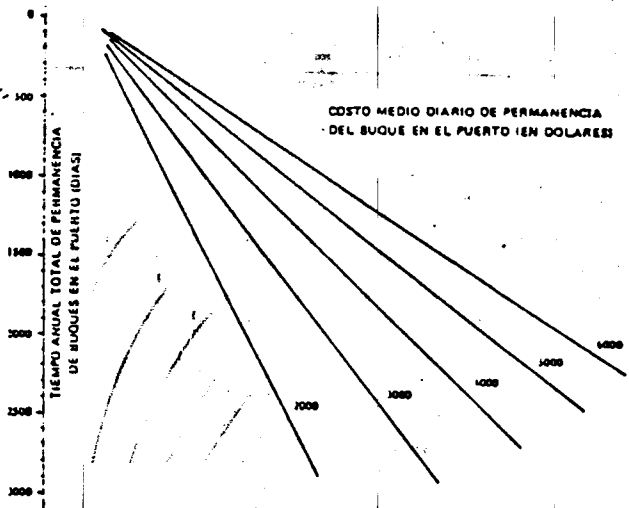
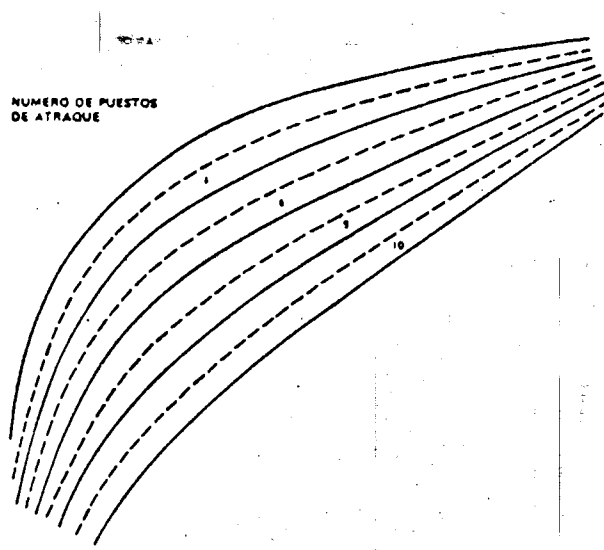
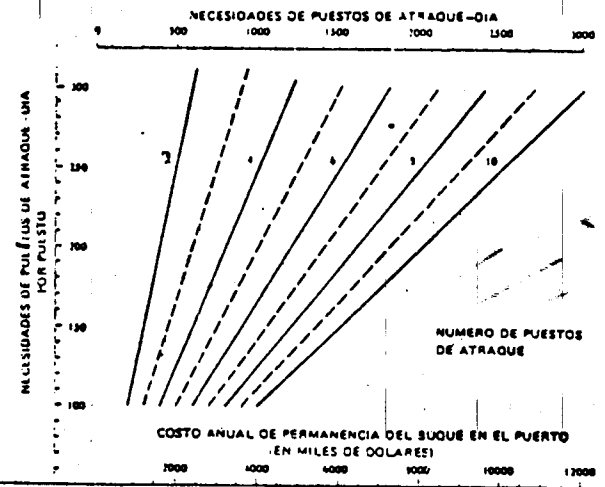
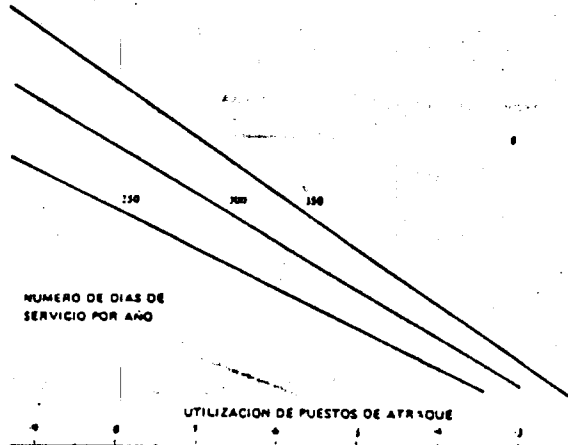
Figura 5.1



TERMINAL DE CARGA GENERAL SUELTA  
 DEMANDA DE PUESTOS DE ATRAQUE

( 10 a 30 puestos )  
 COSTO EN \$

Figura 5.2

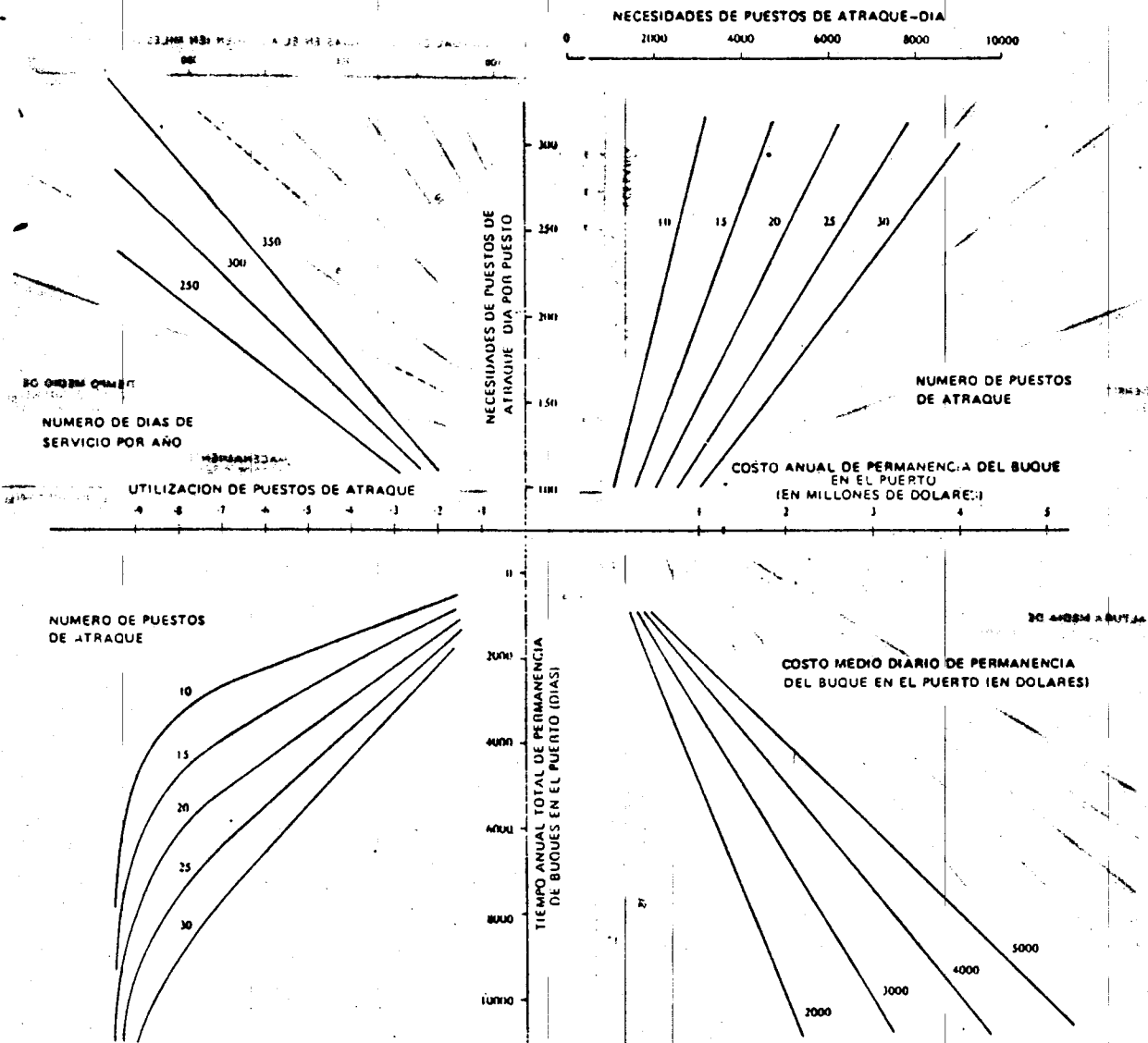


TERMINAL DE CARGA GENERAL SUELTA  
COSTO DE BARCO EN PUERTO  
( 2 a 10 puestos )

S. S. ...

Figura 5.3

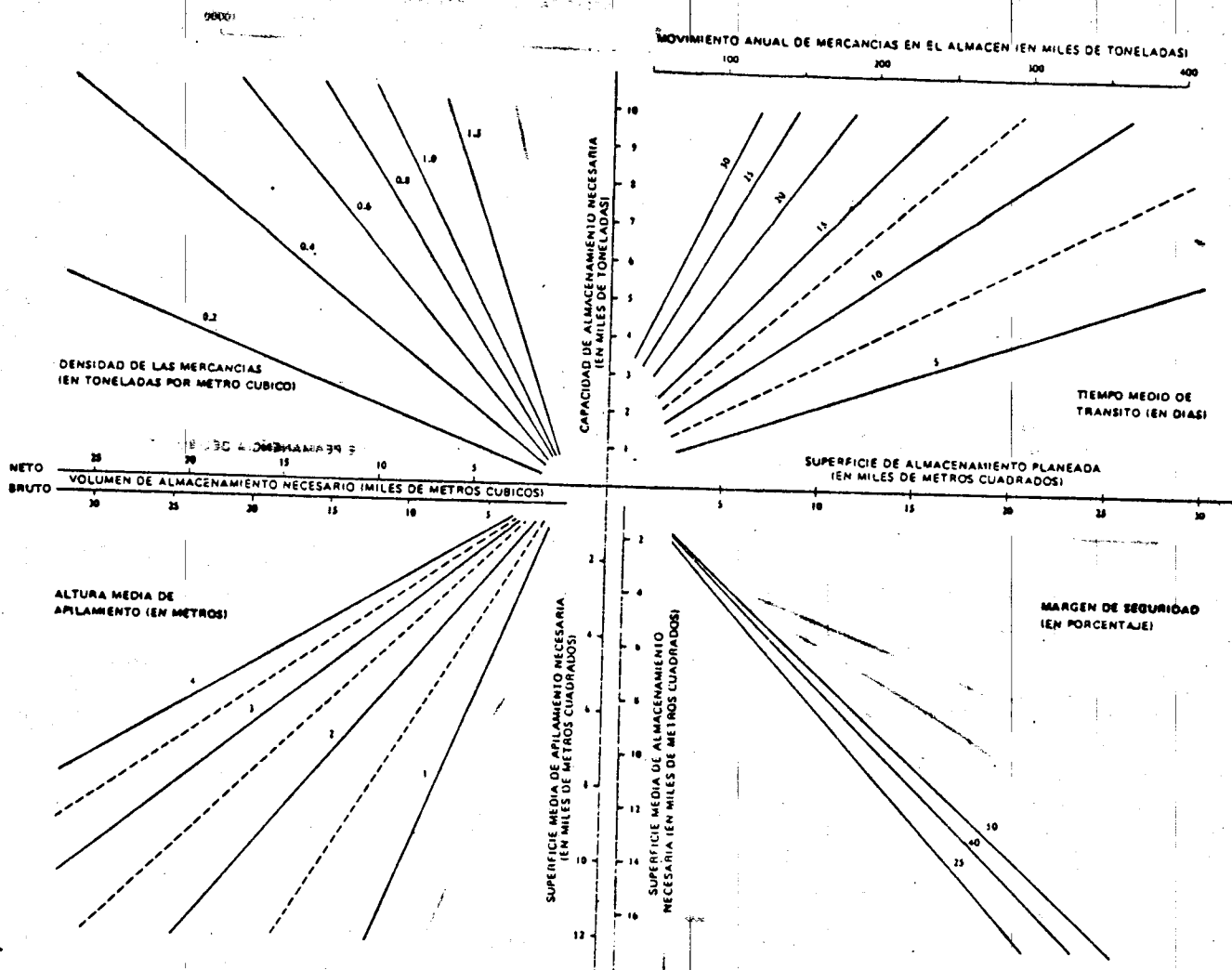




TERMINAL DE CAGA GENERAL SUELTA  
 COSTO DE BARCO EN PUERTO  
 (10 a 30 puestos)

Figura 5.4

Figura 5.4



TERMINAL DE CARGA GENERAL SUELTA  
 DEMANDA DE SUPERFICIE DE ALMACENAMIENTO

(notas de OE 01)

Figura 5.5

En el caso de la carga general suelta se consideran como elementos de decisión del número de atraques, el uso del número de puestos obtenido y el costo de barco en puerto para las opciones inmediata anterior e inmediata posterior, eligiéndose la que arroje el menor costo de permanencia. .ii

El procedimiento es el siguiente:

i. Con la figura 5.1 ó 5.2, según sea el número de puestos de atraque con que se cuenta, y la siguiente información:

- Número de toneladas manejadas por cuadrilla; dato derivado de la operación normal del puerto o supuesto si se trata de un puerto nuevo.

- Fracción del tiempo de permanencia en el puesto de atraque que se trabaja en los barcos; se obtiene de la siguiente manera:

$$f_{tp} = \frac{td}{24} \times \frac{ds}{6}$$

td = jornada diaria

ds = días trabajados a la semana.

- Número de cuadrillas empleadas por buque; dato o hipótesis según el caso.

- Previsión de tráfico; generalmente resultado de pronósticos de carga.

- Número de días al año en que el puerto puede ser utilizado tanto por condiciones meteorológicas como por condiciones laborales.

FAC. DE INGENIERIA  
BIBLIOTECAS  
CONSULTA

Se obtiene, además del número de puestos de atraque necesarios, la productividad media por buque y el número de días-atraque por año.

ii. Con la figura 5.3 ó 5.4 según el caso de la usada en la fase anterior y con los datos:

- Necesidades de días-atraque año.
- Número de puestos de atraque; aquí se puede analizar con un puesto más y uno menos de los obtenidos del paso anterior.
- Número de días de trabajo al año.
- Costo diario de permanencia del barco en puerto; dato según el tipo de barco.

Se obtiene el tiempo total de permanencia del barco en puerto y el costo consecuente. Las diferencias entre los casos analizados en costo total representan los beneficios de cada solución, lo cual, asociado a los costos de inversión correspondientes, podrá, mediante un simple análisis beneficio costo, dar el elemento de decisión sobre el número de puestos de atraque más conveniente.

iii. Con la figura 5.5 y la siguiente información:

- Movimiento anual de carga que pasa por almacenes, sean patios o bodegas; esta cifra se obtiene por información directa como un porcentaje del movimiento total, separando la parte que se entrega directamente sin almacenaje o, en el caso de un puerto nuevo, suponiendo ese porcentaje.

- Densidad media de las mercancías ( $\text{ton}/\text{m}^3$ ); este factor se estima como un promedio de los diversos tipos de carga. Para fines de proyecto puede utilizarse el coeficiente de estiba. En el cuadro 5.2, incluido al fin del capítulo, se dan valores para distintos tipos de carga.

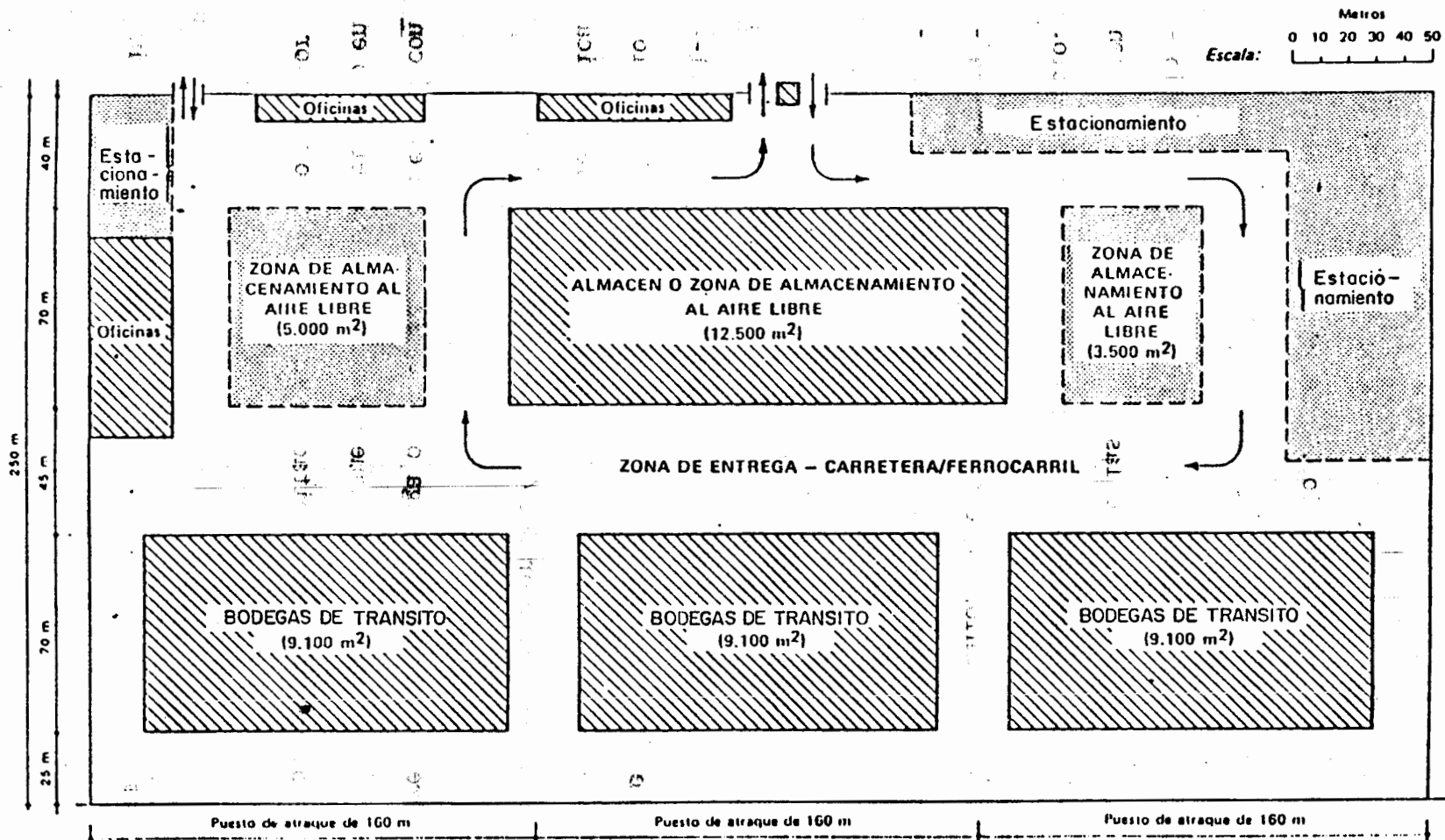
- Altura media de apilamiento, que puede tomarse como el promedio de las alturas de apilamiento de las diversas cargas que componen una bodega llena. Para carga suelta dos metros es buen promedio.

Es buen espacio libre para maniobras, oficinas, etc., no utilizado para almacenaje. Para carga general fraccionada puede estimarse en 40%.

Se obtiene la superficie media necesaria para almacenamiento y la total requerida. Esta superficie corresponde a la hipótesis de movimiento uniforme en el puerto, hecho que no siempre ocurre, por ello es recomendable dar un cierto margen de seguridad que en la práctica se ha encontrado ser alrededor del 40% de lo calculado.

Definida el área requerida de bodega o patio, su longitud estará condicionada por la del puesto de atraque correspondiente. El ancho en el caso de la bodega debe ser la mitad de su longitud pero no menor de 50 m.

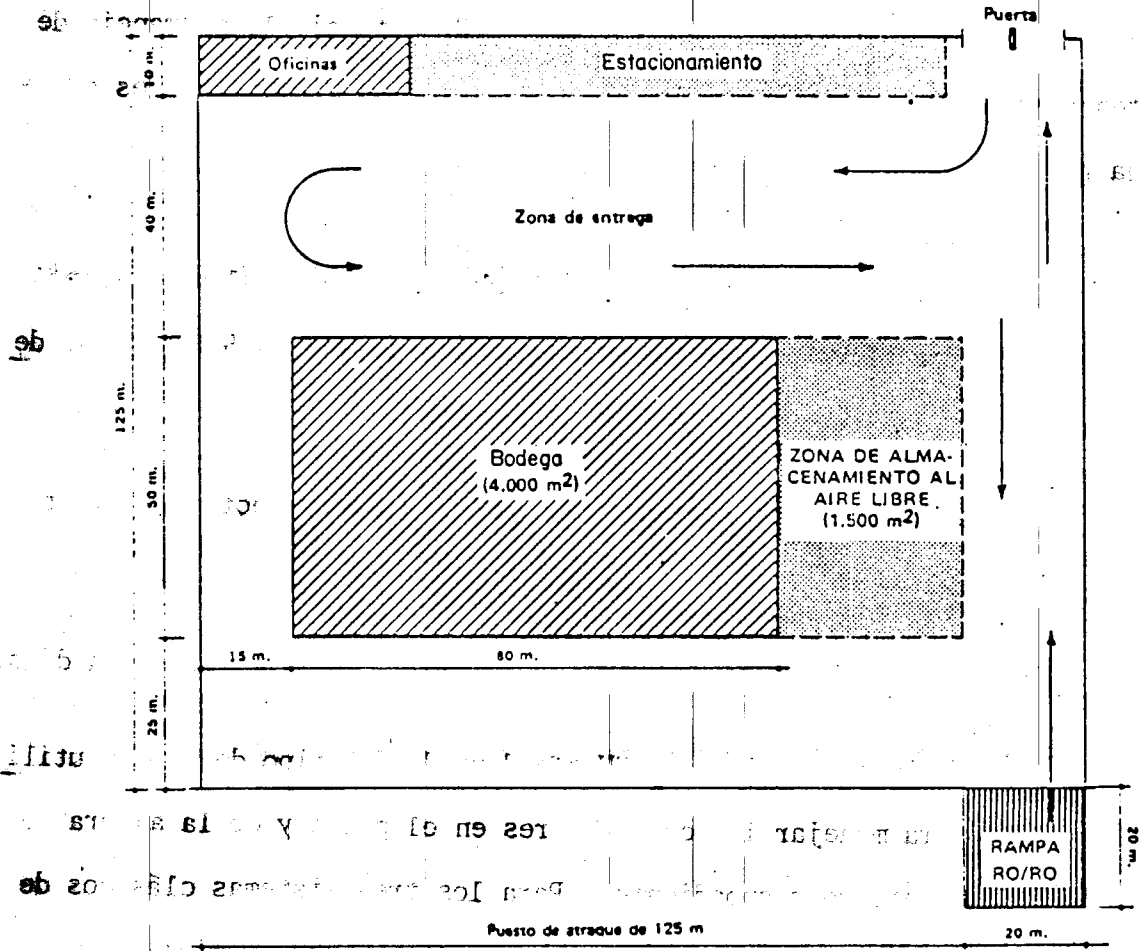
En las figuras 5.6 y 5.7 se presentan disposiciones típicas para instalaciones de carga general suelta.



DISPOSICION DE UNA ZONA CON TRES PUESTOS DE ATRAQUE

Figura 5.6

estados Unidos de América  
Departamento de Obras Públicas  
Bureau of Reclamation  
Washington, D. C.



PUESTO DE ATRAQUE PEQUEÑO PARA SERVICIOS DE CABOTAJE

Figura 5.7

20  
30  
40  
50

#### 5.4 Instalaciones para contenedores

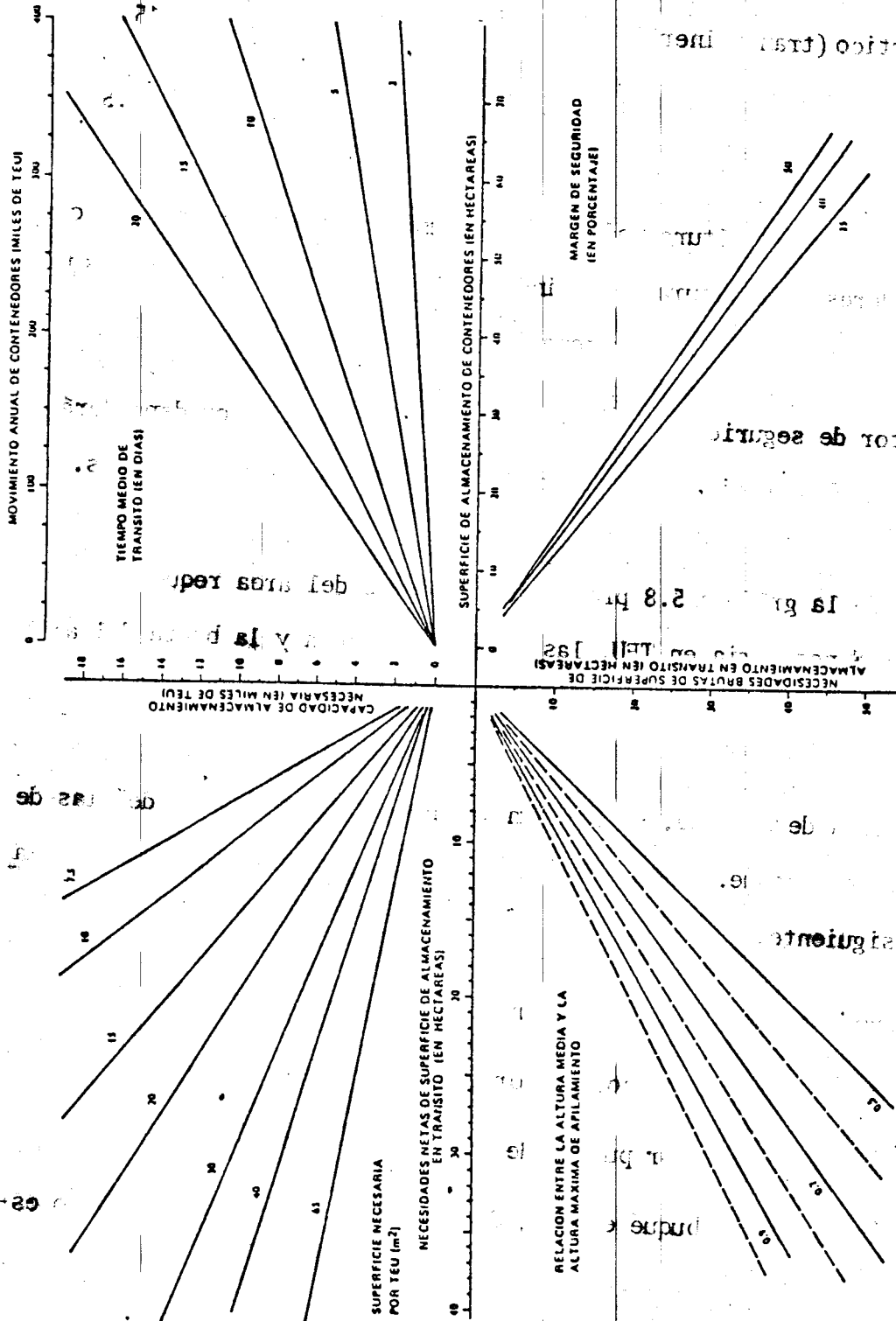
La inversión en una instalación especializada para contenedores se justifica cuando el movimiento de cajas aumente de 30,000 a 50,000 TEU en los tres primeros años de operación. Por debajo de este nivel, el manejo de contenedores tendrá que hacerse en las instalaciones convencionales de carga general.

i. En el caso de una terminal especializada, el área de almacenamiento es el factor clave en su dimensionamiento. La figura 5.8 permite determinar tal área. Se parte con la siguiente información:

- Movimiento anual de contenedores en TEU (twenty foot equivalent unit) o sea en cajas de 20'.
- Tiempo medio de permanencia del contenedor en la terminal en días.
- Superficie necesaria por TEU que depende del tipo de equipo utilizado para manejar los contenedores en el patio y de la altura de apilamiento correspondiente. Para los tres sistemas clásicos de manejo de contenedores, las superficies necesarias son:

	Altura de apilamiento (No. de contenedores)	m <sup>2</sup> /TEU
Chasis	1	65
Carretilla pórtico (straddle carrier)	1	30
	2	15
	3	10





TERMINAL DE CONTENEDORES  
DEMANDA DE SUPERFICIES DE ALMACENAMIENTO

Figura 5.8

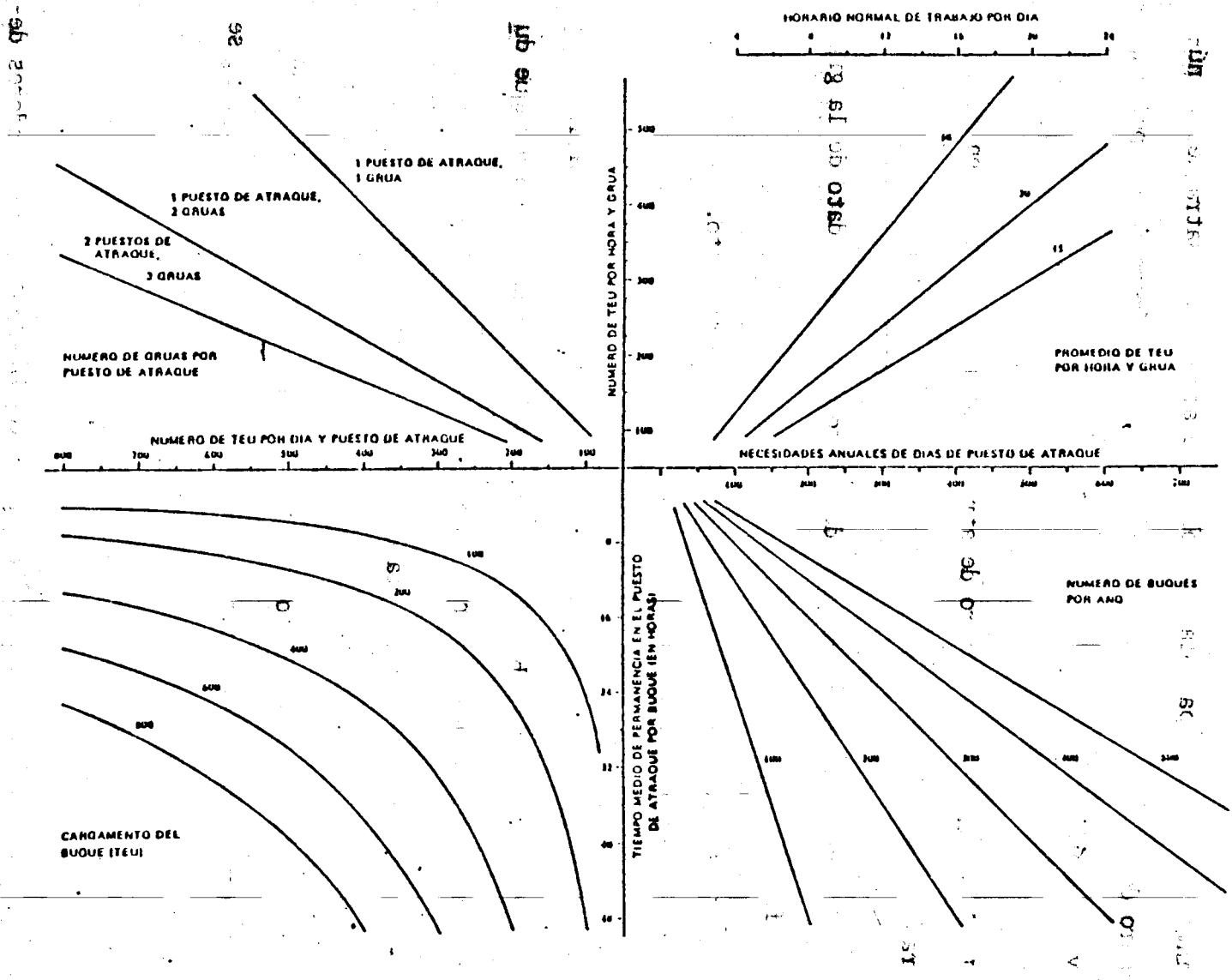
		$m^2/TEU$
Grúa pórtico (transteiner)	2	15
	3	10
	4	7.5

- Relación entre altura media y altura máxima de apilamiento de contenedores. La altura media indica el nivel al que puede considerarse que la zona de almacenamiento está llena.
- Factor de seguridad de reserva de capacidad; su valor dependerá de las fluctuaciones que pueda haber sobre los valores medios.

El uso de la gráfica 5.8 proporciona, además del área requerida, la capacidad necesaria en TEU, las superficies neta y la bruta del almacenamiento de contenedores en tránsito, y

ii. En materia de atraque, se definen las necesidades anuales de días de puesto de atraque. Para ello, usando la figura 5.9 y con la información siguiente:

- Horario normal de trabajo por día.
- Promedio de TEU por hora y por grúa; dato para proyecto.
- Número de grúas por puesto de atraque; dato para proyecto.
- Cargamento del buque en TEU; dato acorde con el tipo de barco esperado.
- Número de buques por año; información del pronóstico.



TERMINAL DE CONTENEDORES  
 DEMANDA DE DIAS DE PUESTO DE ATRAQUE

Figura 5.9

Se obtiene la necesidad anual de puestos de atraque-día, el tiempo medio en horas de permanencia de cada barco en el puesto de atraque, incluida una hora para las maniobras de atraque y desatraque, el número de TEU por día y puesto de atraque, y el número de TEU por día y por grúa.

iii. La decisión sobre el número de atraques se toma con apoyo en la figura 5.10 donde con:

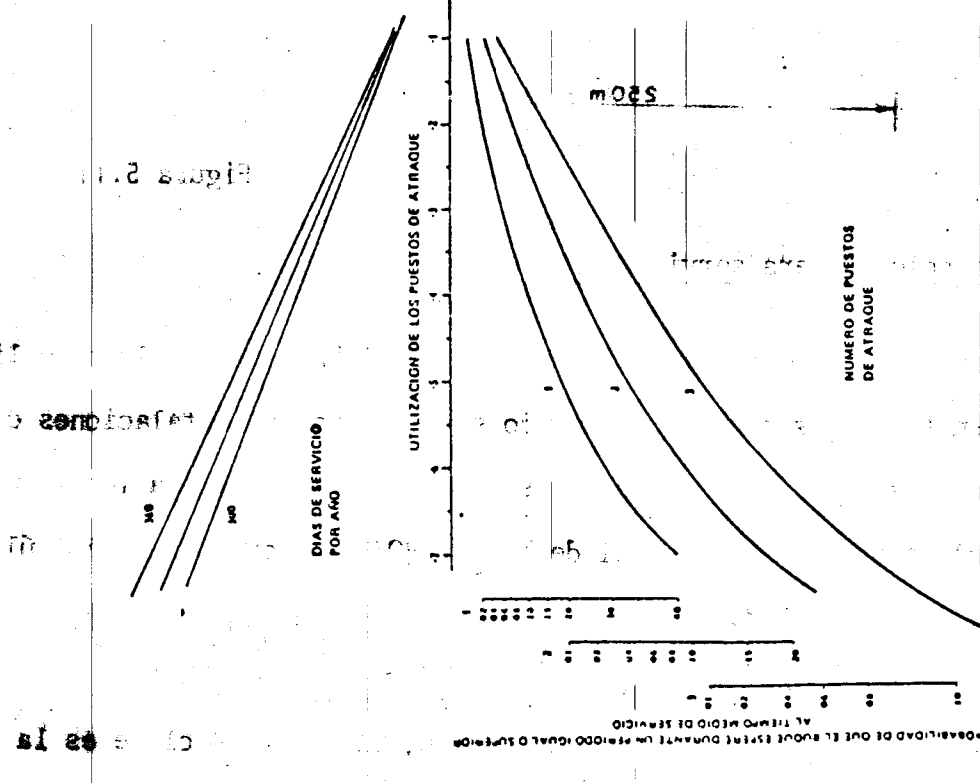
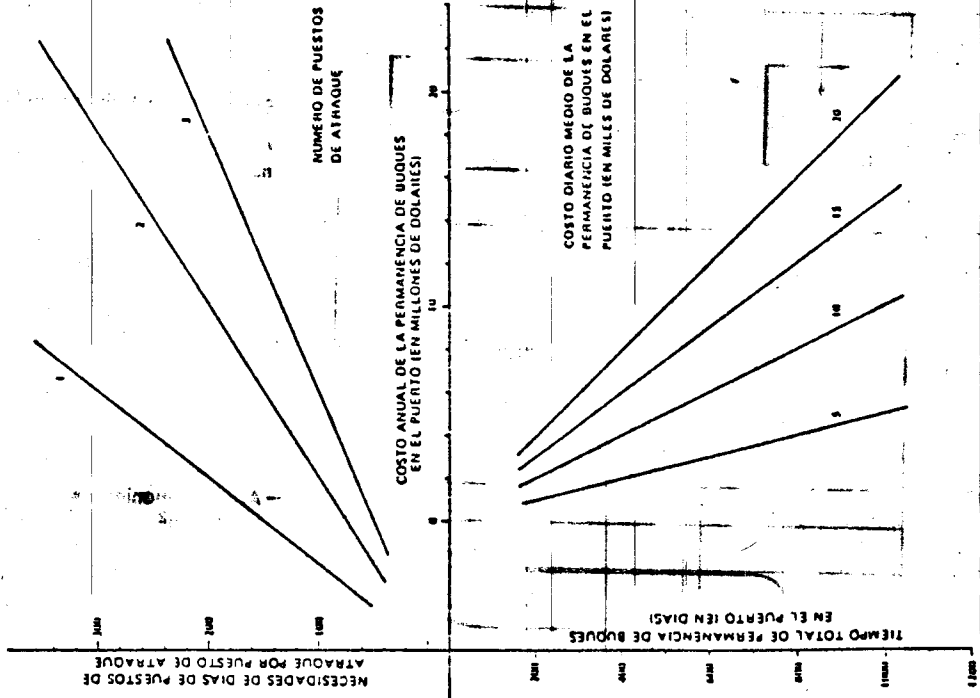
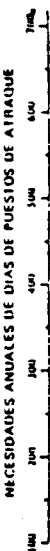
- Necesidades anuales de días de puesto de atraque; dato de la gráfica 5.9.
- Número de puestos de atraque; hipótesis de proyecto.
- Días de servicio por año; condición operativa.
- Número de puestos de atraque, incluida la corrección por la probabilidad de que un barco tenga que esperar un puesto de atraque durante un lapso superior al medio de servicio.
- Costo medio de permanencia del barco en puerto.

queda determinado el costo anual de permanencia de barcos en el puerto según los distintos números de puesto de atraque. La decisión se toma de manera análoga a la de los muelles de carga general, propuesta en 5.3.

Aunque como se señaló, las dimensiones de una terminal de contenedores depende del sistema que se utilice para su manejo en el patio de almacenamiento, en la figura 5.11 se presenta un ejemplo de una terminal típica.

COMANDO EN JEFE FUERZAS ARMADAS

NECESIDADES ANUALES DE DIAS DE PUERTOS DE ATRAQUE



TERMINAL DE CONTENEDORES

COSTO DE BARCO EN PUERTO

Figura 5.10

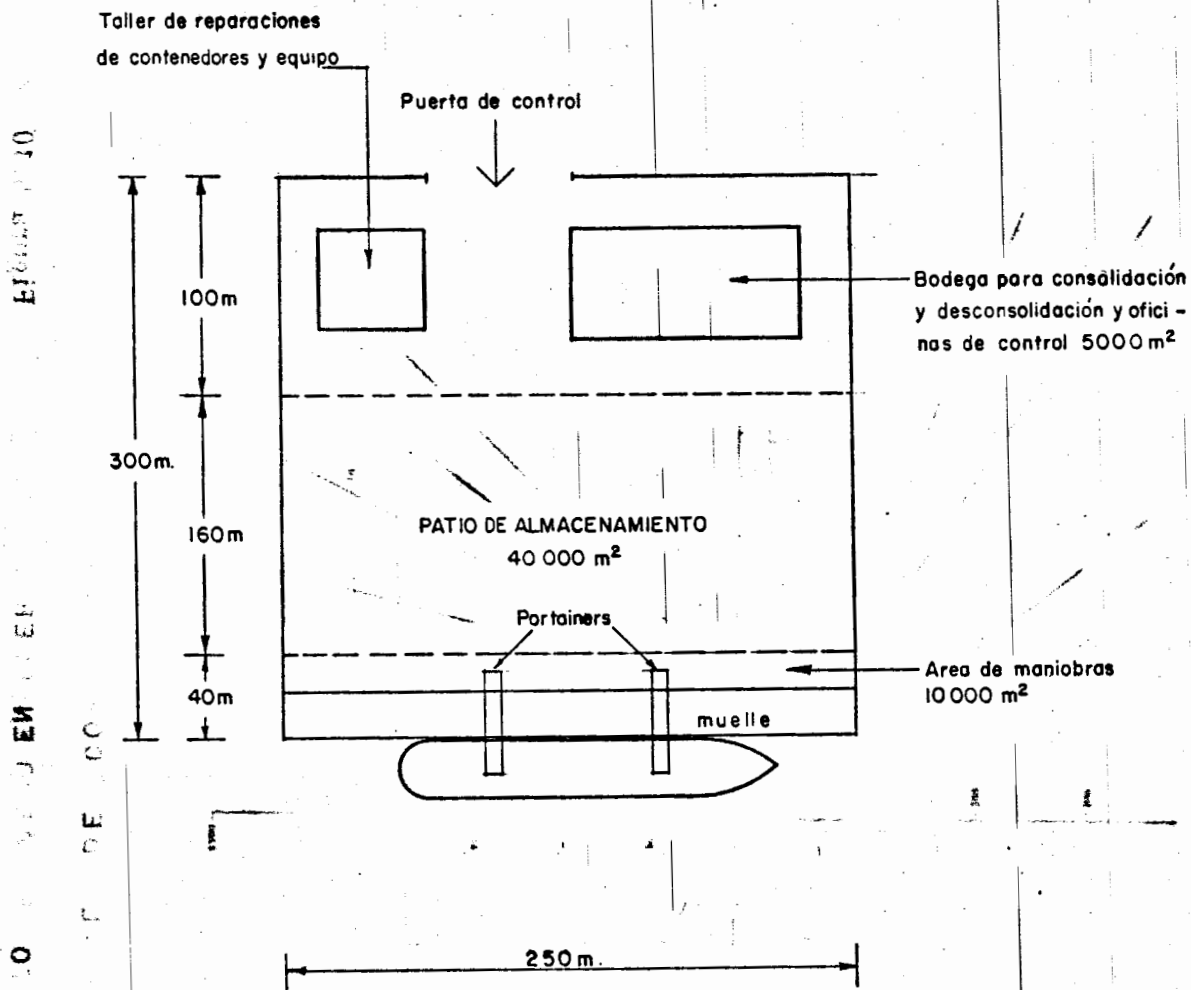


Figura 5.11

### 5.5 Instalaciones para servicio RO/RO

La cada vez mayor importancia del servicio RO/RO hace que en la actualidad casi en todos los puertos del mundo se disponga de instalaciones específicas para este tipo de servicio. Para dar una idea de esa importancia diremos sólo que la flota mundial de barcos RO/RO ha crecido en los últimos años a razón del 38%.

En el dimensionamiento de una terminal RO/RO, el elemento clave es la superficie de almacenamiento. Para determinarla, la carga RO/RO debe agru-

parse en cuatro clases:

- Contenedores
- Carga transportada con equipo auxiliar
- Carga general
- Carga sobre ruedas

La superficie para contenedores puede calcularse usando la gráfica de la figura 5.8. Para el segundo y tercer tipo de carga, se recomienda emplear la figura 5.5, correspondiente al caso de una terminal de carga general - fraccionada.

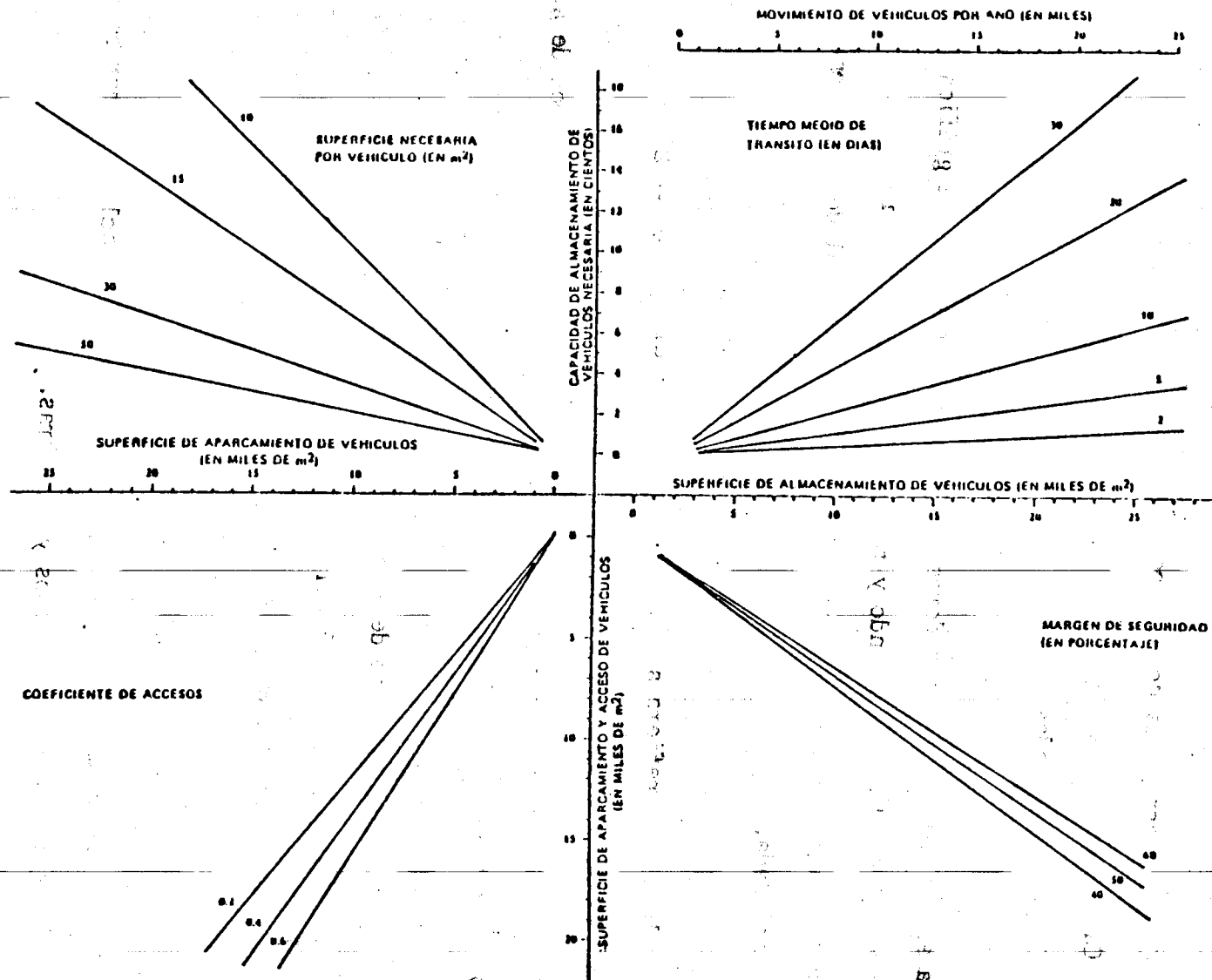
Por lo que se refiere a la superficie requerida para la carga RO/RO, se emplea la gráfica de la figura 5.12. Como información complementaria se dan enseguida valores típicos del área ocupada por diversos tipos de autos y camiones.

	m <sup>2</sup>
Trailer articulado de 15 m	46.5
Trailer rígido de 16 ton	26.5
Automóvil grande	11.0
Automóvil pequeño	7.0

El área obtenida del uso de la gráfica mencionada, incluye un margen de seguridad destinado a accesos y maniobras.

El transporte RO/RO exige del puerto instalaciones particulares para su puesta en práctica efectiva. El medio de unión entre muelle y barco sue-

DE V M V C E M V M I M  
 DE F M I M I M



TERMINAL Ro - Ro  
ZONA DE ALMACENAMIENTO DE VEHICULOS

Figura 5.12



le ser una rampa con condiciones de rodadura y resistencia para permitir el paso de grandes cargas.

Dependiendo del tipo de barco y de las entradas al mismo, las rampas suelen ser de cuatro tipos, por popa, por proa, laterales o sesgadas en popa, siendo las primeras las más frecuentes. (Figura 5.13)

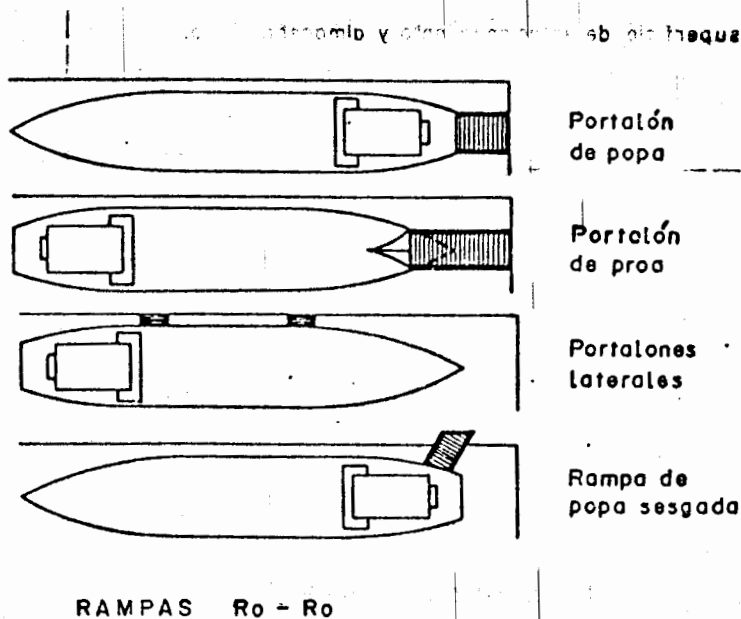
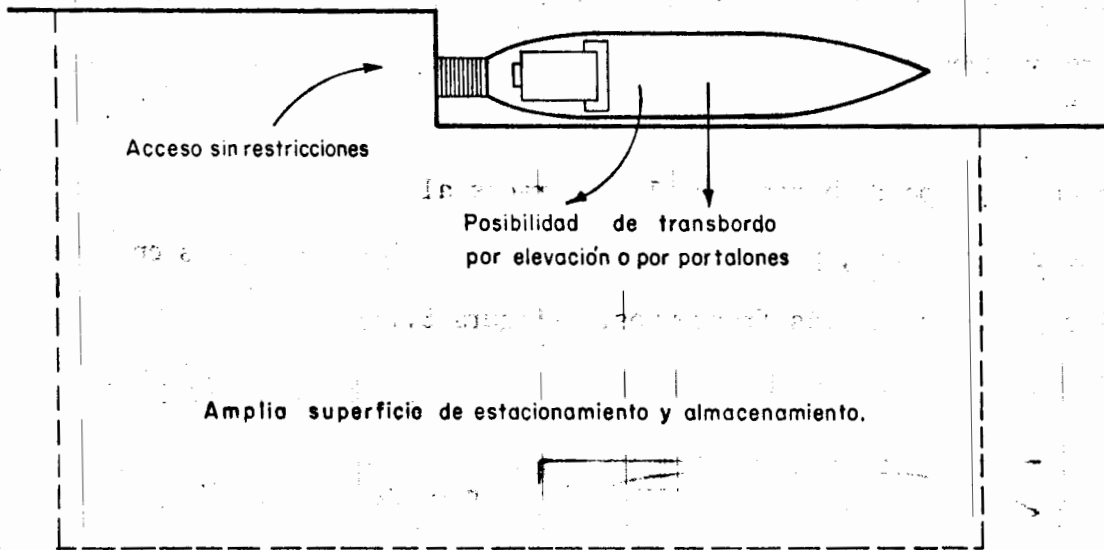


Figura 5.13

La disposición del muelle destinado a tráfico RO/RO será tal que permita la operación con independencia de cualquier circunstancia ajena. Así pues, por el lado de tierra el muelle dispondrá de una superficie libre para tránsito y maniobras. (Figura 5.14)

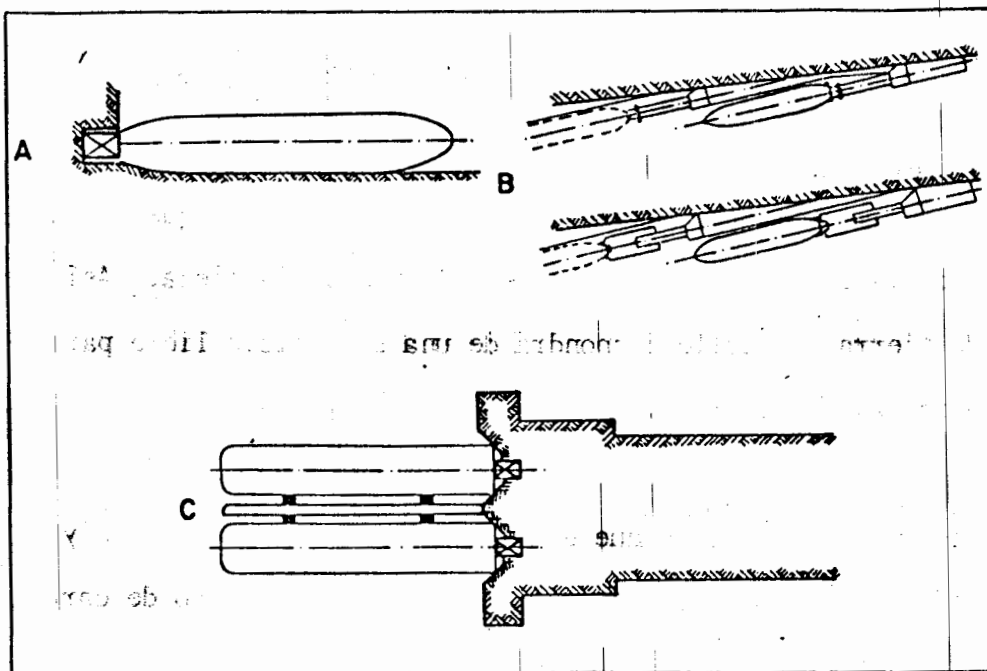
En los atraques RO/RO se procura que el eje de la rampa de descarga y el del muelle estén alineados. El rápido desarrollo de este tipo de carga



Posibilidad de transbordo por elevación o por portales

Figura 5.14

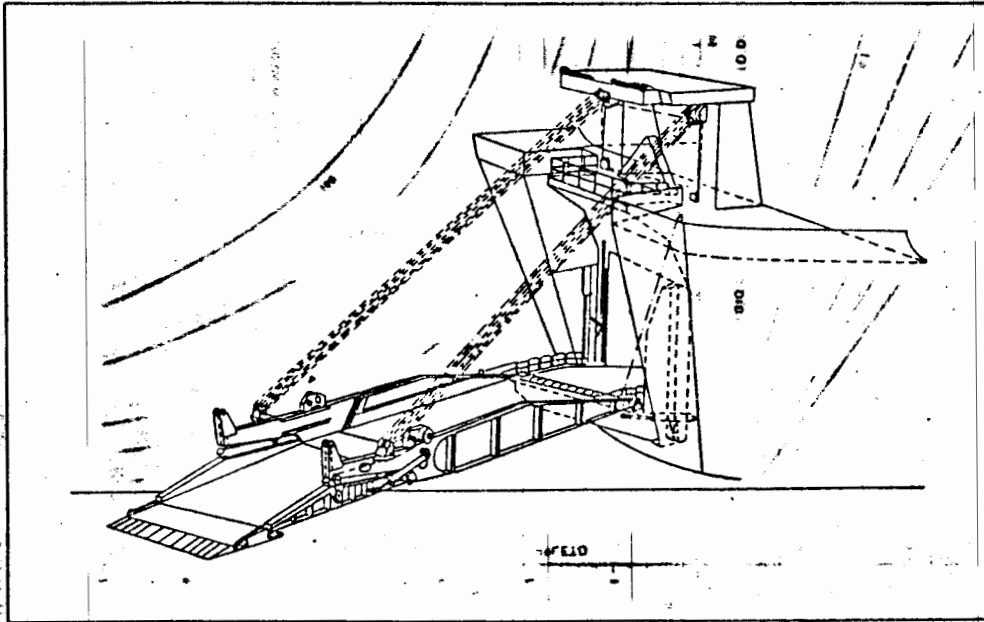
ha motivado la construcción de terminales específicas con atraques múltiples. (Figura 5.15)



DISPOSICIÓN DE ATRAQUES Ro - Ro

Figura 5.15

En casos aislados la rampa va en el propio buque, con lo cual quedan prácticamente resueltos todos los problemas de atraque y niveles y haciendo factible la operación en cualquier puerto. (Figura 5.16)



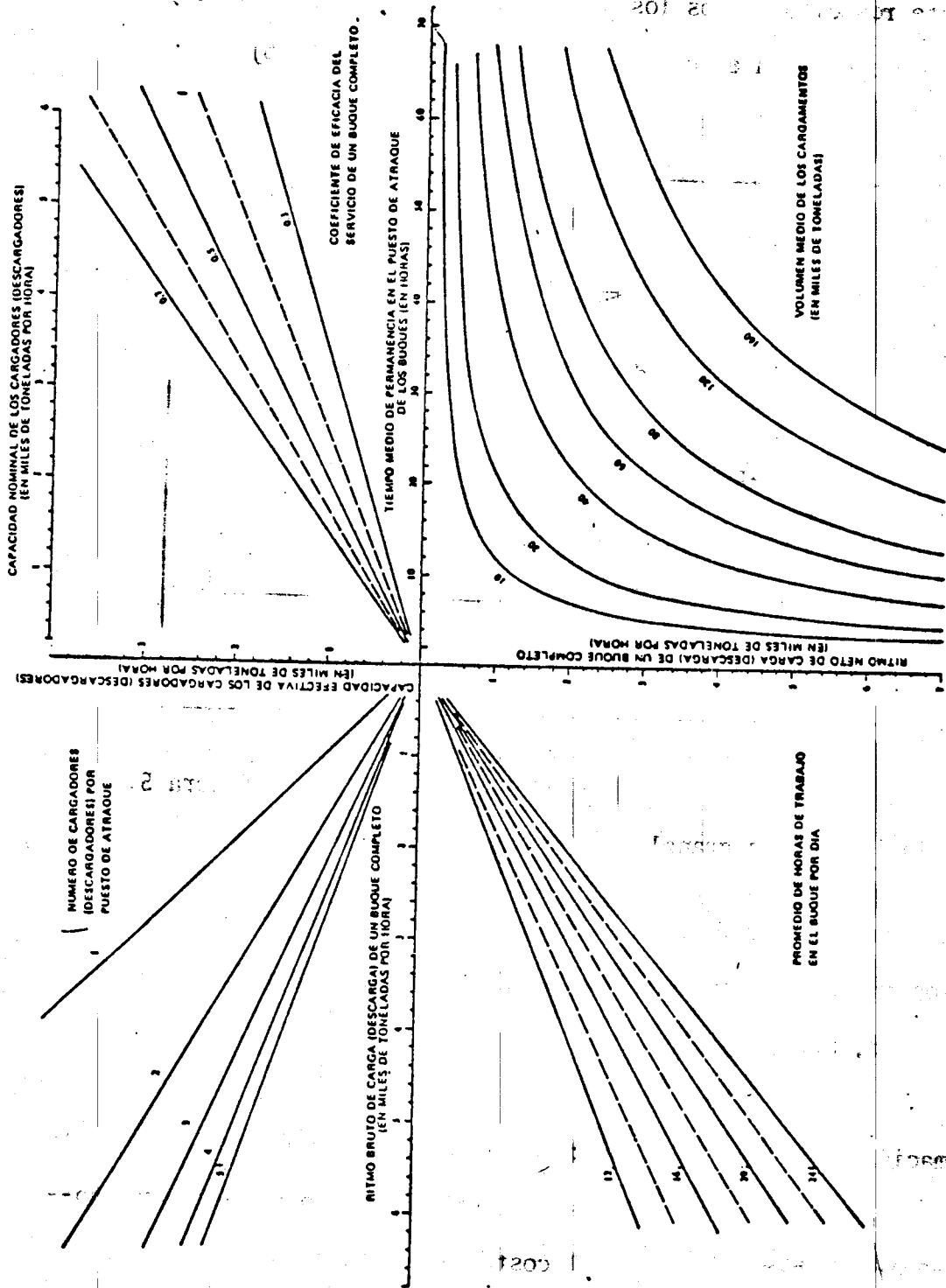
RAMPA PROPIA DEL BARCO TIPO NAVIRE

Figura 5.16

### 5.6 Instalaciones para graneles

El procedimiento utilizado para definir el número de atraques es análogo a los casos anteriores, para ello se utilizan las gráficas de las figuras 5.17, 5.18, 5.19 y 5.21.

La información básica requerida es: capacidades nominales de los cargadores o descargadores, según el caso; el volumen medio de los cargamentos, el número de barcos al año, el costo medio diario de los barcos y el número de días de servicio del puesto de atraque por año. (Figuras 5.17 y 5.18)



TERMINAL DE CARGA A GRANEL  
TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL PUERTO DE ATRQUE

Figura 5.17

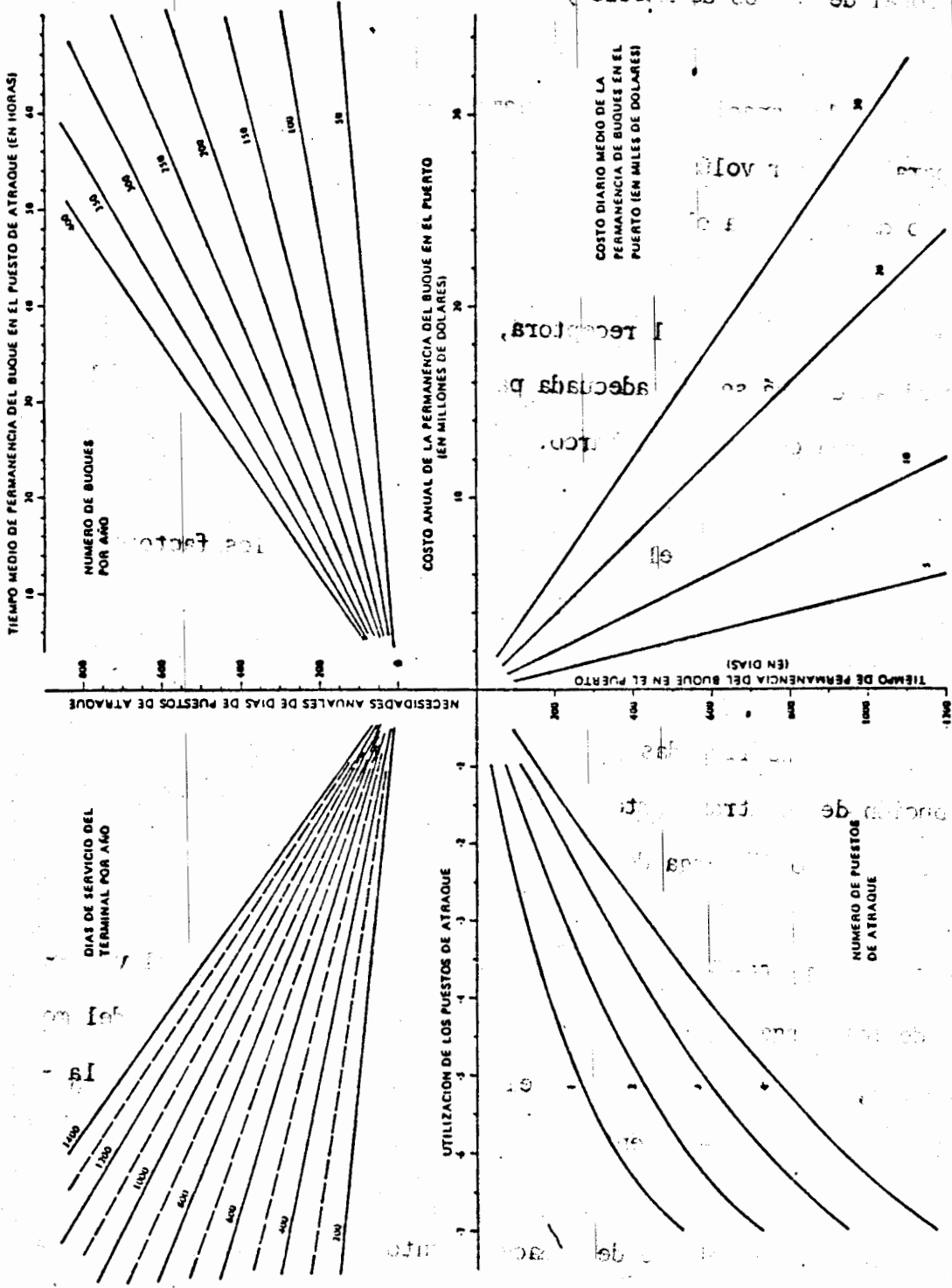


Figura 5.18

TERMINAL DE CARGA A GRANEL  
COSTO DE LA PERMANENCIA DE BUQUES EN EL PUERTO

La decisión sobre el número óptimo de puestos corresponderá a aquel para el cual el total de costos de muelle y de buque sea el mínimo.

Por lo que toca a la capacidad de almacenamiento, existe el problema de definirla para asegurar volúmenes suficientes, pero no excesivos, para que el tiempo de carga sea el óptimo.

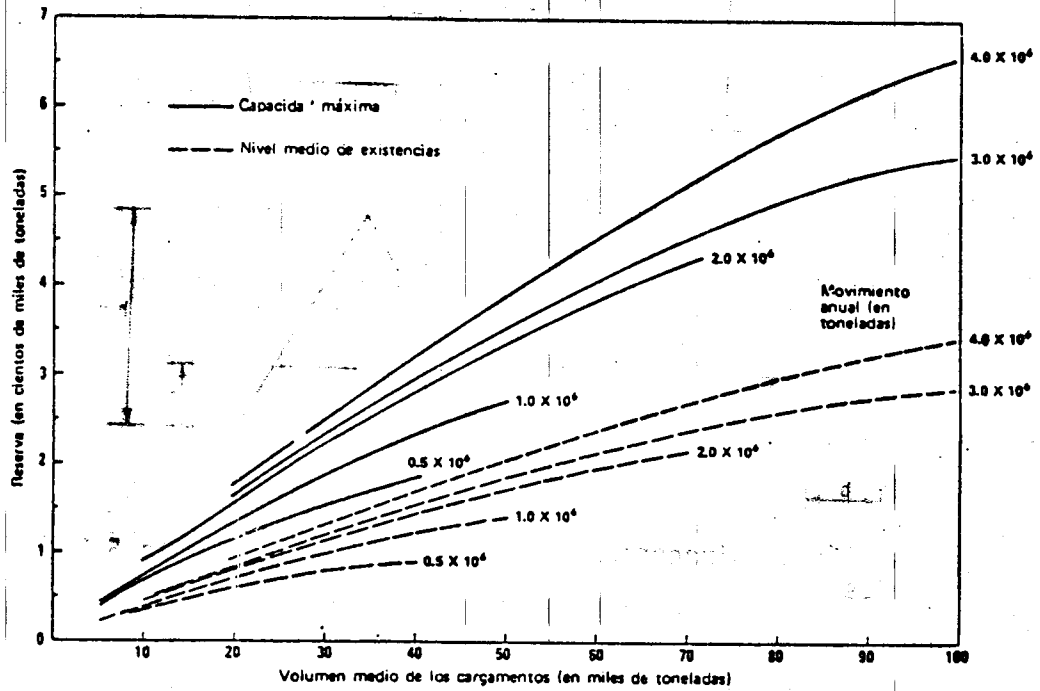
Cuando se trata de una terminal receptora, el problema es análogo sólo que la capacidad deberá ser la adecuada para permitir que no haya problema para la descarga continua del barco.

La superficie necesaria para el almacenamiento depende de los factores siguientes:

- tamaño del cargamento del barco
- distribución de las llegadas
- distribución de los transportes internos
- ritmos de carga o descarga de los barcos.

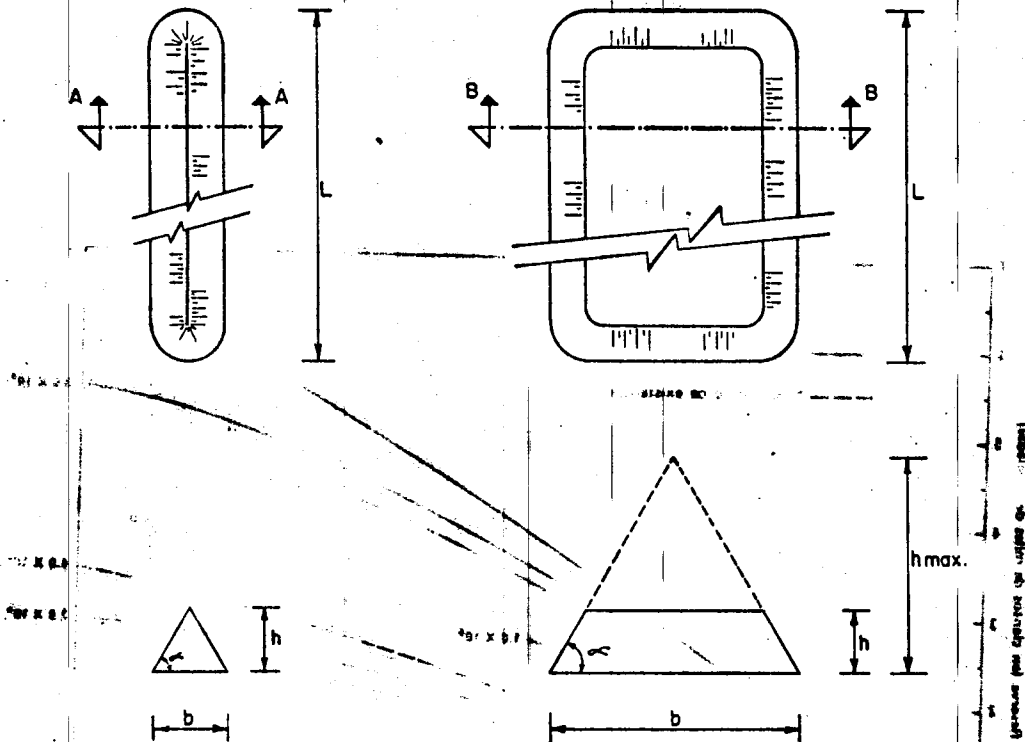
Con la gráfica de la figura 5.19 pueden determinarse, a partir del volumen medio de los cargamentos de los barcos en miles de toneladas y del movimiento anual, también en toneladas, el nivel medio de existencia y la capacidad máxima de almacenamiento.

Para dimensionar la superficie de almacenamiento, hay que tomar en cuenta la forma de disponer los montones de material. Sobre el particular, existen dos formas clásicas. (Figura 5.20)



RESERVA DE EXPORTACION EN FUNCION DEL MOVIMIENTO ANUAL DE MERCANCIAS Y DEL CARGAMENTO MEDIO DE LOS BUQUES

Figura 5.19



Disposición de almacenamiento de graneles minerales

Figura 5.20

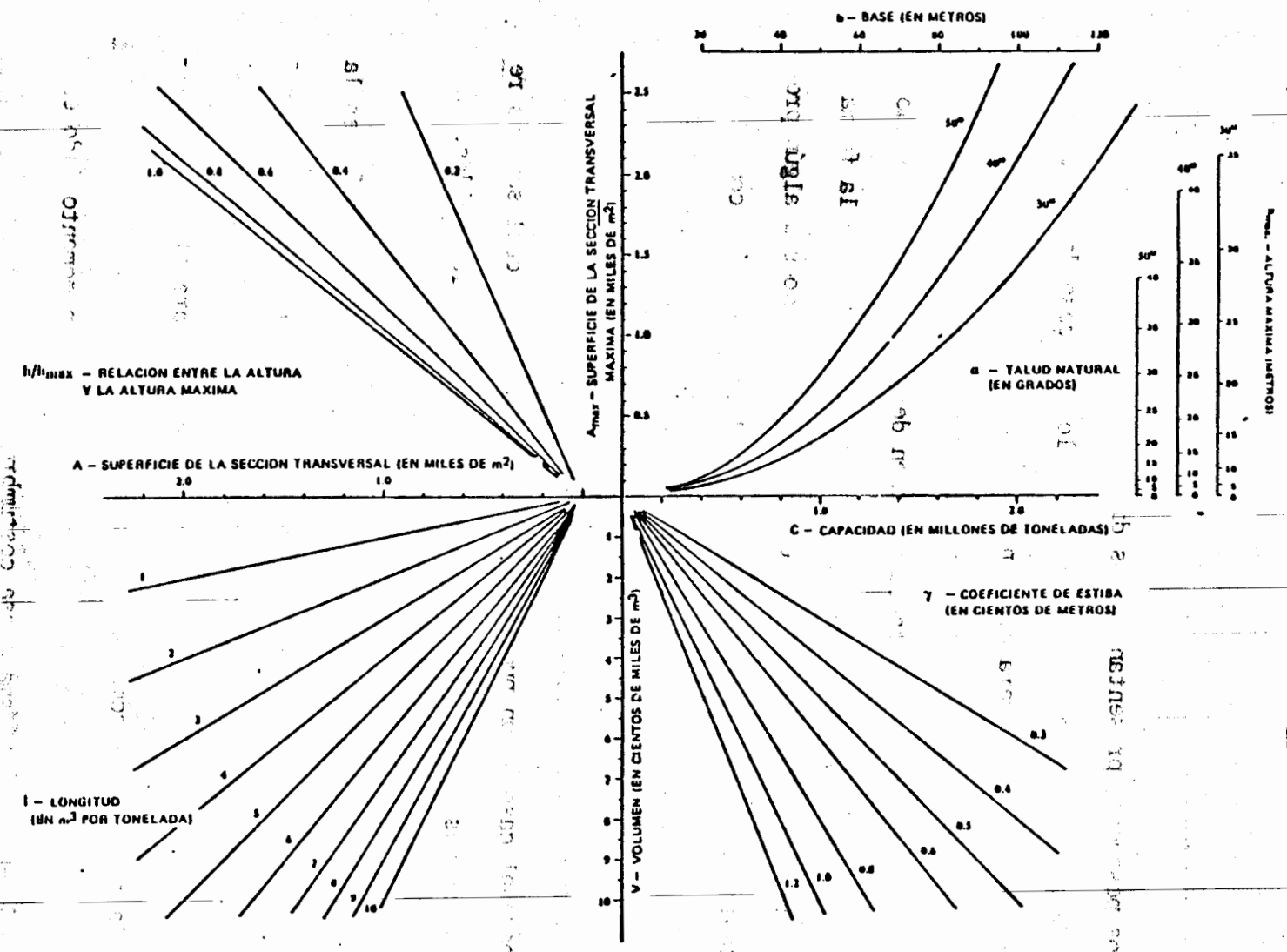
A partir de las disposiciones anteriores y según las características del material en cuestión, con el uso de la gráfica de la figura 5.21, los datos de talud de reposo obtenidos del cuadro 5.2 y la hipótesis sobre el ancho  $b$  de la base del montón se define sucesivamente:

- Altura máxima a que se puede apilar el material, y la superficie de sección transversal máxima,
- con esta relación se encuentra la longitud  $L$  del montón y con el coeficiente de estiba se obtiene la capacidad del apilamiento.

Para una base y una altura determinados, se puede variar la longitud  $L$  del monto hasta obtener la capacidad de almacenamiento establecida



-1000 60 1000 600 400 200 100 50 25 10 5 2 1



10220

TERMINAL DE CARGA A GRANEL  
DIMENSIONES DE LOS MONTONES DE MATERIAL

Figura 5.21

mediante la gráfica de la figura 5.19.

### 5.7 Puertos pesqueros

Los puertos pesqueros presentan rasgos distintivos que condicionan los conceptos de planeación comparativamente con los del caso de una terminal de tipo comercial. La primera diferencia radica en el tipo de pesca que se maneje ya que el mismo estará vinculado con su forma de consumo. Esto es, habrá ocasiones en que las capturas estén destinadas a un traslado inmediato a los mercados de consumo para alimento humano bajo la forma de pescado fresco; puede suceder que en cambio su destino sea algún procesado industrial como la harina de pescado, el enlatado o el congelado.

Lo anterior se traduce en diferentes demandas de servicio en los muelles y en las áreas de tierra, cosa que en términos generales no sucede por ejemplo para el caso de un puerto de carga general en el cual son más regulares las formas de operación y tipo de instalaciones requeridas.

Otro factor muy importante, sobre todo en casos como nuestro país, es la costumbre local para el manejo de productos pesqueros, misma que puede influir de manera definitiva en los requerimientos de instalaciones y si bien es deseable que existan reglamentos operativos para el puerto pesquero en la misma forma como los hay para los puertos comerciales, es frecuente que también el reglamento operativo pueda en un momento dado estar condicionado en cierta forma a esa costumbre local.

Lo anterior es derivado del régimen comercial a que esté sujeta la acti-

vidad pesquera en un determinado sitio, así por ejemplo hay lugares en - que en la pesca del camarón los propietarios de los barcos son diferen- - tes de los de las plantas encargadas de procesarlos; en otros, los pro- - pietarios de las plantas son los mismos que los de los barcos y existe - también una combinación de las situaciones anteriores.

Finalmente, cabe señalar que como una consecuencia de la escasa diversi- - ficación de capturas que hay en nuestro país se están dando apenas los - primeros pasos en materia operativa de puertos pesqueros lo que en conse- - cuencia se reflejará en los criterios de planeación de los puertos pes- - queros.

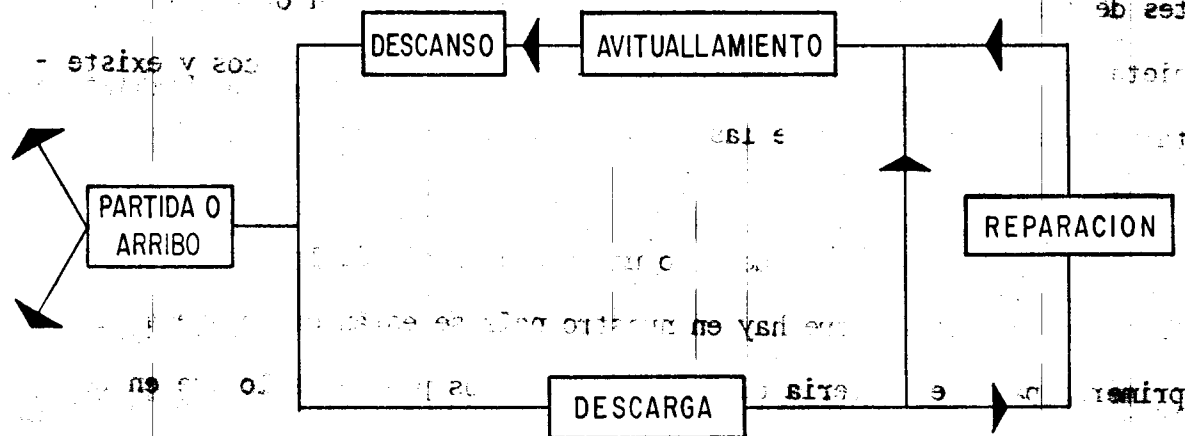
#### 5.7.1 Funciones generales

Las funciones generales de un puerto pesquero pueden resumirse en tres, una que se refiere al soporte que debe dar a la flota que lo abastece de materia prima, y la otra concerniente a las capturas propiamente dichas y la tercera el servicio a los pescadores y equipo humano en general.

No obstante lo anterior, desde el punto de vista portuario, la planeación de las instalaciones queda condicionada al servicio que hay que dar a la flota que lo usa, de aquí la importancia de definir características particulares que adopta en cada caso el ciclo de una embarcación en puerto.

Este ciclo se compone de varias fases cada una de las cuales define una forma de atender al barco sea por el tipo de captura en la correspondiente a la descarga o la embarcación y sus aparejos de pesca en las fases -

subsecuentes. (Figura 5.22)



Ciclo de una embarcación pesquera en puerto

Conforme con este ciclo, el apoyo demandado por las embarcaciones será el siguiente:

Para la partida pueden dársele informaciones de carácter meteorológico, en tanto que al arribo, el soporte convencional relativo al señalamiento, ayudas a la navegación y protección.

Los servicios de descarga variaran según el tipo de pesca y de su proceso posterior. A partir de la descarga, la embarcación se prepara para volver al mar.

Con este propósito, si no requiere reparaciones, será suficiente darle el mantenimiento preventivo y rutinario, así como las reparaciones usuales de los aparejos de pesca.

Al propio tiempo recibirá el suministro de combustible, hielo, agua y todos los elementos que constituyen el avituallamiento.

En caso de requerir alguna reparación mayor, el barco tendrá que recurrir al uso de varaderos y demás instalaciones para este fin, sean para hacerlo a flote o en seco.

### 5.7.2 Factores de planeación

Los factores de planeación de un puerto pesquero los dividiremos en forma convencional, como en el caso de los puertos de carga general, en factores geográficos y físicos, y los económicos, los pesqueros y los relativos a la comercialización de la pesca.

#### a. Factores geográficos y físicos

La ubicación física de un puerto pesquero, como cualquier instalación portuaria, está condicionada a consideraciones de tipo económico, pero en especial a consideraciones de tipo biológico. Sin embargo, partiendo del supuesto de que tales funciones determinarían la necesidad de construcción de una terminal pesquera, el proceso de selección de sitio sigue las mismas normas generales de ingeniería de costas que cualquier puerto.

Los estudios sobre oleaje, transporte litoral, corrientes, mareas, vientos, morfología costera, características de suelos, protección contra alguno de los agentes mencionados anteriormente, etc., son normales en el estudio de los puertos pesqueros señalando que sin embargo dichos factores inciden en forma diferente al caso de los puertos

tos comerciales debido a las características de las embarcaciones - las pesqueras, las cuales requieren menos profundidad y consecuentemente también menores dimensiones para operar.

Por otro lado, es frecuente que trate de buscarse, aprovechando estas menores restricciones impuestas por la embarcación, usar rasgos morfológicos de la costa favorables para reducir las inversiones en materia de obras de protección.

En el lado de tierra, la necesidad de contar con terrenos suficientes no inundables con buenas comunicaciones terrestres aparte de las perspectivas de fácil obtención de servicios de infraestructura general como agua potable y electrificación.

#### b. Factores económicos

Estos factores, aunque con frecuencia se hallan relacionados directamente con los geográficos y los físicos, comprenden aspectos tales como las áreas de pesca, que determinarán la clase, número de embarcaciones y volumen de desembarque; formas de procesamiento e industrialización acorde con los mercados locales, regionales o nacionales, según el tamaño del puerto.

#### c. Factores pesqueros.

Su estudio constituye una fase importante en la ubicación de la nueva terminal. La definición del área de pesca, asociada al tipo de captura determinará que tan estrecha será la relación de la flota con el puerto.

- Hay especies cuya captura se hace en la misma zona, independientemente de su estacionalidad, y en volúmenes relativamente reducidos que obliga a las embarcaciones a ciclos cortos y consecuentemente a tener un puerto base.

2) En otros casos, el carácter estacional de las capturas puede obligar a desplazamiento de las flotas, teniendo más de una terminal de desembarque. Esto mismo ocurre cuando se pescan especies migratorias.

Las variantes anteriores sirven para ejemplificar el tipo de consideraciones que tienen que hacerse en materia de ubicación y de capacidad de recepción del puerto.

#### d. Factores asociados a la comercialización

La distribución del producto dependerá de si va a ser destinado para su industrialización o si se distribuye fresco. Debido a los adelantos en la industria en materia de congelación y preparación del pescado en filetes y en el cambio gradual en el gusto de los consumidores, se facilita la distribución del pescado congelado, especialmente en los países que disponen de zonas de comercialización cercanas e inmediatas al puerto y con buenos medios de transporte.

De esta manera, la zona de distribución puede variar y su extensión dependerá del volumen de capturas, de la existencia de un centro de consumo inmediato y de la disponibilidad de elementos para la elaboración y transporte. Es muy importante pues, estudiar desde el pri-

mer momento y al dimensionar las zonas para industrialización establecer las distintas variantes de consumo así como la magnitud de la demanda a la que habrá de atender el mercado de venta al por mayor y sin perder de vista los medios de transporte de que se dispone.

### 5.7.3 Determinación del tipo y tamaño de las instalaciones y servicios pesqueros

Una vez seleccionado el sitio de la terminal pesquera y definidos los factores anteriores, se describe el proceso de dimensionamiento de las instalaciones de un puerto pesquero.

#### a. Tipos y número de barcos y de desembarques esperados

La capacidad de desembarque y los equipos necesarios variarán de acuerdo al tipo de embarcación que arribe al puerto, al número de desembarque que se esperen al año, por temporada o diariamente.

El estudio no sólo debe abarcar las necesidades actuales sino también el posible desarrollo futuro como se mencionó anteriormente.

Con la ayuda de estos factores podremos determinar el tipo y tamaño de las instalaciones portuarias y de tierra, de las cuales hablaremos más adelante, tales como muelles, fábricas de hielo, cámaras frigoríficas, plantas procesadoras, estaciones de suministro de combustible, talleres de reparaciones y otras instalaciones y servicios.

En el cuadro 5.3 se da una descripción del tipo de embarcación asociada a la captura.



Quadro 5.3  
 CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES PESQUERAS

	T i p o s d e c a p t u r a s		
	Primitiva	Desarrollada	Avanzada
Tamaño aproximado en toneladas.	Pequeños botes 2-15 ton. para pesca costera de un día de duración. No hay tratamiento del producto en la embarcación.	Grandes embarcaciones de 15 - 150 ton para pesca de varios días o de pocas semanas de duración. Posible tratamiento del producto por congelación.	Embarcaciones de 150-2000 ton o más incluyendo barcos-fábrica. Puede permanecer en alta mar por semanas. Posible tratamiento del producto por medio de plantas de congelación y refrigeración. Los barcos fábrica pueden ser nodrizas - de las pequeñas embarcaciones.
Clase de captura y procesamiento.	Captura de peces en aguas poco profundas para consumo inmediato.	Pesca destinada a la industria, incluyendo el enlatado y otros tipos de procesamiento.	Pesca adecuada para cardúmenes y procesamiento en grandes masas.
Protección playera necesaria.	Facilidad de embarque incluyendo escolleras para la protección contra olas y fuertes corrientes. Facilidades de abastecimiento y equipamiento menores.	Facilidad de embarque proveyendo protección contra las olas y corrientes. Facilidades de carga y descarga, abastecimiento, reparaciones, transporte y construcción de astilleros.	Facilidad de embarque proveyendo protección contra las olas y corrientes. Facilidades de carga y descarga, abastecimiento, reparación, transporte y construcción de astilleros. Existencia de rompeolas, fábricas de procesamiento, muelles, incluyendo almacenaje en frigoríficos, congelamiento, enlatado, salado, etc. Habilitado de grandes transportes. Servicio especial de pronóstico meteorológico para la pesca.

b. Llegadas por tierra de los productos pesqueros

En algunos puertos debido ya sea a las dificultades que se presentan con las condiciones físicas de viento u oleaje en el arribo de sus barcos y a la carencia en números de éstos, o bien, que se encuentren alejados de cualquier zona pesquera, acontece que un elevado porcentaje de su volumen total de pesca arribe por tierra procedente de otros lugares. Pudiendo suceder que la mayor parte del producto sea pescado de agua dulce, afectando así al tipo y tamaño de las instalaciones.

c. Métodos de venta

El método normal en los mercados de venta al por mayor es la subasta. El tamaño de las salas de subasta dependen del volumen de desembarque así como del número de participantes que se espera tomen parte en la subasta. Pero, existen excepciones como es el caso de nuestro país cuando se tiene un solo comprador fijo, disminuyendo consecuentemente el número de salas, ahorrándose así, tiempo y espacio. Este tipo de venta, como habíamos mencionado anteriormente, es la causa por la cual no tenemos diversificación en la venta de nuestros productos pesqueros.

#### 5.7.4 Disposición general de las instalaciones

a. Dársenas

En el caso de los puertos pesqueros normalmente se diferencian las dársenas destinadas a la descarga de las que se usan durante el lap-

so de permanencia del barco en puerto, <sup>C</sup> mientras se prepara para zarpar de nuevo.

Para las primeras el ancho mínimo debe ser de 100 m o si se trata de dársenas donde hay atraques de ambos lados, será 3 esloras.

Para el segundo tipo no hay recomendaciones específicas ~~ya que es~~ frecuente que en esas áreas los barcos se coloquen en grupos compactos de varias embarcaciones sin más <sup>AA</sup> requerimiento <sup>LA</sup> que elementos mínimos de amarre.

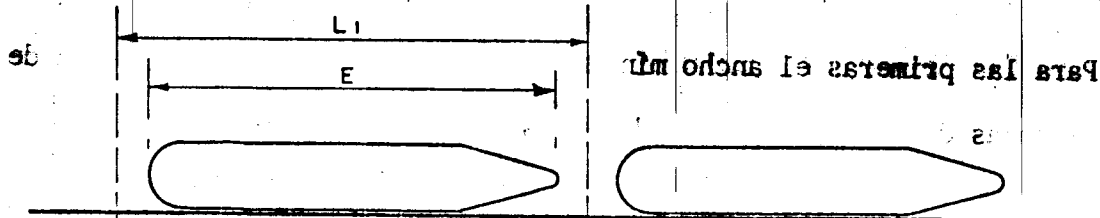
b. Muelles de descarga

La longitud del muelle de desembarque debe ser suficiente para completar la descarga de todas las embarcaciones que arriben al puerto en un día pico. El número promedio de embarcaciones empleadas durante la temporada de pesca así como su tamaño, determinarán la longitud necesaria del muelle, según la forma prevista de atraque de los barcos. (Figura 5.23)

Para pesca de altura, el rendimiento en la descarga se estima entre 2 y 5 ton/hr. Otras reglas empíricas para dimensionar el muelle de desembarque es suponer un rendimiento máximo anual de 100 ton/m/año; que la mitad de la flota habitual descargue en atraques perpendiculares o que la sexta parte lo haga atracada paralelamente.

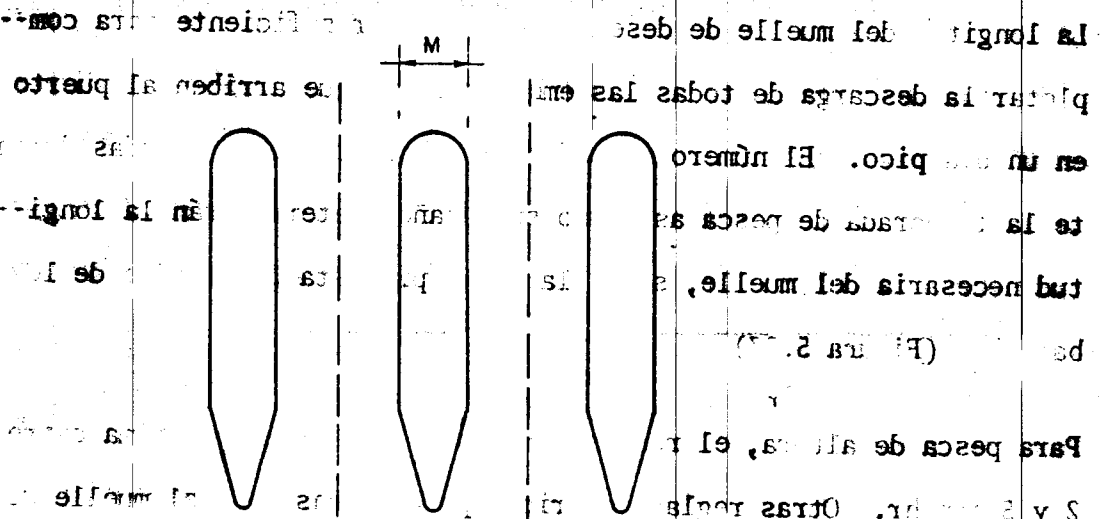
La zona de operaciones del muelle no necesita ser tan ancha como el de la carga general, ya que no se manejarán bultos grandes o piezas de equipo, la superficie tendrá una pendiente inclinada hacia el

DIMENSIONAMIENTO DE MUELLES PESQUEROS



$\frac{L_1}{E} = 1.07 \text{ a } 1.18$  Promedio 1.15

ATRAQUE PARALELO



$\frac{L_2}{M} = 1.1 \text{ a } 1.5$  Promedio 1.3

ATRAQUE PERPENDICULAR

de la carga general, ya que no se...

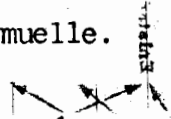
Figura 5.23

frente de agua, lo suficiente para ser lavado tan pronto como la descarga haya sido completada. La figura 5.24 esquematiza las distintas formas de manejo de productos pesqueros en el puerto.

c. Cobertizo de clasificación



Inmediato al muelle de descarga, deberá estar disponible un cobertizo para el lavado, clasificación y pesado del producto, con puertas amplias para fácil acceso desde el frente de agua. El área de trabajo debe ser sin paredes intermedias; en este cobertizo se clasifican las capturas según tamaños y especies; se pesan y se venden a los distribuidores y plantas industrializadoras. La sección de lavado y clasificación también debe tener una pendiente inclinada hacia el frente de agua, igual que el muelle.



El cobertizo y los muelles para descarga deben tener pisos que puedan limpiarse fácilmente con chorros de agua, a prueba de resbaladuras. Lo más apropiado para esto es el asfalto fundido, ácido resistente de composición especial, insensible a la albúmina, cola de pez, sangre y grasa de pescado.

d. Instalaciones complementarias

Este conjunto de instalaciones se orientan al servicio del barco durante su estancia en puerto y comprenden:

- Varaderos y zonas de reparación

Deberá haber espacio abierto disponible para el secado de redes

MÉTODOS DIFERENTES EN EL MANEJO DE PRODUCTOS PESQUEROS

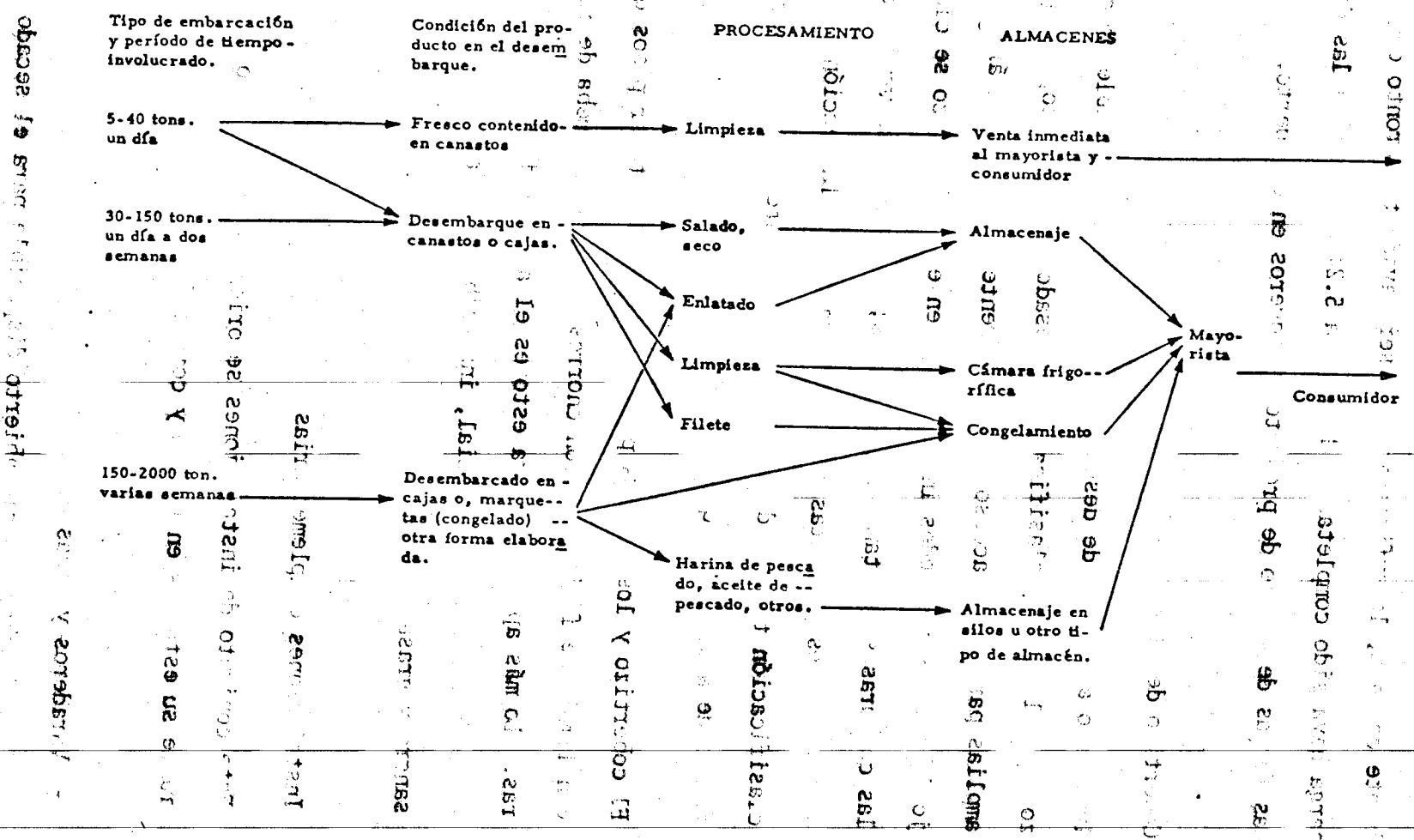


Figura 5.24

así como talleres y varaderos para reparación de embarcaciones o limpieza de cascos. Si el número de embarcaciones es considerable, los varaderos estarán diseñados para el manejo simultáneo de varias unidades.

- **Planta de hielo**

La fábrica debe estar equipada con una planta productora de barras de hielo cuyo almacenamiento de las barras se hará en una bodega refrigerada de 0°C; en el muelle además deberá contarse con máquinas trituradoras para abastecer a las embarcaciones en los muelles de avituallamiento donde además podrán provisionarse con combustible, sal, redes, etc.

- **Abastecimiento de combustible**

La instalación para el abastecimiento de combustible deberá estar situada en el área de avituallamiento, disponiendo suficientes tomas para este servicio, prescindiendo en la medida de lo posible de suministro con pipas.

- **Agua potable**

Para abastecer de agua a los barcos se deberán instalar a lo largo del atracadero, tomas lo más próximas a las embarcaciones.

### 5.8 Puertos deportivos

Este tipo de puertos, destinados exclusivamente al servicio de embarcaciones turísticas de pequeño porte, varía en su categoría según el número

ro de servicios que ofrezca y pueden distinguirse dos tipos fundamenta-  
les.

- De escala o refugio. Generalmente son lugares en los que el abrigo es natural; se ubican intercalados entre puertos deportivos de primer orden. Su función es servir como apoyo en travesías prolongadas o como emergencia en caso de un mal tiempo imprevisto.
- Consecuente con lo anterior, los servicios que se ofrecen se reducen al suministro de combustible, agua y víveres. Disponen también de radio comunicación. No se considera que exista una flota permanente.

- Marinas. Estos son los puertos deportivos por excelencia. Además de disponer de todo tipo de servicio para las embarcaciones, son el asiento permanente de una flota cuyos usuarios generalmente cuentan con facilidades de alojamiento propio en las áreas de tierra inmediatas o cercanas al puerto.

Este tipo de puertos en general va asociado a desarrollos turísticos integrales por lo que su planeación queda en cierta medida condicionada por los factores de planeación en que se sustentan tales desarrollos.

#### 5.8.1 Definición de la demanda

El elemento básico de dimensionamiento es el número de embarcaciones que se albergaran temporal o permanentemente. Conforme con lo anterior se distinguen:



- Embarcaciones locales. Son botes que tendrán un lugar permanente en el puerto, no obstante que en ciertas temporadas sean sacados del agua y almacenados. La demanda se definirá sea a partir de un número ya existente y estableciendo el pronóstico de crecimiento con base en los estudios de mercado hechos para el desarrollo turístico en cuestión.

En el caso de nuevos proyectos, la base de pronóstico quedará definida en el propio programa de desarrollo general.

- Embarcaciones temporales. Son barcos que llegaran al puerto por tierra en forma regular durante ciertas temporadas del año para las cuales será necesario reservarles espacio de atraque pero no de almacenamiento.

Embarcaciones de paso. Corresponden a aquellas cuya sede permanente es otro puerto pero que eventualmente pueden llegar a la marina en cuestión durante una travesía.

- Para estos casos bastará con reservar una zona de tránsito cuya dimensión estará acorde con la frecuencia de estos arribos.

#### 5.8.2 Factores de planeación

- a. Selección del sitio. El sitio elegido debe satisfacer requisitos relativos a las áreas de agua y tierra necesarias para satisfacer la demanda que dependerán del número y tamaño de botes previsto en tanto que las de tierra que

daran condicionadas por el tipo de puerto de que se trate sea de refugio o marina en sus distintas variantes.

Otro factor importante es el acceso por agua desde el mar hasta el puerto, ello en virtud de que por el tamaño de los botes, es deseable buscar que la protección se logre en forma natural para reducir el costo en rompeolas por ejemplo.

Igualmente importantes son los accesos terrestres, tomando en cuenta que en un momento dado buena parte de la flota que haga uso del puerto podría venir por carretera.

b. Otros factores

Se ha mencionado ya que la planeación de un puerto deportivo está estrechamente relacionado con factores de atractivo turístico, de aquí que a los usualmente considerados en el proyecto de un puerto hay que agregar tales factores.

Lo anterior significa que además de los estudios de tipo oceanográfico, meteorológico, de dinámica litoral, etc., deben incorporarse aspectos tales como uso del litoral, cuestiones ecológicas, ambientales, paisajístico y los aspectos económico y financiero.

En relación con el uso del litoral, es evidente que un desarrollo turístico portuario debe tener en sus vecindades otras actividades que sean compatibles.

Sobre este particular hay que destacar el nivel de desarrollo general que tenga la zona costera donde se ubicará la marina.

En efecto, en Europa o los Estados Unidos donde hay un intenso uso del suelo costero, la compatibilización y armonía con otros desarrollos es un factor vital, como también lo es el que en un momento dado se contará con un mayor apoyo de la infraestructura terrestre en materia de servicios. Más aún, la existencia de poblaciones importantes cercanas, será un elemento de demanda potencial significativo.

En cambio cuando una marina se plantea dentro de un desarrollo turístico en un sitio donde no concurren ninguno de los factores de uso del suelo costero mencionados, la planeación adopta características totalmente diferentes, puesto que por ejemplo podría ser necesario prever la construcción de una población para servicios de apoyo y para alojar al personal que atendería la marina y el resto de las instalaciones del nuevo desarrollo.

Las cuestiones de tipo ecológico y ambiental se asocian fundamentalmente con los aspectos de contaminación existente y potencial, englobando en esta última la que pueda generar el propio puerto y su desarrollo terrestre asociado.

Por lo que toca al renglón económico y financiero, es práctica común en los países que han alcanzado un alto grado de desarrollo en este tipo de puertos, que el financiamiento para la construcción y operación de los mismos sean hechos por la iniciativa privada, principalmente por el hecho de su vinculación con otro tipo de actividades que son eminentemente de iniciativa privada como desarrollos inmobiliarios, hoteles, tiendas diversas, clubes recreativos, campos de golf, etc.

5.8.3 Dimensionamiento de instalaciones

a. Canal de acceso. El canal de acceso debe ser suficientemente ancho para permitir el tráfico seguro en ambos sentidos de los veleros y lanchas de motor de mayor porte que se esperen en el puerto.

El ancho del canal de acceso dependerá si está alineado con la dársena principal o no. En el primer caso no será menor de 45 m y en el segundo, de 75 m.

b. Dársenas. La superficie de agua abrigada debe estar comprendida entre 80 m<sup>2</sup> y 150 m<sup>2</sup> por embarcación. Puede usarse la fórmula:

$$X = a \times E \times M \times n$$

a = coeficiente que varía entre 2.7 y 3.2 según el grado de utilización de la dársena.

E = eslora media de la embarcación tipo.

M = manga media de la embarcación tipo.

n = número de embarcaciones a flote.

La profundidad varía en la forma siguiente:

	Profundidad mínima (m)
Canal de acceso a la dársena principal	5.0
Acceso a los muelles	4.0
Muelles *	2.5 a 4.0

\* 2.5 m para botes de 9 m de eslora hasta 4.0 m para los de 20 m.

En el diseño de las dársenas hay que tomar en cuenta la necesidad de que haya un efectivo intercambio de agua del puerto con el mar. A este respecto es recomendable dimensionar la marina tomando en cuenta la variación de la marea para lograr que, dependiendo del tipo de marea, se tenga un cambio completo del agua de las dársenas en un ciclo de marea.

En general el perímetro de las dársenas debe de tener taludes para evitar agitaciones indeseables por fenómenos de reflexión, estos taludes es recomendable que vayan recubiertos de hierba o algún otro material que evite su erosión por efecto del oleaje que pudieran producir las embarcaciones al navegar.

- c. Muelles. En términos generales la longitud total de muelles puede calcularse con la expresión

$$L_T = 2.5 C$$

Donde C es la flota total prevista:

$$C = E_p + E_t + E_r$$

$E_p$  = Embarcaciones de la flota permanente.

$E_t$  = Embarcaciones que usan el puerto temporalmente.

$E_r$  = Embarcaciones en reparación.

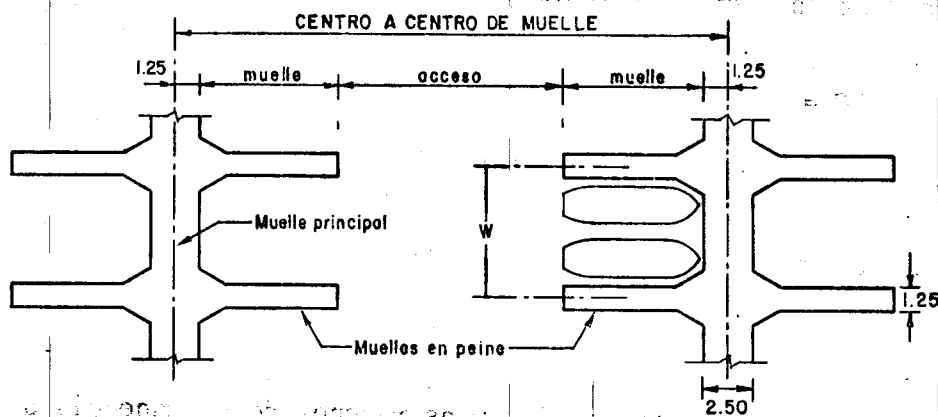
Estas embarcaciones tienen diversas razones de permanencia a flote y en tierra.

		A flote	En tierra
	$E_p$	2/3	1/3
	$E_t$	1/2	1/2
	$E_r$	1/5	4/5

Las relaciones entre los grupos anteriores son:

$$E_t = \frac{1}{3} E_p \quad E_r = \frac{1}{10} E_p$$

La disposición de muelles y dársenas pueden estar condicionadas por razones de tipo arquitectónico, pudiendo en esos casos adoptar formas muy diversas, sin embargo, a título ilustrativo se presentan enseguida disposiciones y dimensiones clásicas de dársenas, muelles e instalaciones complementarias. (Figura 5.25)



Disposición típica de muelle

En el cuadro 5.4 se dan las dimensiones correspondientes a distintas longitudes B de muelle.

Cuadro 5.4

## DIMENSIONES TÍPICAS DE MUELLES DEPORTIVOS

Longitud de muelle B (m)	Ancho W (m)	Acceso S (m)	Separación entre muelles C (m)
6	6.0	11	25.5
9	8.5	17	37.5
12	10.0	21	48.5
15	11.0	30	62.5
18	13.0	37	75.5
21	15.0	43	87.5
24	17.0	49	99.5

## 5.8.4 Instalaciones en tierra

Normalmente se consideran cuatro áreas para servicio de las embarcaciones.

- a. Zonas de varadero. Comprende la rampa para botado de embarcaciones y el área de estacionamiento para los remolques y vehículos que los jalan. Se estima una superficie de  $60 \text{ m}^2$  por embarcación. De lo anterior y considerando las relaciones entre embarcaciones permanentes y temporales se tendría

$$A_v = 60 E_t \times \frac{1}{2} = 10 E_p = 7 C$$

- b. Zona de almacenaje de embarcaciones. Esta área se destina a guardar las embarcaciones en los periodos en que por razones climáticas no es recomendable o posible su uso. Se considera que el 30% de las embarcaciones permanentes, a razón de 60 m<sup>2</sup> por bote, requieren de este almacenamiento.

$$A_a = 60 \times 0.3 E_p = 20 E_p = 14 C$$

- c. Zona de reparación. El área destinada a este servicio es muy variable pues depende de las posibilidades y categoría de los talleres que se disponga. Se puede tomar como un índice aceptable

$$A_r = 10 C$$

- d. Estacionamiento. Tanto para los visitantes como para los usuarios, puede considerarse de 0.5 a 1 lugar por cada embarcación a flote. La superficie unitaria recomendada es de 24 m<sup>2</sup> por vehículo.

- e. Servicios portuarios. Comprende todo el conjunto de servicios tanto administrativos, como complementarios mínimos (baños, enfermería, etc.)

#### 5.8.5 Servicios complementarios

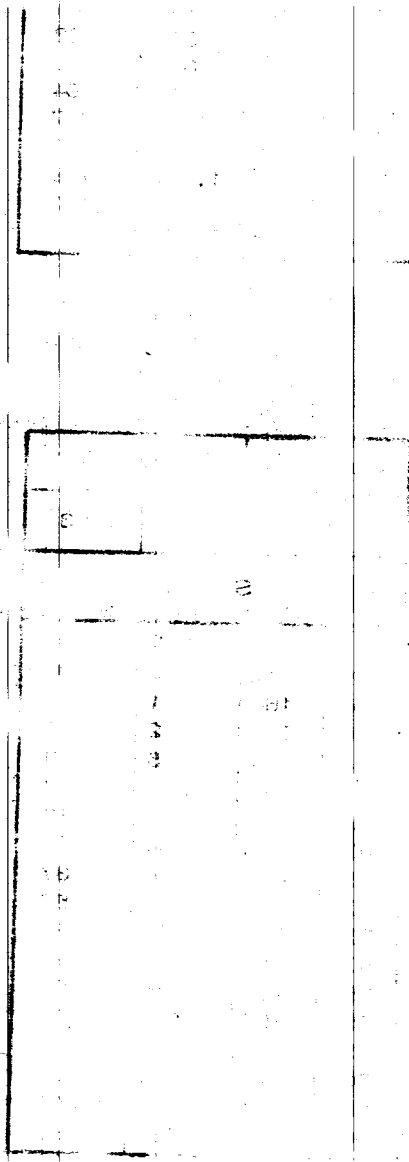
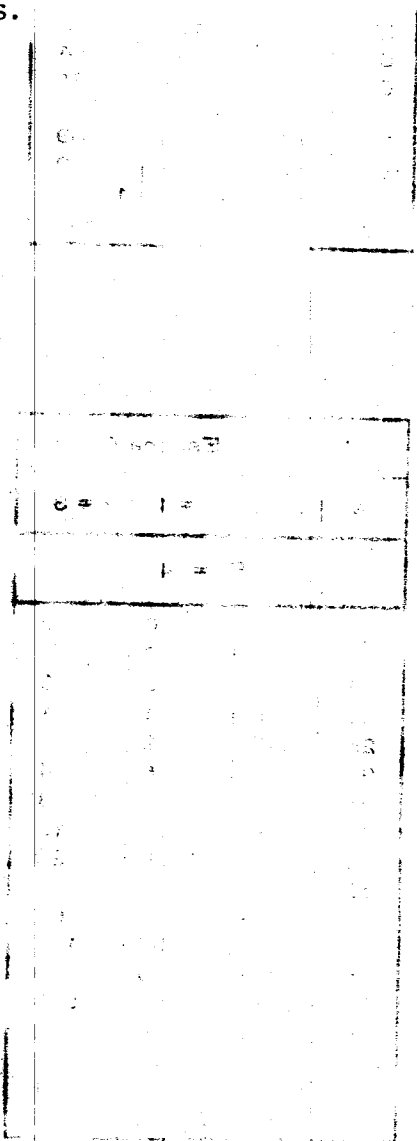
Para las embarcaciones, es necesario prever en los propios muelles de atraque, servicios de suministro de agua potable, electricidad y sistema contra incendio.



El suministro de combustible generalmente se hace en un muelle especialmente destinado a este fin.

Deben ofrecerse además servicio de recolección de basuras, venta de implementos marinos para pesca deportiva y refacciones y accesorios menores.

En general dado el alto valor de los botes, se requiere también un adecuado servicio de vigilancia y acceso controlado a la zona de embarcaderos.



Cuadro 5.1

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 1			
5	18	1	1
10	36	4	3
15	55	10	7
20	73	18	12
25	91	30	20
30	109	47	31
35	128	69	46
40	146	97	65
45	164	134	89
50	182	182	121
55	201	245	163
60	219	328	219
65	237	441	294
70	255	596	397
75	274	821	547
80	292	1,167	778
85	310	1,758	1,172
90	328	2,356	1,971

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 2			
5	37	0	0
10	73	1	1
15	110	3	2
20	146	6	4
25	183	12	8
30	219	22	15
35	356	36	24
40	292	56	37
45	329	83	55
50	365	122	81
55	402	174	116
60	438	246	164
65	475	347	231
70	511	491	327
75	548	704	469
80	584	1,038	692
85	621	1,616	1,077
90	657	2,801	1,867

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 3			
5	55	0	0
10	110	0	0
15	164	1	1
20	219	2	1
25	274	5	3
30	329	11	7
35	383	20	13
40	438	34	23
45	493	56	37
50	548	86	57
55	602	131	87
60	657	194	129
65	712	286	191
70	767	419	279
75	821	622	415
80	876	945	630
85	931	1,511	1,007
90	986	2,684	1,789

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 4			
5	73	0	0
10	146	0	0
15	219	0	0
20	292	1	1
25	365	2	1
30	438	6	4
35	511	12	8
40	584	22	15
45	657	38	25
50	730	63	42
55	803	101	67
60	876	157	105
65	949	240	160
70	1,022	365	243
75	1,095	558	372
80	1,168	871	581
85	1,241	1,426	951
90	1,314	2,588	1,725

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 5			
5	91	0	0
10	183	0	0
15	274	0	0
20	365	0	0
25	456	1	1
30	548	3	2
35	639	7	5
40	730	15	10
45	821	27	18
50	913	48	32
55	1,004	80	53
60	1,095	129	86
65	1,186	205	137
70	1,278	322	215
75	1,369	506	337
80	1,460	809	539
85	1,551	1,354	903
90	1,643	2,505	1,670

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 6			
5	110	0	0
10	219	0	0
15	329	0	0
20	438	0	0
25	548	1	1
30	657	2	1
35	767	4	3
40	876	10	7
45	986	19	13
50	1,095	36	24
55	1,205	64	43
60	1,314	108	72
65	1,424	177	118
70	1,533	286	191
75	1,643	462	308
80	1,752	756	504
85	1,862	1,291	861
90	1,971	2,431	1,621

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 7			
5	128	0	0
10	256	0	0
15	383	0	0
20	511	0	0
25	639	0	0
30	767	1	1
35	894	3	2
40	1,022	7	5
45	1,150	14	9
50	1,278	28	19
55	1,405	51	34
60	1,533	90	60
65	1,661	158	105
70	1,789	256	171
75	1,916	424	283
80	2,044	709	473
85	2,172	1,235	823
90	2,300	2,365	1,577

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 8			
5	146	0	0
10	292	0	0
15	433	0	0
20	584	0	0
25	730	0	0
30	876	1	1
35	1,022	2	1
40	1,168	4	3
45	1,314	10	7
50	1,460	22	15
55	1,606	42	28
60	1,752	76	51
65	1,898	134	89
70	2,044	230	153
75	2,190	391	261
80	2,336	668	445
85	2,482	1,184	789
90	2,628	2,305	1,537

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 9			
5	164	0	0
10	329	0	0
15	493	0	0
20	657	0	0
25	821	0	0
30	986	0	0
35	1,150	1	1
40	1,314	3	2
45	1,478	8	5
50	1,643	17	11
55	1,807	34	23
60	1,971	65	43
65	2,135	118	79
70	2,300	208	139
75	2,464	362	241
80	2,628	631	421
85	2,792	1,138	759
90	2,957	2,249	1,499

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 10			
5	183	0	0
10	365	0	0
15	548	0	0
20	730	0	0
25	913	0	0
30	1,095	0	0
35	1,278	1	1
40	1,460	2	1
45	1,643	7	5
50	1,825	13	9
55	2,008	28	19
60	2,190	55	37
65	2,373	104	69
70	2,555	189	126
75	2,738	336	224
80	2,920	597	398
85	3,103	1,096	731
90	3,285	2,197	1,465

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 11			
5	201	0	0
10	402	0	0
15	602	0	0
20	803	0	0
25	1,004	0	0
30	1,205	0	0
35	1,405	0	0
40	1,606	1	1
45	1,807	4	3
50	2,008	10	7
55	2,208	23	15
60	2,409	48	32
65	2,610	92	61
70	2,811	172	115
75	3,011	312	208
80	3,212	567	378
85	3,413	1,057	705
90	3,614	2,148	1,432

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 12			
5	219	0	0
10	438	0	0
15	657	0	0
20	876	0	0
25	1,095	0	0
30	1,314	0	0
35	1,533	0	0
40	1,752	1	1
45	1,971	3	2
50	2,190	8	5
55	2,409	19	13
60	2,628	41	27
65	2,847	82	55
70	3,066	157	105
75	3,285	291	194
80	3,504	538	359
85	3,723	1,020	680
90	3,942	2,103	1,402

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 13			
5	237	0	0
10	475	0	0
15	712	0	0
20	949	0	0
25	1,186	0	0
30	1,424	0	0
35	1,661	0	0
40	1,898	1	1
45	2,135	2	1
50	2,373	6	4
55	2,610	16	11
60	2,847	35	23
65	3,084	73	49
70	3,322	143	95
75	3,559	272	181
80	3,796	512	341
85	4,033	986	657
90	4,271	2,059	1,373

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 14			
5	256	0	0
10	511	0	0
15	767	0	0
20	1,022	0	0
25	1,278	0	0
30	1,533	0	0
35	1,789	0	0
40	2,044	1	1
45	2,300	2	1
50	2,555	5	3
55	2,811	13	9
60	3,066	30	20
65	3,322	65	43
70	3,577	131	87
75	3,833	255	170
80	4,088	488	325
85	4,344	954	636
90	4,599	2,019	1,346

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 15			
5	274	0	0
10	548	0	0
15	821	0	0
20	1,095	0	0
25	1,369	0	0
30	1,643	0	0
35	1,916	0	0
40	2,190	0	0
45	2,464	1	1
50	2,738	4	3
55	3,011	11	7
60	3,285	26	17
65	3,559	58	39
70	3,833	120	80
75	4,106	239	159
80	4,380	466	311
85	4,654	924	616
90	4,928	1,980	1,320

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 16			
5	292	0	0
10	584	0	0
15	876	0	0
20	1,168	0	0
25	1,460	0	0
30	1,752	0	0
35	2,044	0	0
40	2,336	0	0
45	2,628	1	1
50	2,920	3	2
55	3,212	9	6
60	3,504	23	15
65	3,796	52	35
70	4,088	110	73
75	4,380	224	149
80	4,672	445	297
85	4,964	896	597
90	5,256	1,943	1,295

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 21			
5	383	0	0
10	767	0	0
15	1,150	0	0
20	1,533	0	0
25	1,916	0	0
30	2,300	0	0
35	2,683	0	0
40	3,066	0	0
45	3,449	0	0
50	3,833	1	1
55	4,216	4	3
60	4,599	12	8
65	4,982	31	21
70	5,366	74	49
75	5,749	166	111
80	6,132	359	239
85	6,515	774	516
90	6,899	1,779	1,186

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 22			
5	402	0	0
10	803	0	0
15	1,205	0	0
20	1,606	0	0
25	2,008	0	0
30	2,409	0	0
35	2,811	0	0
40	3,212	0	0
45	3,614	0	0
50	4,015	1	1
55	4,417	3	2
60	4,818	10	7
65	5,220	28	19
70	5,621	68	45
75	6,023	156	104
80	6,424	344	229
85	6,826	753	502
90	7,227	1,750	1,167

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 23			
5	420	0	0
10	840	0	0
15	1,259	0	0
20	1,679	0	0
25	2,099	0	0
30	2,519	0	0
35	2,938	0	0
40	3,358	0	0
45	3,778	0	0
50	4,198	1	1
55	4,617	3	2
60	5,037	9	6
65	5,457	25	17
70	5,877	63	42
75	6,296	148	99
80	6,716	330	220
85	7,136	733	489
90	7,556	1,722	1,148

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 24			
5	438	0	0
10	876	0	0
15	1,314	0	0
20	1,752	0	0
25	2,190	0	0
30	2,628	0	0
35	3,066	0	0
40	3,504	0	0
45	3,942	0	0
50	4,380	1	1
55	4,818	2	1
60	5,256	8	5
65	5,694	23	15
70	6,132	58	39
75	6,570	140	93
80	7,008	318	212
85	7,446	714	476
90	7,884	1,695	1,130

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 25			
5	456	0	0
10	913	0	0
15	1,369	0	0
20	1,825	0	0
25	2,281	0	0
30	2,738	0	0
35	3,194	0	0
40	3,650	0	0
45	4,106	0	0
50	4,563	0	0
55	5,019	2	1
60	5,475	7	5
65	5,931	20	13
70	6,388	54	36
75	6,844	132	88
80	7,300	305	203
85	7,756	695	463
90	8,213	1,669	1,113

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 26			
5	475	0	0
10	949	0	0
15	1,424	0	0
20	1,989	0	0
25	2,373	0	0
30	2,847	0	0
35	3,322	0	0
40	3,796	0	0
45	4,271	0	0
50	4,745	0	0
55	5,220	2	1
60	5,694	6	4
65	6,169	18	12
70	6,643	50	33
75	7,118	125	83
80	7,592	294	196
85	8,067	678	452
90	8,541	1,643	1,095

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 27			
5	493	0	0
10	986	0	0
15	1,478	0	0
20	1,971	0	0
25	2,464	0	0
30	2,957	0	0
35	3,449	0	0
40	3,942	0	0
45	4,435	0	0
50	4,928	0	0
55	5,420	1	1
60	5,913	5	3
65	6,406	17	11
70	6,899	47	31
75	7,391	118	79
80	7,884	283	189
85	8,377	661	441
90	8,870	1,618	1,079

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 28			
5	511	0	0
10	1,022	0	0
15	1,533	0	0
20	2,044	0	0
25	2,555	0	0
30	3,066	0	0
35	3,577	0	0
40	4,088	0	0
45	4,599	0	0
50	5,110	0	0
55	5,621	1	1
60	6,132	5	3
65	6,643	15	10
70	7,154	43	29
75	7,665	112	75
80	8,176	272	181
85	8,687	644	429
90	9,198	1,594	1,063

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 29			
5	529	0	0
10	1,059	0	0
15	1,588	0	0
20	2,117	0	0
25	2,646	0	0
30	3,176	0	0
35	3,705	0	0
40	4,234	0	0
45	4,763	0	0
50	5,293	0	0
55	5,822	1	1
60	6,351	4	3
65	6,880	14	9
70	7,410	40	27
75	7,939	106	71
80	8,468	262	175
85	8,997	628	419
90	9,527	1,571	1,047

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 30			
5	548	0	0
10	1,095	0	0
15	1,643	0	0
20	2,190	0	0
25	2,738	0	0
30	3,285	0	0
35	3,833	0	0
40	4,380	0	0
45	4,928	0	0
50	5,475	0	0
55	6,023	1	1
60	6,570	4	3
65	7,118	12	8
70	7,665	37	25
75	8,213	101	67
80	8,760	252	168
85	9,308	613	409
90	9,855	1,549	1,033



Cuadro 5.2

## Características de los productos a efectos de planificación de puertos

Producto	Características físicas			Características de manipulación		
	Producto a granel, talud natural cuando corresponda (grados)	Coeficiente de esbida (metros cúbicos/tonelada (pies cúbicos/tonelada))		Método de manipulación	Tipo de almacenamiento	Requisitos especiales
		A granel	En sacos			
<b>CARGAS LÍQUIDAS</b>						
Aceites vegetales .....	1,1 (39)			Barriles, bidones 1,8 (64)	Tuberías	Depósito
Látex .....	1,0 (37)			Bidones 1,5 (52)	Tuberías	Depósito
Melazas .....	0,8 (27)			Cestas, cubas 1,4 (50)	Tuberías	Depósito
Petróleo crudo .....	1,2 (42)				Tuberías	Depósito
Productos del petróleo .....	1,2 (43)				Tuberías	Depósito
Vinos .....				Cubas, depósitos 1,8 (63)		
<b>CARGAS SECAS</b>						
<i>Minerales, productos minerales y químicos:</i>						
Alúmina .....	35	0,6 (21)			Cargador/transportador	Cubierto Limpieza de transportadores y de zonas de almacenamiento cuando se manipule alúmina después de bauxita en instalaciones comunes
Arena .....	30-40	0,5 (19)		Cajones 1,7 (60)	Transportador	Al aire libre
Arena de ilmenita .....	40	0,4 (13)			Paquetes	Al aire libre
Azufre .....	35-40	0,9 (31)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre
		1,0 (36)		Barriles 1,3 (47)	Transportador	Cubierto Precauciones sanitarias y contra incendios

Cuadro 5.2

## Características de los productos y efectos de planificación de puertos

Producto	Producto a granel, total natural o el contenido correspondiente (grados)	Características físicas			Método de manipulación	Tipo de almacenamiento	Requisitos especiales
		Coeficiente de estiba (metros cúbicos/tonelada (peso cúbico/humedad))					
		A granel	En sacos	Otros envases			
Bauxita	28 (seca)- 49 (húmeda)	0,8 (28)					Filtro de polvo
Caolín (arcilla de porcelana)	30-35	1,1 (39)	1,1 (39)		Descargador/cinta transportadora	Cubierto	
Carbón	30-45	1,4 (48)	1,3 (46)		Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	Para ciertas calidades, precauciones contra incendios
Cemento	40*	0,7 (23) 0,9-1,5	1,0 (34)	Bidones, cubas 1,1 (40)	Transportador del tornillo de Arquímedes y neumático	Totalmente cerrado	Protección contra la humedad, filtro de polvo
Coque	37	2,4 (85)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	
Coque de petróleo	30-40	1,5 (52)			Descargador/transportador	Al aire libre	
Fosfatos naturales	30-34	1,0 (34)			Descargador/transportador	Al aire libre o cerrado	Filtro de polvo
Magnesita	35	0,7 (25)			Transportador	Cubierto	
Mineral de cromo	35	0,4 (14)		Cajones 0,4 (15)			
Mineral de hierro	30-50	0,4 (14)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	Filtro de polvo para ciertas calidades
Mineral de manganeso		0,5 (17)	0,7 (23)		Transportador	Cubierto	
Mineral de níquel			0,6 (20)	Barriles 0,7 (25)	Paquetes	Cubierto	
Mineral de plomo	40	0,4 (13)	0,5 (17)		Transportador Paquetes	Cubierto	
Piritas de hierro	40	0,7 (25)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	
Potasa	32-35	0,9 (33)	1,0 (36)		Descargador/transportador	Cerrado	Filtro de polvo

Cuadro 5.2

Sal .....	45	1,0 (37)	1,1 (37)	Barriles 1,4 (41)	Transportador Paquetes	Cubierto Cubierto	Protección contra la humedad
Superfosfatos .....	35		1,1 (39)		Paquetes	Cubierto	
Yeso .....		1,1 (38)			Paquetes	Cubierto	
			1,2 (44)		Descargador/cinta transportadora	Cubierto	
<i>Productos alimenticios y productos de origen vegetal:</i>							
Algodón .....				Balas 2,7 (94)	Paquetes		
Arroz .....			1,5 (54)				Protección contra parásitos y gorgojos
				Barriles 1,9 (69)	Paquetes	Cubierto	
Avena .....	32	2,1 (75)	2,3 (80)		Sacos	Cerrado	
Azúcar .....	32	1,3 (46)			Paquetes		
			1,3 (46)		Transportador	Cubierto	Protección contra parásitos y gorgojos
Azúcar sin refinar .....				Cestas 1,5 (52)	Paquetes	Cubierto	
Cacao .....			1,9 (67)	Cajones 2,5 (87)	Paquetes	Cubierto	Protección contra gorgojos
Café .....			1,8 (65)		Paquetes	Cubierto	
Cebada .....	16-28	1,5 (54)	1,7 (60)		Transportador Paquetes	Cubierto	
Centeno .....	30	1,4 (50)			Transportador	Cubierto	Protección contra parásitos y gorgojos
			1,6 (55)		Transportador	Cubierto	
Copra .....		2,1 (73)	2,9 (103)		Transportador	Cubierto	
Esparto .....				Balas 4,2 (150)	Paquetes	Cubierto	
Frutas percederas .....				Cajones, cajas de cartón, etc. 2,7 (97)	Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado
Frutos cítricos .....				Cajones, cajas de cartón, etc. 2,5 (88)	Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado

\* El talud natural del cemento es difícil de definir porque depende de la cantidad de aire que contenga. Con el aire renovado constantemente, el talud natural puede disminuir hasta 7°, pero cuando el cemento está compacto y contiene poco o ningún aire, su talud natural se acerca a los 90°.

Cuadro 5.2

Características de los productos a efectos de planificación de puertos

Producto	Producción a nivel total o en el puerto correspondiente (grupos)	Características físicas			Características de manipulación		
		A granel	Cualquier otro		Método de manipulación	Tipo de almacenamiento	Requisitos especiales
			En sacos	Otros envases			
Harina			1,3 (45)	Sacos, barriles 1,6 (55)	Paquetes	Cubierto	
Harina para animales			1,5 (53)		Paquetes	Cubierto	
Maíz	30-40	1,4 (44)			Transportador (neumático)	Cerrado	Protección contra parásitos y gorgojos
Otras legumbres			1,5 (54) 2,0 (71)				
Patatas		1,6 (57)		Cajones, bafiles, balas 1,61 (57)	Paquetes	Cubierto	
Plátanos			1,7 (60)	Cajas de cartón, cestas, barriles 2,7 (95)	Paquetes	Cubierto	
				Cajas de cartón 3,9 (138)	Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Remolacha azucarera			3,8 (135)		Paquetes	Al aire libre	
Semillas oleaginosas		1,8 (63)	2,1 (74)	Cajones, barriles 2,0 (70)	Paquetes	Cubierto	
Semolina			1,7 (61)		Paquetes	Cubierto	Protección contra parásitos y gorgojos
Soja	29	1,2 (44)			Transportador	Cubierto	Protección contra parásitos y gorgojos
Tapioca			1,4 (50) 1,5 (53)		Paquetes	Cubierto	
Tiogo	25-28	1,3 (47)			Transportador	Cerrado	Protección contra parásitos y gorgojos
Uvas			1,5 (52)	Cajones, barriles 3,9 (140)	Paquetes	Cubierto	

**Productos de origen animal:**

**Carnes congeladas:**

Ballena .....	2,3 (80)
Cordero .....	3,2 (115)
Vaca .....	2,6 (92)

Cajas de cartón  
2,1 (75)

Carnes enlatadas .....	3,0 (100)
Cueros húmedos .....	2,4 (84)
Huesos .....	2,8 (100)
Huesos calcinados .....	
Lana .....	

Cajones  
1,7 (70)  
Cajas de cartón,  
balas, atados  
1,8 (65)

Leche condensada .....	1,8 (23)
Leche desecada o en polvo .....	1,9 (68)

Balas prensadas  
1,4-2,5 (50-90)  
Balas prensadas  
(lana grasienta)  
4,2 (150)  
Balas prensadas  
hidráulicamente  
0,5 (18)  
Cajones, cajas de  
cartón, barriles  
1,7 (60)

Mantequilla .....	1,2
Picles, cueros secos .....	

Cajones, cajas de  
cartón  
2,0 (72)  
Cajones, cajas de  
cartón, barriles  
1,7 (60)

Queso .....	
-------------	--

Sin empacar  
5,2 (185)  
Balas  
4,2 (150)  
Balas prensadas  
2,5 (87)  
Cajones, cajas de  
cartón  
1,4 (50)

Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado
Paquetes	Cubierto o al aire libre	Buena ventilación
Transportador	Al aire libre	
Transportador	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	Refrigeración en los climas cálidos
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	
Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado

Cuadro 5.2

Características de los productos a efectos de planificación de puertos

Producto	Características físicas			Características de manipulación			
	Producto a granel, talud natural cuando corresponda (toneladas)	Coeficiente de estiba (función sub-constituida (para cubos/funcionada))		Alcance de manipulación	Tipo de almacenamiento	Requisitos especiales	
		A granel	En sacos				Otros envases
Tecido				Cajones 1,7 (59)	Paquetes	Cubierto	Refrigeración en los climas cálidos
<b>Productos de pescado:</b>							
Aceites de pescado	1,1 (40)			Barriles, cajones 1,6 (56)	Tuberías	Depósito	
Harina de pescado		1,8 (63)			Paquetes	Cerrado	
Pescado congelado				Cajas 2,1 (75)	Paquetes	Cerrado	Refrigeración
Pescado en lata				Cajones 2,7 (60)	Paquetes	Cubierto	
<b>Productos forestales:</b>							
Caucho				Hojas 1,7 (60)	Grúa	Cubierto	
				Balas, sacos 1,9 (66)	Grúa	Cubierto	
				Crepé, cajones 2,0 (70)	Grúa	Cubierto	
Carcho				4,2 (150)	Grúa	Al aire libre	
Madera contrachapada, madera en laminas o cintas				2,3 (80)	Grúa	Cubierto	
Madera de coníferas				1,4-2,0 (50-70)	Grúa	Al aire libre	
Madera dura				0,9-1,4 (30-50)	Grúa	Al aire libre	
Papel				Rollos 2,5 (90)	Grúa	Cubierto	
				Balas 1,4-2,8 (50-100)	Grúa	Cubierto	
Pulpa de madera				Balas prensadas 1,7 (60)	Grúa	Al aire libre	
Puntales para minas y madera contrachapada				2,2-3,4 (80-120)	Grúa	Al aire libre	
Travesaños				1,3 (45)	Grúa	Al aire libre	
<b>Productos metálicos:</b>							
Cobre				Lingotes 0,3 (11)	Grúa	Cubierto	

Cuadro 5.2

				Bobinas 0,9 (30)	Grúa	Cubierto	
Concentrados de cobre .....	45	0,5 (16)	0,7 (25)				
				Desbastes planos 0,3 (12)	Grúa	Cubierto	
Concentrados de zinc .....	40	0,6 (21)			Grúa	Cubierto	
Chatarra de hierro y acero .....		1,0 (35)			Grúa	Al aire libre	
Estaño .....				Lingotes 0,3 (9)	Grúa	Al aire libre	
Estaño en planchas .....				0,3 (12)	Grúa	Cubierto	
Hierro y acero .....				Hierro en bruto 0,3 (10)	Grúa	Al aire libre para períodos breves	Instalación de desagüe
				Palanquilla 0,3 (12)			
				Barras 0,4 (15)	Grúa	Cubierto para almacenamiento prolongado	
				Planchas de acero 0,3 (12)			
Zinc .....				Lingotes 0,4 (15)	Grúa	Cubierto	
Vehículos:							
Vehículos automóbiles, desembalados .....				4,0-8,0 (150-300)	Grúa	Al aire libre	
Vehículos automóbiles, desmontados .....				Jaulas 1,0 (35)	Grúa	Al aire libre	

**Capítulo VI**  
**PROYECTO PORTUARIO. EQUIPAMIENTO PORTUARIO**



## VI. PROYECTO PORTUARIO. EQUIPAMIENTO PORTUARIO

El capítulo está orientado fundamentalmente a presentar una imagen de los diversos tipos de equipo portuario que se usan para las maniobras de carga y descarga y los rendimientos que pueden alcanzarse con ellos.

En primer término se plantean consideraciones generales relativas al equipamiento de los puertos, y a los esquemas generales de los distintos sistemas de carga y descarga.

Las partes subsecuentes tratan los casos específicos de equipamiento de terminales de carga general suelta, de contenedores, terminales Ro/Ro y sistemas LASH y SEA BEE.

El capítulo termina con el análisis del caso específico de los graneles sólidos y los líquidos.

### 6.1 Consideraciones generales

El tipo, cantidad y grado de sofisticación del equipo portuario está en estrecha vinculación con el grado de desarrollo del puerto en cuestión. En la medida que los volúmenes por manejar y el número de barcos que los transportan crezcan, la necesidad de reducir el tiempo de permanencia del barco en el puerto será más significativo y por ende, la presencia de equipo de capacidad y en número adecuado, se vuelve un factor fundamental.

Conviene indicar también que dentro de esta conceptualización sobre el equipo portuario debe considerarse el que muy frecuentemente disponen los barcos para complementar las maniobras de carga y descarga. De hecho, salvo algunos tipos de graneleros y de barcos portacontenedores, el resto de los buques actualmente en servicio disponen, en mayor o menor grado, de equipo para carga y descarga.

De lo anterior se desprende que buena parte de la eficiencia en las operaciones de carga o descarga dependerá de la adecuada complementación de ambos equipos.

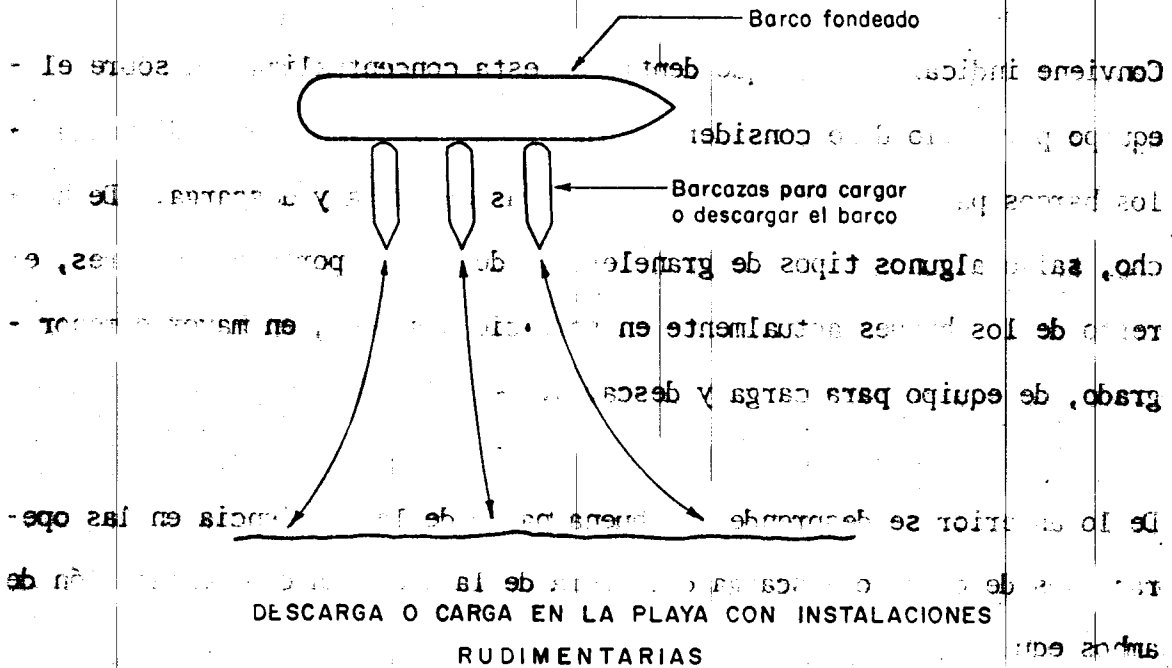
## 6.2 Esquemas generales de sistemas de carga y descarga

Los esquemas generales que se consideran se basan fundamentalmente en la relación que guarda el barco con las instalaciones de tierra durante el proceso de carga o descarga.

### 6.2.1 Alijo

En esta forma de operación no existe obra de atraque, ya que el barco simplemente se fondea y se acoderan a él embarcaciones menores que llevan o traen la carga a o de tierra.

Este sistema es la forma más elemental de iniciar un desarrollo portuario, aunque puede citarse el caso excepcional de Hong-Kong, uno de los puertos más activos del mundo, donde por falta de tierra para instalaciones portuarias, gran parte del movimiento se hace según este sistema. (Figura 6.1)



### 6.2.2 Operación en instalaciones fijas

Es la forma más común de operar en los puertos. Según el tipo de carga, se puede requerir que el muelle y el barco mantengan contacto total a todo lo largo del buque, en virtud de que la carga utiliza la cubierta del muelle como paso obligado en el proceso de carga o descarga.

Esta forma de operación corresponde al caso del manejo de la carga general suelta o en contenedores y para el servicio RO/RO, aunque no se descarta su uso en el caso de los graneles sólidos. (Figura 6.2)

Una segunda forma es cuando el barco permanece amarrado a instalaciones fijas complementarias sin tener contacto directo con las que sirven para sostener el equipo de carga o descarga. Tal es el caso de las terminales para el manejo de graneles, principalmente los minerales. (Figura 6.3)

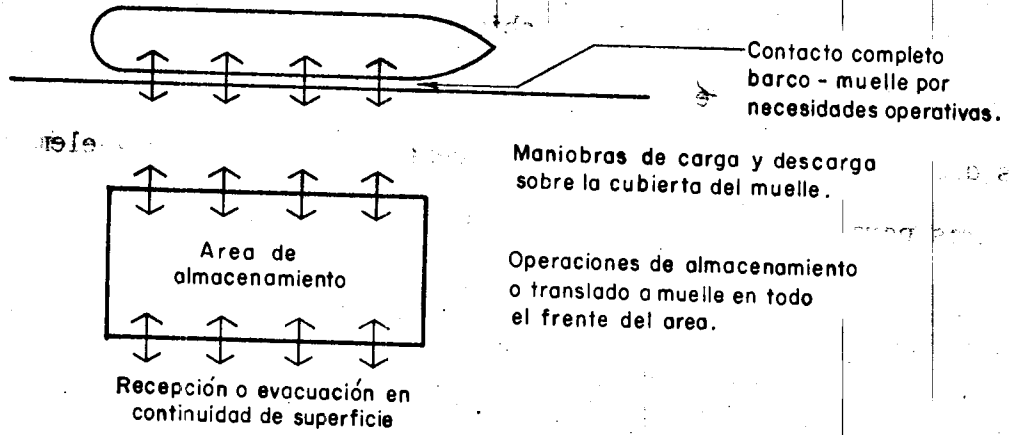


Figura 6.2

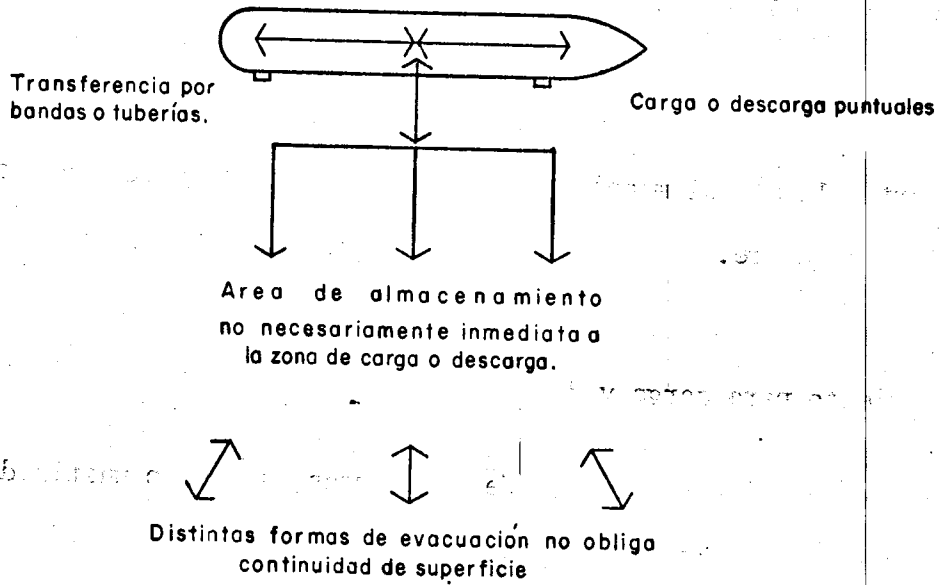
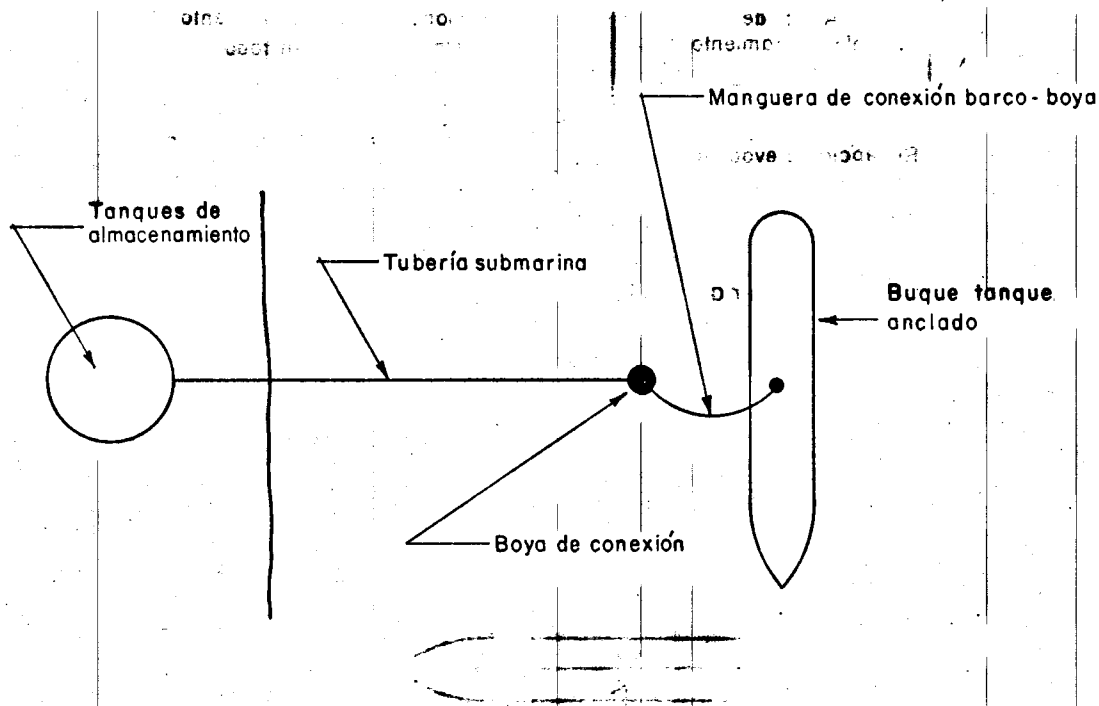


Figura 6.3

### 6.2.3 Operación en instalaciones flotantes

Empleado fundamentalmente para el movimiento petrolero en gran escala, - está diseñado para operar en costa abierta y consiste fundamentalmente - de un punto de carga o descarga, generalmente una boya, un sistema de tu- berías que lo ligan con la zona de almacenamiento en tierra y elementos auxiliares para el amarre de los barcos durante la operación. (Figura 6.4)



A partir de estas consideraciones generales, se establecen las caracte- rísticas particulares del manejo de los distintos tipos de carga y el - equipo que se requiere.

### 6.3 Equipamiento para carga y descarga

En la carga general, en cualquiera de sus formas, suelta o unitizada, se está ante la situación de manejar unidades homogéneas o heterogéneas, pe- ro en volúmenes reducidos. Este manejo repercute en el proceso de orga-

nización y coordinación de personal y equipo para alcanzar una eficiencia adecuada, llegando a niveles de alta sofisticación técnica en el caso de las terminales de contenedores. De lo anterior se desprende la necesidad de analizar con amplitud los problemas de operación para el caso de la carga general.

Por su parte, los graneles por su forma de presentación homogénea, la necesidad de manejar grandes volúmenes con altos rendimientos, tipifica la problemática de los sistemas de operación de esta carga, pudiendo afirmarse que la respuesta a dicha problemática es una adecuada selección del equipo, en número y capacidad para alcanzar los rendimientos esperados. Lo anterior simplifica enormemente la organización de la operación por la facilidad para sistematizar y automatizar, de aquí que en relación con este tipo de carga se analice su operación casi exclusivamente desde el punto de vista de los tipos generales de equipo empleado.

### 6.3.1 Carga general suelta

Las operaciones de carga o descarga comprenden las maniobras que se realizan a bordo y las que se llevan a cabo en tierra.

#### a. Operación a bordo

La operación a bordo, comprende las operaciones de estiba, desestiba y transbordo. (Figura 6.5)

La calidad en la estiba ocupa un factor fundamental en la seguridad del barco durante la navegación. Son relativamente frecuentes los -

naufragios motivados por corrimientos de la carga ante condiciones supranormales de oleaje.

Tanto la estiba como la desestiba comprenden dos fases:

- El enganche-desenganche en el medio de izada.
- La colocación o remoción en la bodega.

#### b. Operación en tierra

Comprende todas las maniobras que se efectúan en tierra, desde que la carga es recibida en el puerto procedente de tierra adentro hasta que se carga en el barco y viceversa. Se dividirán en las siguientes fases: carga (o descarga), almacenamiento, traslado y evacuación.

- Operación de carga (tierra a buque) o descarga (buque a tierra).

Esta actividad tiene dos modalidades, cuando la mercancía pasa directamente sobre el medio de evacuación (ferrocarril, camión, etc.) y cuando se almacena temporalmente.

La carga y descarga comprende desde el instante en que la mercancía queda colgada del gancho por los equipos de muelle o desestiba hasta que es soltada por los equipos de estiba o muelle respectivamente. (Figura 6.5)

- Almacenamiento. Engloba tres actividades: el apilado, el desapilado y el traslado. Las dos primeras son muy similares, ya que -

en ambas coinciden los medios empleados y la zona de operación. Consisten, en esencia, en colocar la mercancía que transporta un vehículo en un acopio contiguo a él, o viceversa. (Figura 6.6)

- **Translado.** El traslado incluye todas aquellas operaciones en que la mercancía se carga, transporta y descarga desde unas zonas a otras del puerto o de las mismas bodegas y patios.
- **Evacuación.** Tiene dos modalidades, la recepción y la entrega. Con sentidos contrarios ambas operaciones consisten en mover la mercancía entre el vehículo que efectúa el transporte terrestre y el punto donde se inician o terminan las operaciones de carga y descarga del buque o almacenamiento en puerto. (Figura 6.6)

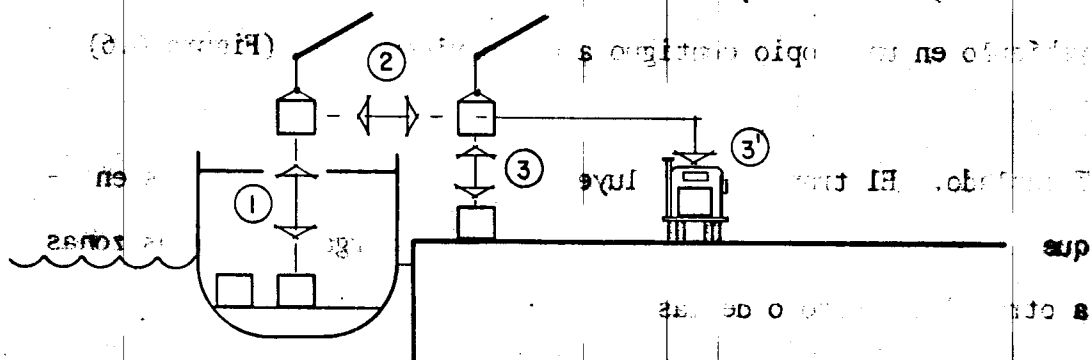
### c. Equipamiento

Los medios normalmente utilizados para el manejo de carga general son de tipo de elevación. Esta operación puede emplear sea los medios propios del barco o equipo terrestre.

Quando se utiliza el equipo del barco se dispone generalmente de los puntales y en caso especial grúas. Para el manejo desde el muelle los procedimientos más comunes son las grúas del muelle y las grúas sobre llantas.

En general en los procedimientos usados en los Estados Unidos, México y Japón, prácticamente la operación se hace con los aparejos del barco.

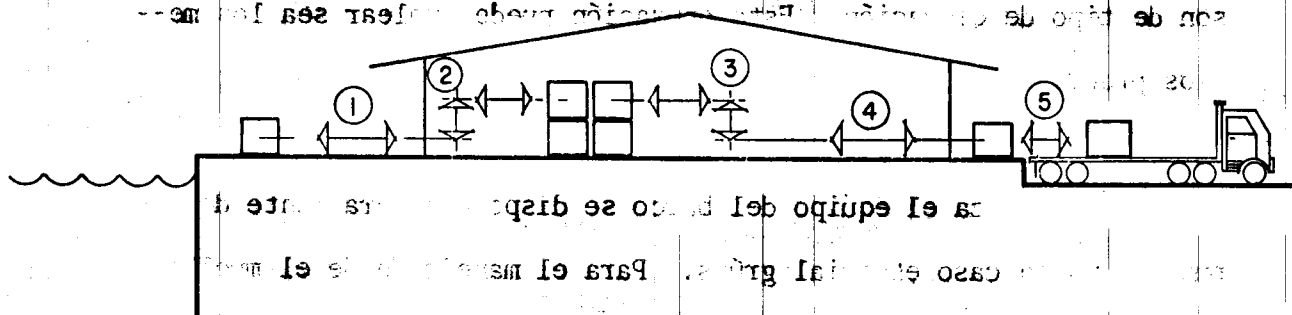




**DESESTIBA Y DESCARGA / CARGA Y ESTIBA**

- ① ESTIBA O DESESTIBA
- ② TRANSBORDO
- ③ CARGA O DESCARGA EN MUELLE
- ③ CARGA O DESCARGA EN VEHICULO TERRESTRE

Figura 6.5



**TRANSLADO - ALMACENAMIENTO - EVACUACION**

- ① y ④ TRANSLADO
- ② y ③ APILADO O DESAPILADO
- ⑤ RECEPCION O ENTREGA

Figura 6.6

La operación seguida por el puntal es: barrido en planta de la superficie de escotilla, desplazamiento con la carga desde el barco hasta el muelle o viceversa y elevación o descenso del peso colgado. La operación está relacionada con la capacidad de carga de los puntales y el peso de la misma, por lo que esta puede hacerse con uno solo o con la combinación de dos.

Algunos barcos están dotados de grúas y aunque no obstante que este equipo barre una superficie muy superior a la del puntal, lo que permite una mejor distribución de la mercancía en el muelle, el puntal da un rendimiento horario superior por unidad de izado. (Figuras 6.7 y 6.8)

#### Equipos terrestres

##### - Carga y descarga

- . Grúas de muelle (Figura 6.9). Tanto las grúas de barco como las de muelle pueden complementarse con aparejos para manejos especializados.

Las grúas de muelle pueden ser de dos tipos, las de pórtico y las de semipórtico. Los valores medios de trabajo son:

#### Velocidad de elevación y densidad:

Con gancho: 3 a 6 ton 70 a 35 m/minuto

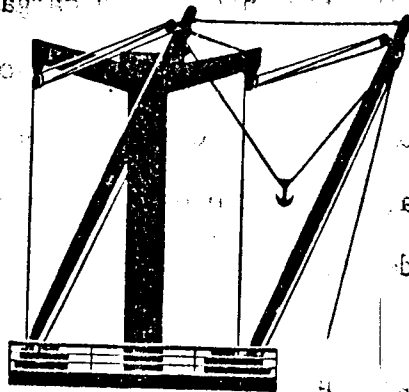
Con cuchara: 3 a 6 ton 75 - 45 m/minuto

Giro: Una vuelta por minuto

Traslación 25 a 35 m/minuto

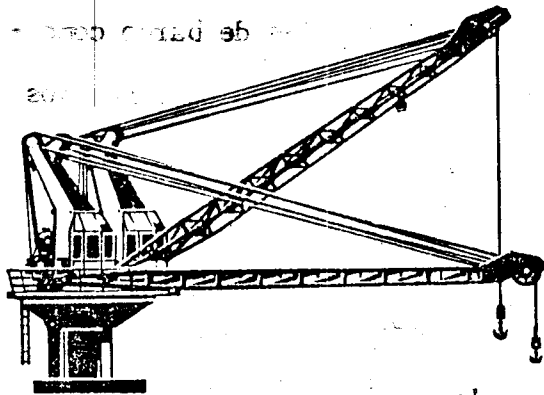
Cargas de trabajo usuales: 3 a 6 ton a 20 m

La operación según por el...  
 hasta el punto de...  
 las y el peso de...  
 lo o con la...  
 Algunos...  
 este...  
 regre...  
 mite...  
 algunos

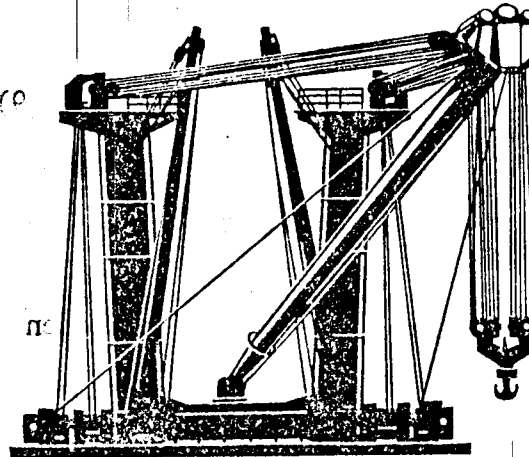


Puntal típico de barco carguero

Figura 6.7



Grúa gemela



Grúa para cargas pesadas con aguilón oscilante

Figura 6.8

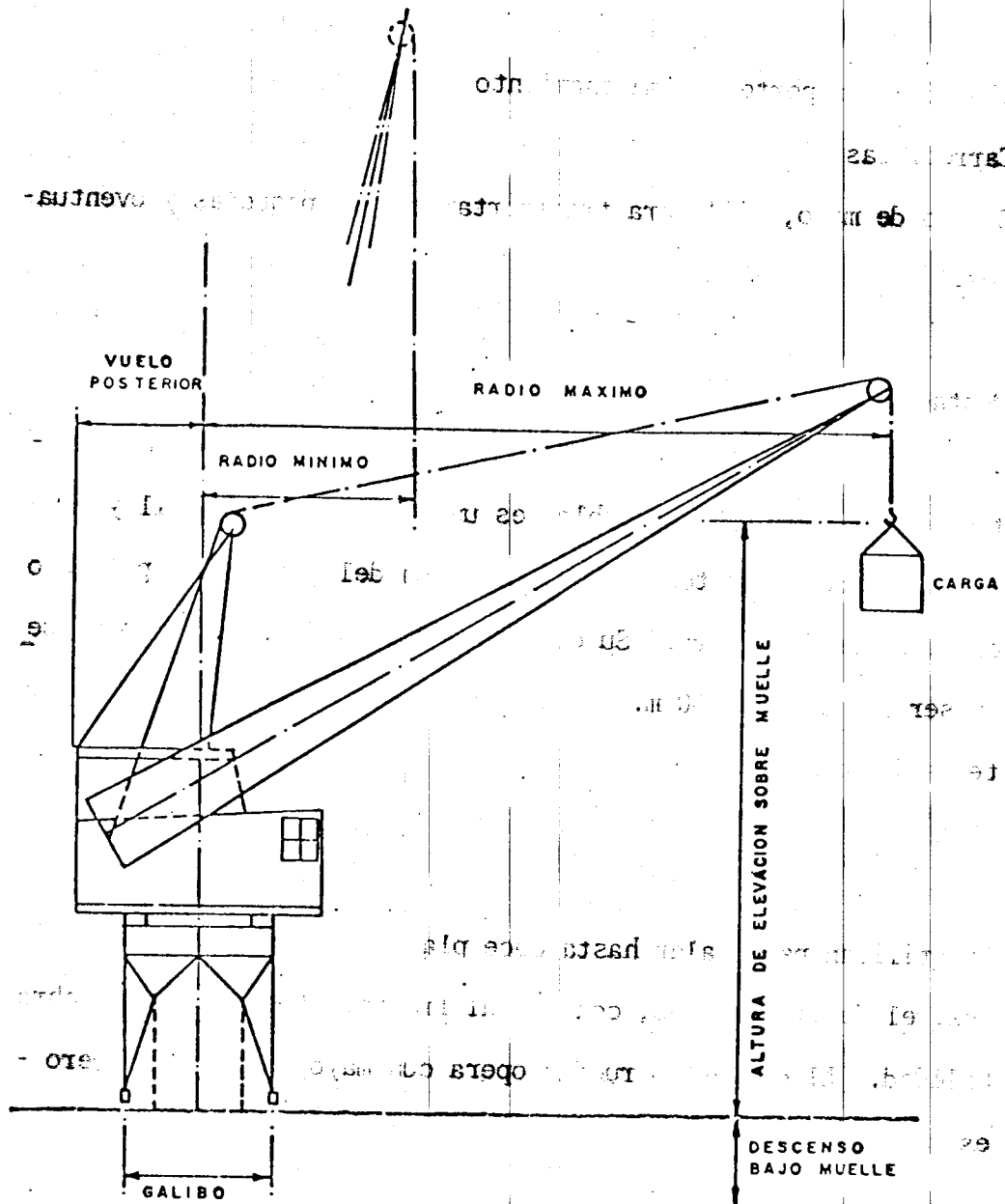


Figura 6.9 Esquema de una grúa pórtico.

. Grúas sobre llantas (Figura 6.10)

Este tipo de equipo se usa frecuentemente para el manejo de cargas pesadas en cualquiera de las operaciones en tierra.

- Equipo de transporte y almacenamiento

. Carretillas

Equipo de mano, útil para transportar cargas pequeñas y eventuales.

. Montacarga

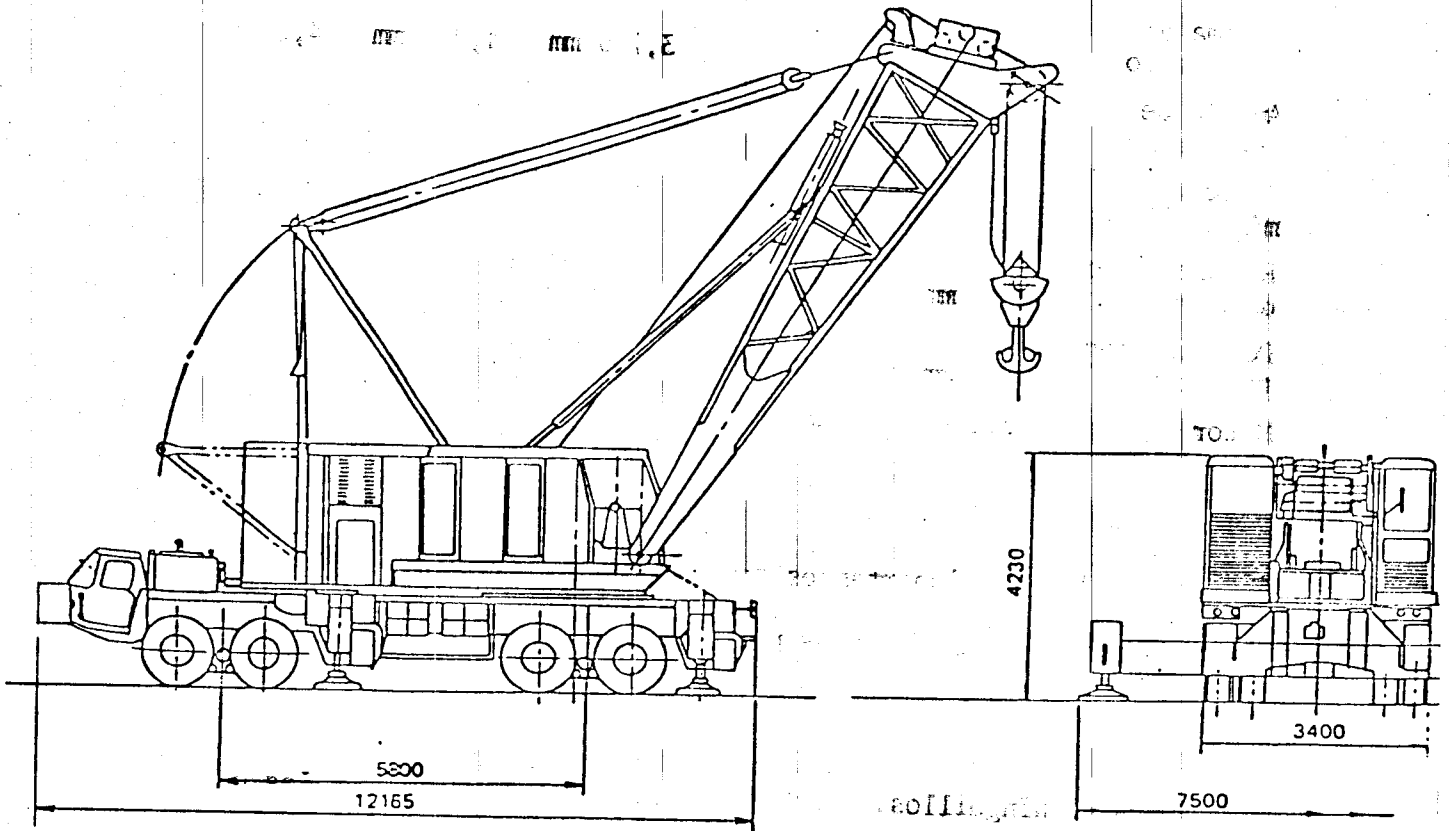
Son equipos más comunmente empleados para el manejo de carga; tienen una capacidad variable; es un equipo muy versátil y es el más usado sobre todo con la difusión del uso de los palets o plataformas de madera. Su distancia óptima de transporte no debe ser superior a 200 m. En el cuadro 6.1 se dan algunas características principales.

. Tractores

Se utilizan para jalar hasta doce plataformas. Existen dos tipos; el de tres ruedas, con una al frente, ofrece gran maniobrabilidad. El de cuatro ruedas opera con mayor dificultad pero es más estable, sobre todo para manejar cargas pesadas.

. Aparejos de izar

Todos los elementos empleados en la operación de elevación están sujetos a reglamentaciones que regulan su uso y conserva---



de el X la se de

Figura 6.10. Grúa sobre llantas

Cuadro 6.1  
CARACTERISTICAS DE MONTACARGAS

	Con separador (spreader)		Con horquilla (tipo libre)		
	FD 350	FD 150	KGF 25	FCG 30N4	FCG 35 M
Capacidad	29,000 kg	3,800 kg	2,500 kg	2,500 kg	3,000 kg
Centro de carga	1,250 mm	1,250 mm	500 mm	600 mm	600 mm
Máxima altura izado	8,575 mm	8,800 mm	3,700 mm	4,000 mm	4,600 mm
Angulo de inclinación	3°/10°	3°/10°			
Velocidad máxima	27 km/h	20 km/h			
Radio máximo de giro	6,700 mm	5,000 mm			
Desplazamiento lateral	300 mm	200 mm			
Motor	212 PS	93 PS			

ción. Los más importantes son:

Eslingas. Están formadas por cables, maromas o cadenas dimensionadas para las cargas que han de soportar.

Redes o chingillos. Hechos generalmente de cuerdas. Las empleadas para manejar cargas pesadas usan cables de acero. La red se extiende en el suelo y la carga se coloca sobre ella para ser izada.

Aparatos de sujeción. Generalmente en forma de tijeras, de forma que la tracción de la izada sea la que sujete la mercancía.

Almejas. Formadas por dos o más valvas que se abren o cierran con una articulación central. El mecanismo de apertura y cierre puede estar accionado desde la grúa, o bien desde la misma almeja, precisándose entonces la acción de la gravedad para la carga y la labor de un operario para abrirla o cerrarla. (Figura 6.11)

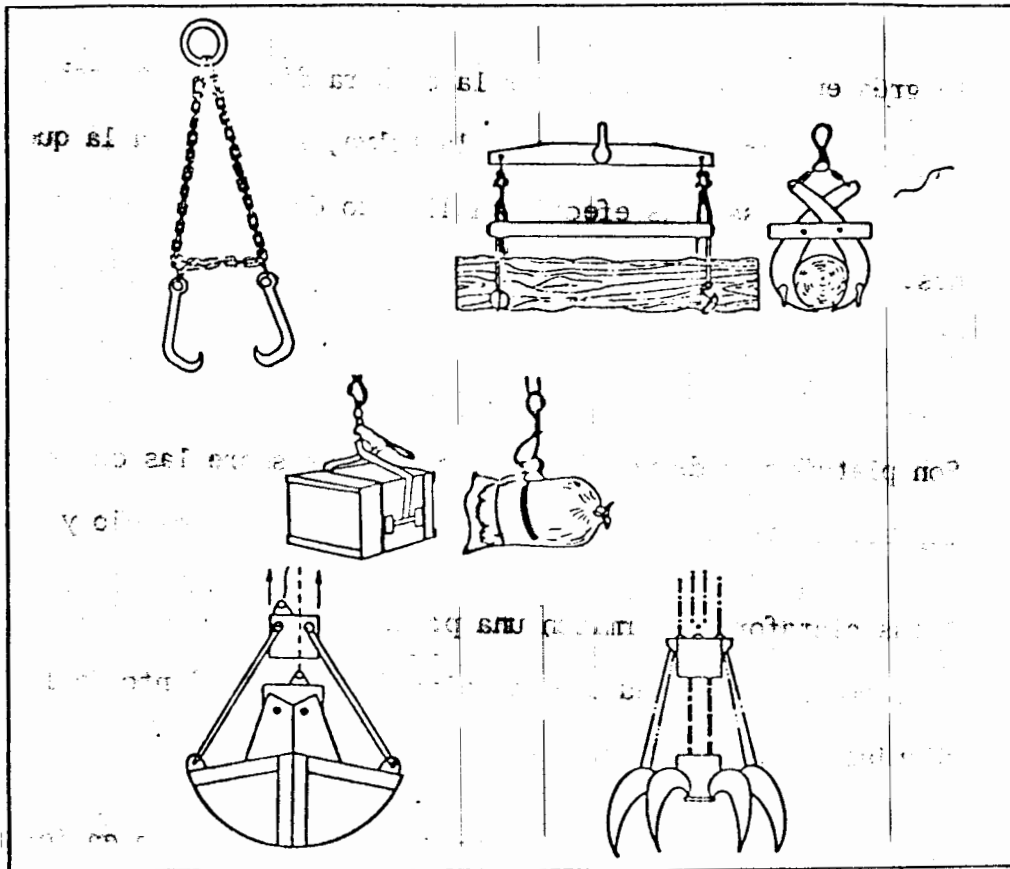


Figura 6.11. Aparejos diversos para manejos especializados

#### Tolvas

Tienen como objeto servir de medio de regulación y coordinación entre la operación de las grúas ordinarias con graneles sólidos y la evacuación de los volúmenes descargados por los medios te-



restres (camiones, ferrocarril).

Sus dimensiones han de estar de acuerdo con el tamaño de las cucharas y en teoría tendrán que variar según los diferentes ritmos de operación, pero esto último exigiría la renovación y cambio de unos elementos que, por lo general, son limitados y ello en la práctica es muy difícil.

La grúa en lugar de descargar la cuchara directamente sobre el transporte terrestre lo hace a la tolva, siendo ésta la que por una o varias salidas efectúa el llenado de los camiones o vagones.

#### Palets

Son plataformas de medidas estandarizadas sobre las cuales se depositan las mercancías formando una unidad de manejo y carga.

Estas plataformas permiten una primera forma de unitización de la carga general. Su uso ha mejorado el rendimiento de las terminales convencionales.

La paletización de la carga consiste, esencialmente en formar unidades de carga firmemente sujetas a las plataformas que permiten incrementar el peso de cada unidad manejada con mayor seguridad y eficiencia.

El palet está formado por dos tableros superpuestos separados por medio de travesaños. La carga colocada encima queda así

aislada del suelo, lo cual supone una protección adicional contra humedades y desgarros.

Usualmente está construido de madera, si bien también los hay formados por tubos o planchas de papel prensado o metálicas.

Siendo un elemento que es objeto de operaciones de elevación es condición indispensable que además de rígido sea ligero. (Figura 6.12)

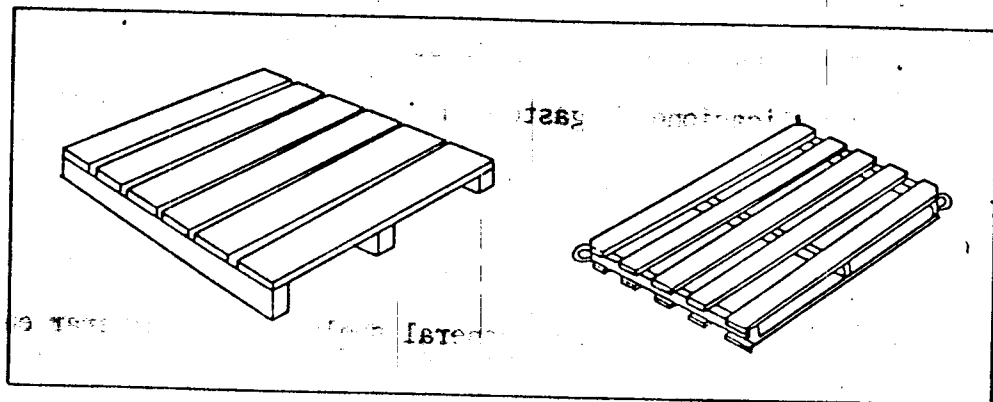


Figura 6.12. Tipos de palets

Las medidas del palet se han unificado, mediante normas I.S.O., en cinco tipos:

- 80 x 100 centímetros
- 80 x 120
- 100 x 120
- 120 x 160
- 120 x 180

Las ventajas de este sistema de agrupación de la carga se pueden

resumir en:

- . Mayor rendimiento horario en la operación
- . Ahorro en la mano de obra
- . Facilidad de apilado y manejo
- . Agrupación ordenada de la mercancía con ahorro de espacio
- . Protección de la mercancía ante la humedad, golpes, robos.

Como inconvenientes caben citar:

- . Aumento de peso en la carga
- . Necesidad de espacio para su almacenamiento
- . Complicaciones y gastos en el reenvío si no se emplea el "palet perdido".

Sin embargo donde se evidencia la ventaja entre la paletización y el manejo de la carga general suelta es al comparar en el siguiente cuadro el número de horas hombre necesario para manejar 100 toneladas de carga por sistema tradicional con el paletizado. (Cuadro 6.2)

Cuadro 6.2

HORAS HOMBRE PARA MANEJAR 100 TONELADAS DE CARGA

	Paletizado	Suelta
Preparación de la carga	15	0
Flejado	35	0
Carga a furgón	8	50
Descarga de furgón	9	24
Almacenamiento	9	30
Carga a barco	37	47
Descarga de barco	24	164
Carga a camión	8	54
Descarga de camión	9	57

### 6.3.2 Carga contenerizada

La creciente utilización de sistemas de unitización de cargas en busca de un ahorro de tiempo y dinero en la manipulación e inspección de las mercancías ha estimulado el desarrollo de los sistemas de contenedores, roll-on/roll-off, barcazas, etc.

Según la forma de carga o descarga de la mercancía utilizada se pueden distinguir tres tipos:

- Por elevación (lift/on - lift/off)
- Por rodadura (roll-on/roll-off)
- Por flotación

La operación por elevación es típica de los contenedores. Las dimensiones de los contenedores están estandarizadas, dando lugar a una tecnología particular para los dispositivos de manipulación. Las normas I.S.O. dan los siguientes tipos:

Longitud (pies)	Altura (pies)	Anchura (pies)	Carga total (ton)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
10	8	8	10	14.3
20	8	8	20	30.5
30	8	8	25	45.6
40	8	8	30	72.6

Los tipos de contenedores vienen definidos por su condición (ordinarios, ventilados, isoterms, herméticos) o por su material de construcción (acero, aluminio, madera, etc.)

La carga por rodadura se centra en todo aquel tipo de mercancía que es posible sacar e introducir en el barco mediante movimiento predominantemente horizontal. Puede tratarse por tanto de remolques, contenedores remolcables, vehículos, etc.

La carga por flotación se ciñe a los tipos especiales de barcazas Sea Bee o Lash, cuyas características ya han sido expuestas. Este sistema puede entenderse como un paso más hacia un transporte homogéneo en módulos estandarizados. Cada barcaza transporta varios contenedores y otras cargas singulares como automóviles, máquinas, etc. La barcaza es izada o colocada en el barco y llevada íntegramente hasta el puerto de destino, donde se vuelve a poner en flotación. El procedimiento, aparentemente simple, presenta algunos problemas tales como la especificidad de los buques y los gastos de reenvío de las barcazas que hacen que su evolución futura no sea muy clara.

#### a. Contenedores

La operación de manejo con contenedores es a base de elevación.

Los condicionantes para la maquinaria empleada son que tenga potencia suficiente para carga de 30 toneladas, un alcance a cualquier punto de la bodega del barco (alrededor de 50 metros), posibilidades de desplazamiento a lo largo del muelle de abatir o retirar los

brazos o plumas de carga para permitir el atraque del barco.

Los tipos de grúa a emplearse pueden ser las del propio barco cuya capacidad de carga oscila entre 5 y 30 toneladas o las comúnmente llamadas grúas pórtico de contenedores o portainers.

- Portainer (figuras 6.13 y 6.14)

El portainer en general tiene un rendimiento de alrededor de 20 a 25 contenedores por hora y una capacidad teórica anual por pórtico de alrededor de 70,000 cajas por año con valores medios entre 10,000 y 50,000. El ciclo de estas grúas es de 3 minutos.

El equipo terrestre para el manejo de las cajas depende la forma de operación de la terminal, pueden distinguirse en términos generales dos formas clásicas: cuando el almacenamiento se hace sobre plataformas y cuando el almacenamiento se hace colocando directamente las cajas sobre las áreas de almacenamiento en dos o más capas. (Quadro 6.3 y figuras 6.15 a 6.18)

En el primer caso el equipamiento básico para alimentar o evacuar las cajas del área del portainer son las plataformas propiamente dichas y un remolcador. En este caso el remolcador retira las plataformas con las cajas. (Figura 6.19)

Para el segundo caso el equipo es muy variado, el más común es el siguiente:

**ESPECIFICACIONES**

CAPACIDAD DE IZADO	30.5 Ton.
VELOCIDAD DE IZADO	36 m./min.
VELOCIDAD DEL CARRO	125 m./min.
VELOCIDAD DEL PORTAINER	45 m./min.
VELOCIDAD DEL BRAZO DE LA GRUA	5 m./min.

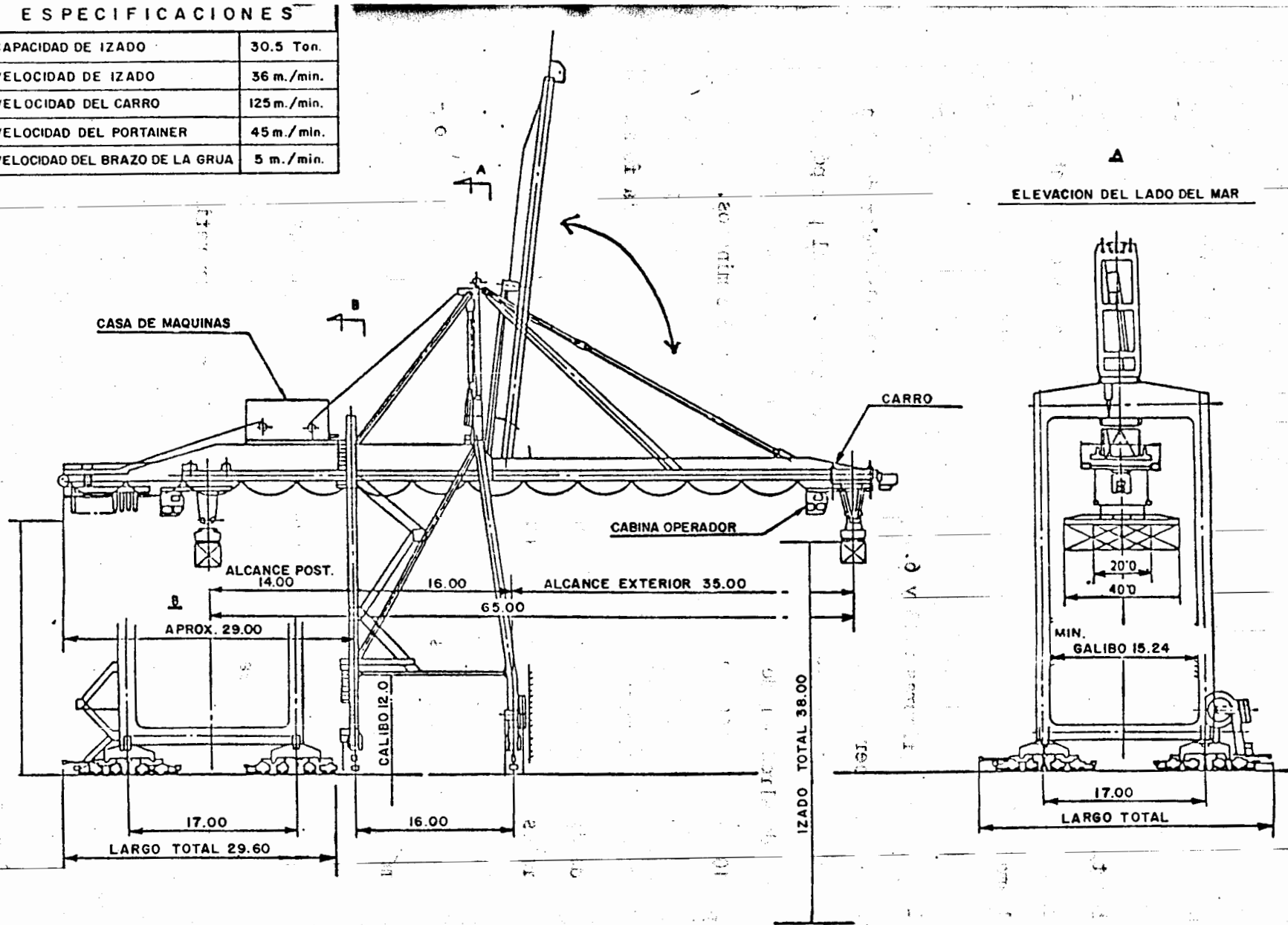
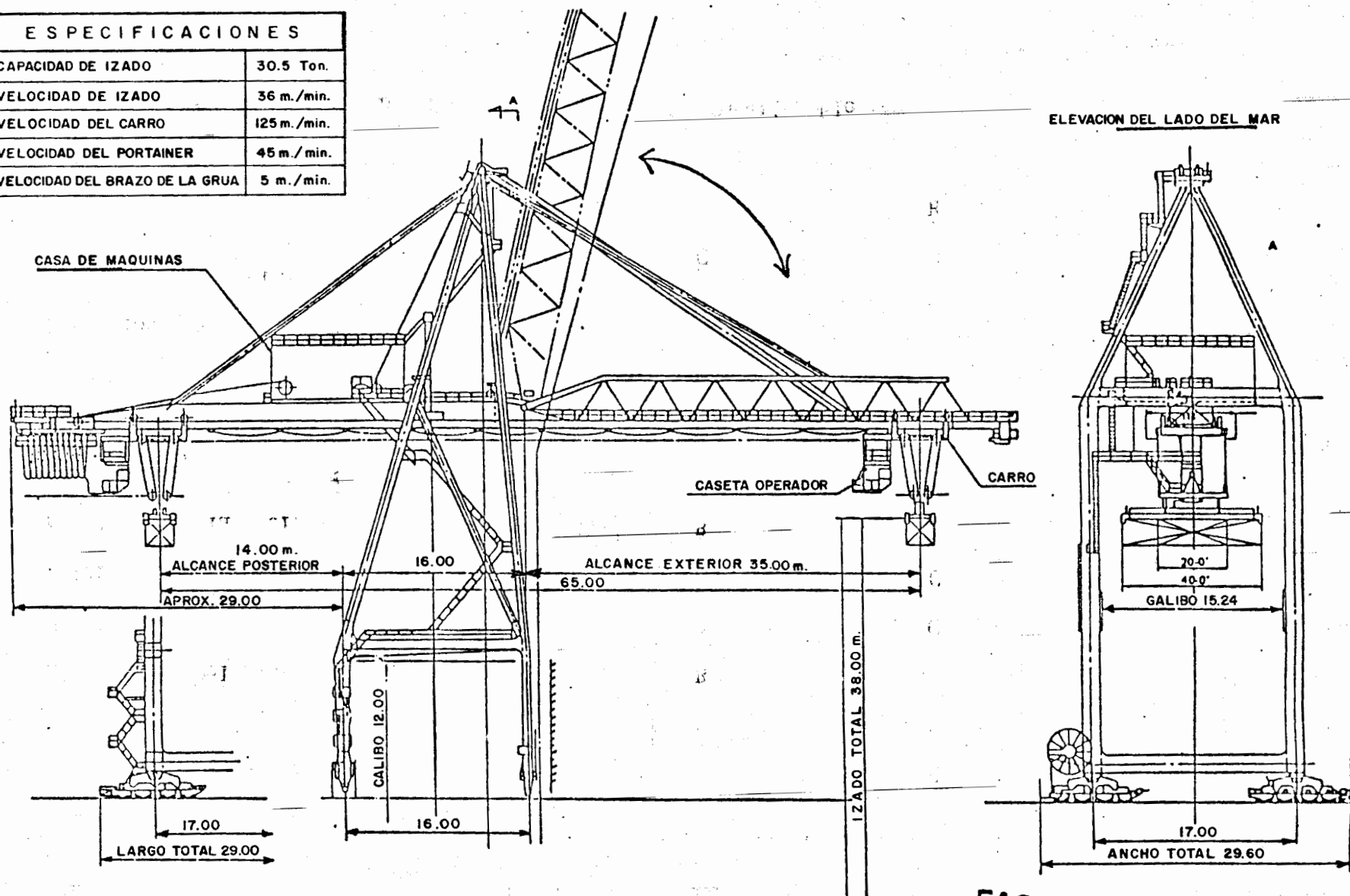


Figura 6.13 Portacontenedor

E S P E C I F I C A C I O N E S	
CAPACIDAD DE IZADO	30.5 Ton.
VELOCIDAD DE IZADO	36 m./min.
VELOCIDAD DEL CARRO	125 m./min.
VELOCIDAD DEL PORTAINER	45 m./min.
VELOCIDAD DEL BRAZO DE LA GRUA	5 m./min.



ELEVACION DEL LADO DEL MAR

283

Figura 6.14 Portacontenedor

FAC. DE INGENIERIA  
BIBLIOTECAS  
CONSULTA



Cuadro 6.3

## COMPARACION DE SISTEMAS DE MANEJO DE CONTENEDORES EN ALMACENAMIENTO

Concepto	Sistema	Chasis	Straddle carrier	Transteiner sobre ruedas de hule	Transteiner sobre rieles
Capacidad de almacenamiento		C	B	E	E
Costo inicial		C	B	E	E
Simplicidad del sistema		E	B	C	C
Eficiencia de manejo		E	B	C	B
Eficiencia de muelle		C	E	C	C
Movilidad de la operación		E	B	C	C
Daños a los contenedores		E	C	B	B
Costo de mantenimiento		B	C	E	E
Flexibilidad de la operación		E	E	C	C
Expansión		E	B	C	C
Adaptabilidad a la automatización		C	C	B	E
Carga a ferrocarril		C	C	B	E

E - Excelente

B - Buena

C - Cuestionable

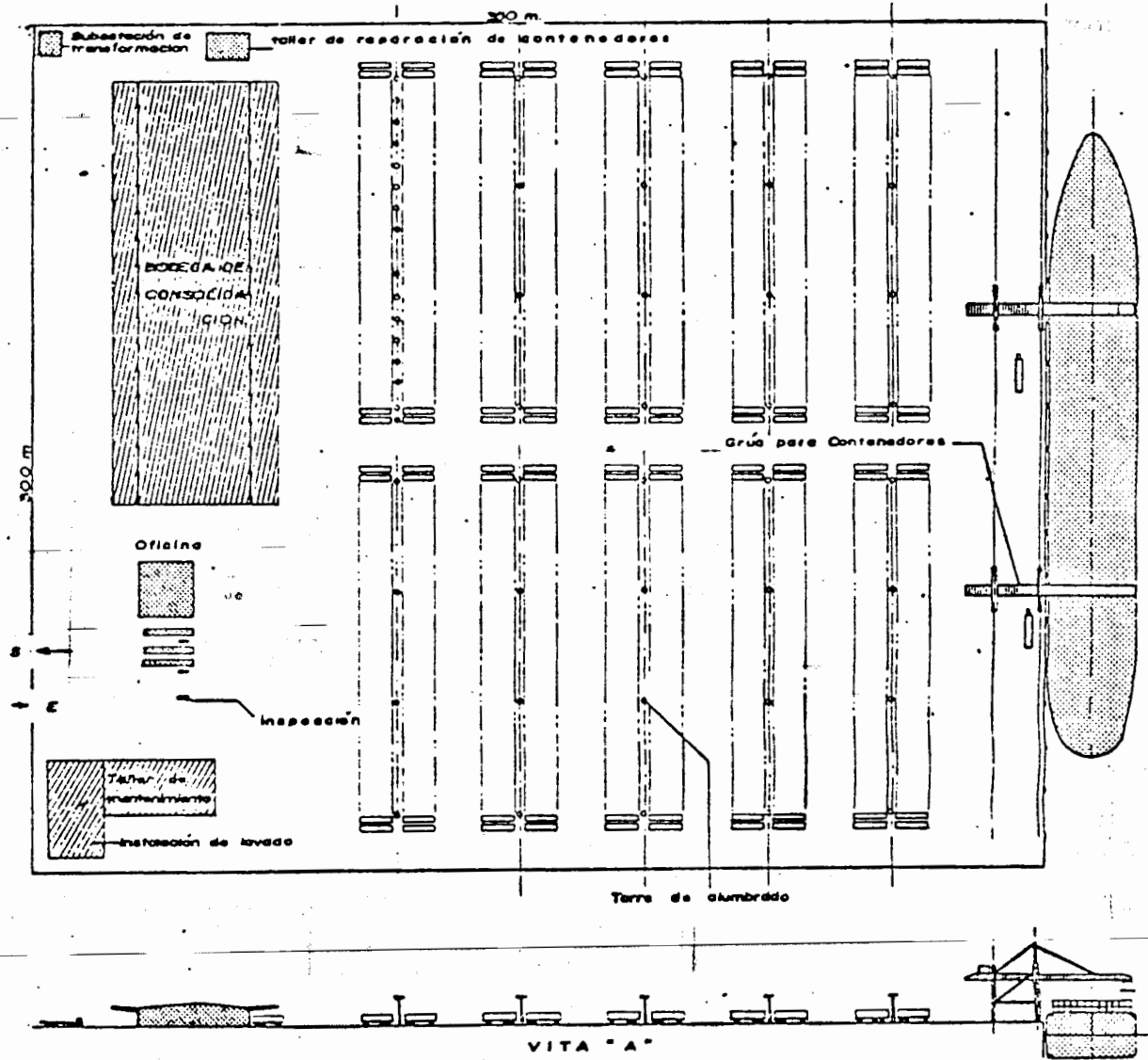


Figura 6.15 Terminal típica de contenedores. Sistema de chasis

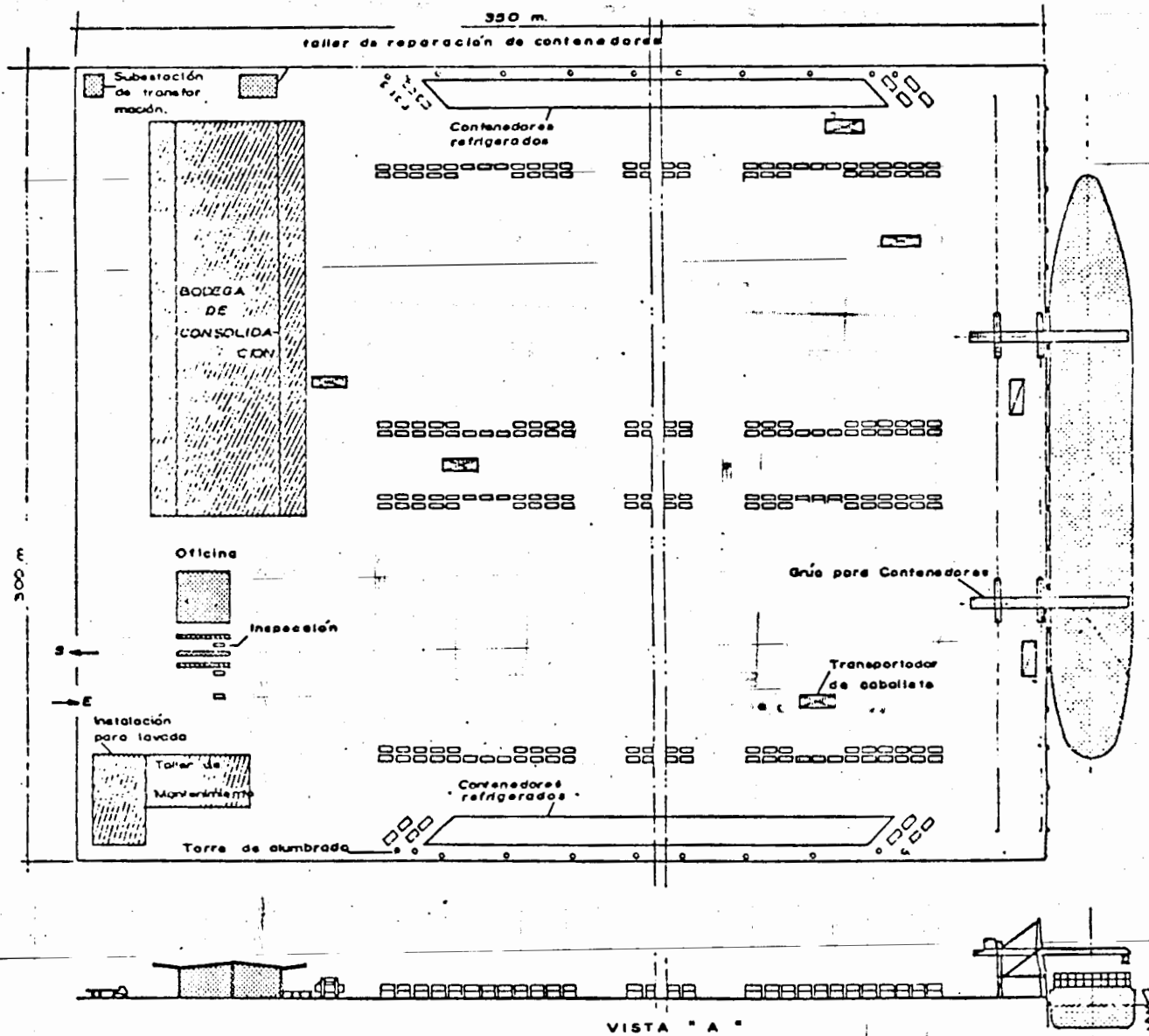


Figura 6.16 Terminal típica de contenedores. Sistema de transportador de caballete (Straddle carrier)

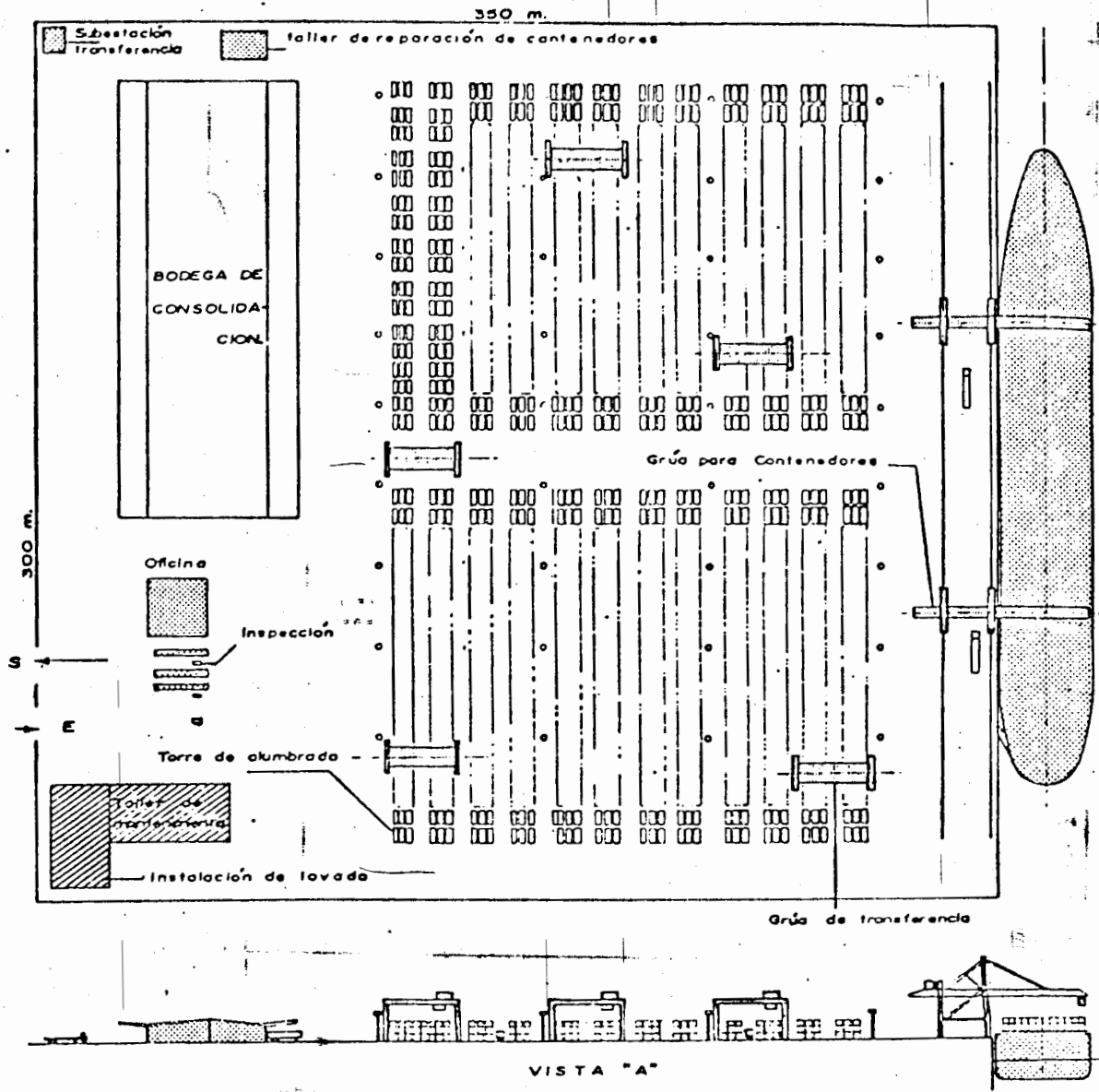


Figura 6.17. Terminal típica de contenedores. Sistema de transtainer sobre neumáticos.

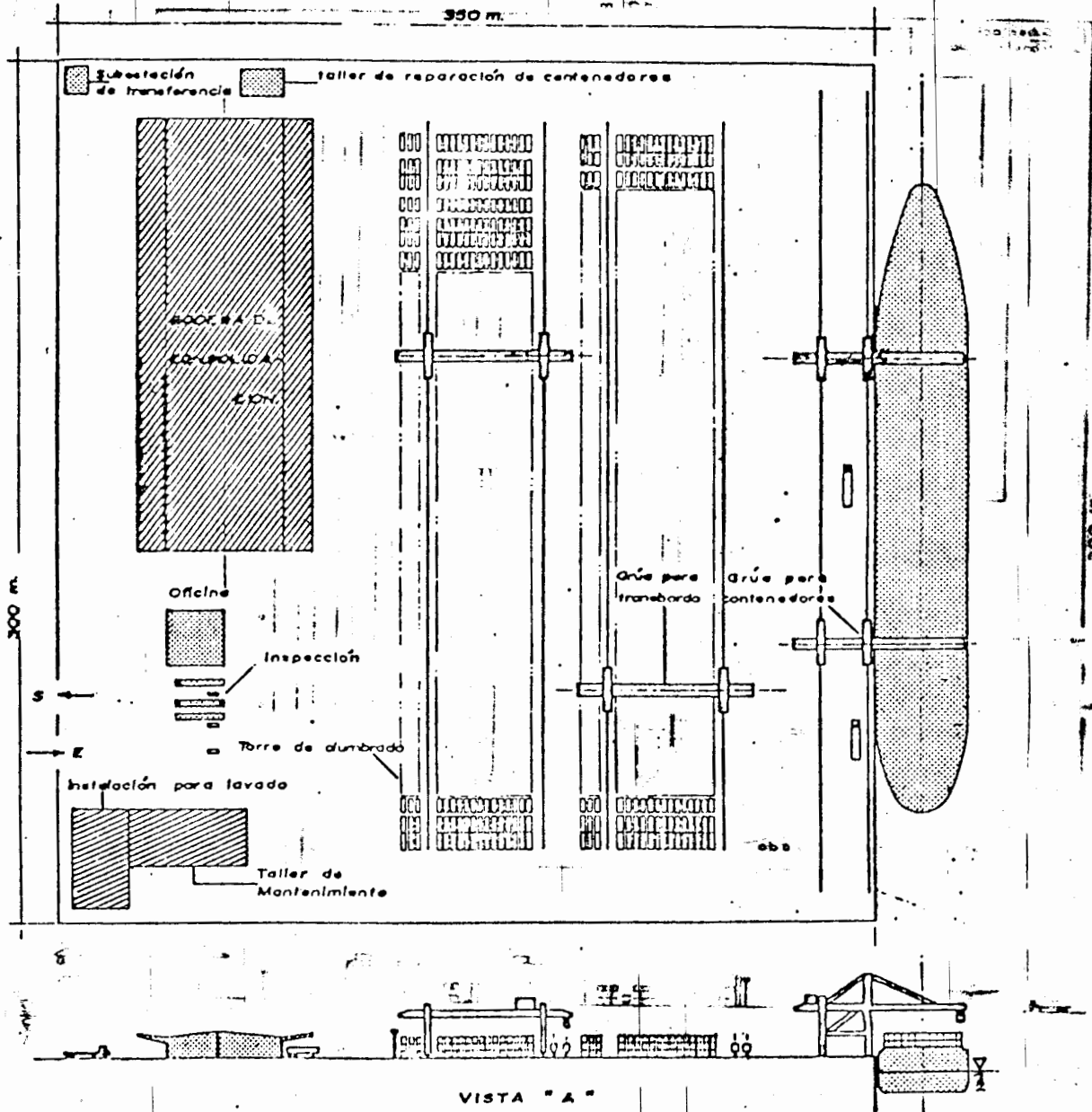
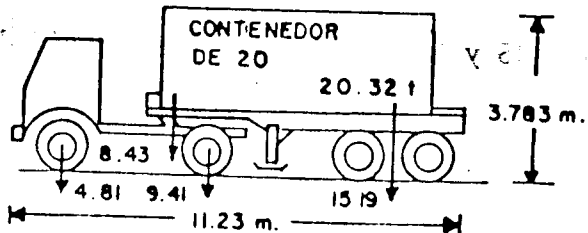
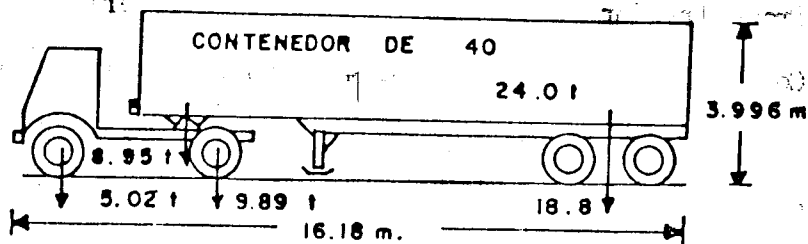


Figura 6.18 Terminal típica de contenedores. Sistema de transtainer sobre rieles.

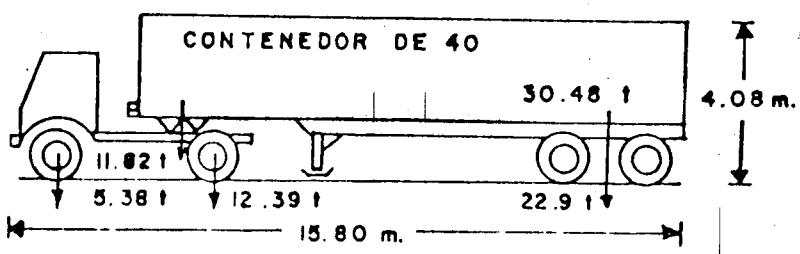
J stug



CONTENEDOR	20.32 t
CHASIS	3.3 t
TRACTOR	5.79 t
<b>TOTAL</b>	<b>29.41 t</b>



CONTENEDOR	24.0 t (30.48 t)
CHASIS	3.83 t (3.83 t)
TRACTOR	5.96 t (5.96 t)
<b>TOTAL</b>	<b>33.79 t (40.27 t)</b>



CONTENEDOR	30.48 t
CHASIS	4.25 t
TRACTOR	5.96 t
<b>TOTAL</b>	<b>40.69 t</b>

Figura 6.19. Remolcadores y plataformas

. Montacarga (Fork lift truck)

Esta es una variante del cargador de horquilla y llevan una caja con una posibilidad de elevación de 1 a 3 alturas y una capacidad entre 15 y 30 toneladas y una velocidad de desplazamiento de 360 m/minuto. (Figuras 6.20 y 6.21)

. Cargador lateral (Side loader)

Permite el almacenamiento en dos alturas y lleva las cajas en su costado.

. Transportador de caballete (Straddle carrier)

Consiste en un caballete de 4 patas sobre llantas de hule con cabina de mando en su parte superior. Maneja los contenedores en forma individual y permite hacer almacenamientos normales en dos capas; eventualmente puede haber equipo capaz de hacerlo en tres. Su capacidad de carga oscila entre 8 y 30.5 toneladas con una velocidad de desplazamiento horizontal de hasta 30 km/hora. (Figura 6.22)

. Pórtico de almacenamiento (Transtainer)

Puede ser montado sobre neumáticos o sobre rieles. Permite el almacenamiento en bloques cuyo ancho depende de su galibo y puede colocar hasta 4 ó 5 alturas. Se utiliza también como elemento de carga para plataformas de ferrocarril o camiones. Puede manejar hasta 45 toneladas y su velocidad de desplazamiento sobre rieles es de 100 m por minuto. (Figuras 6.23)

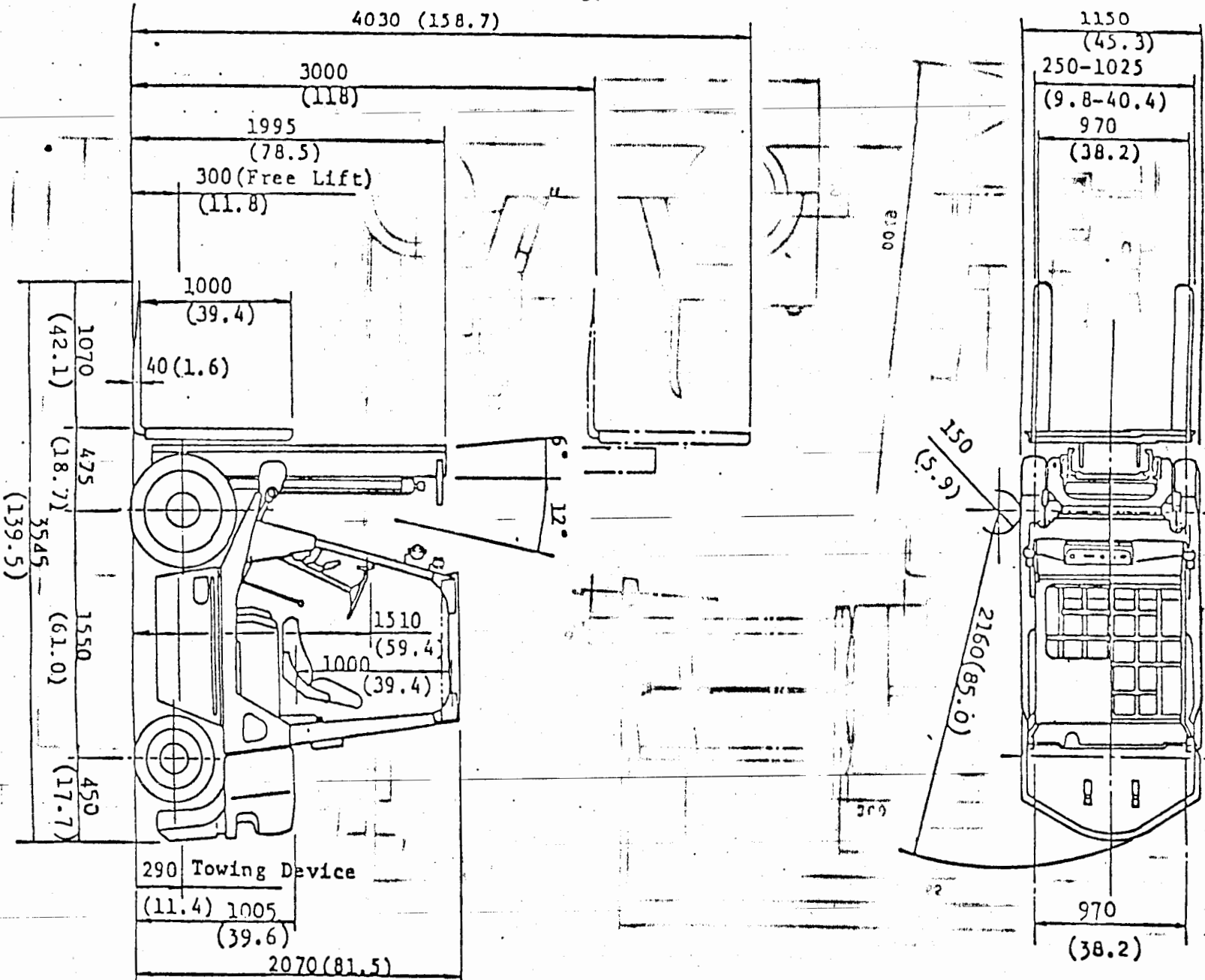


Figura 6.20. Montacarga



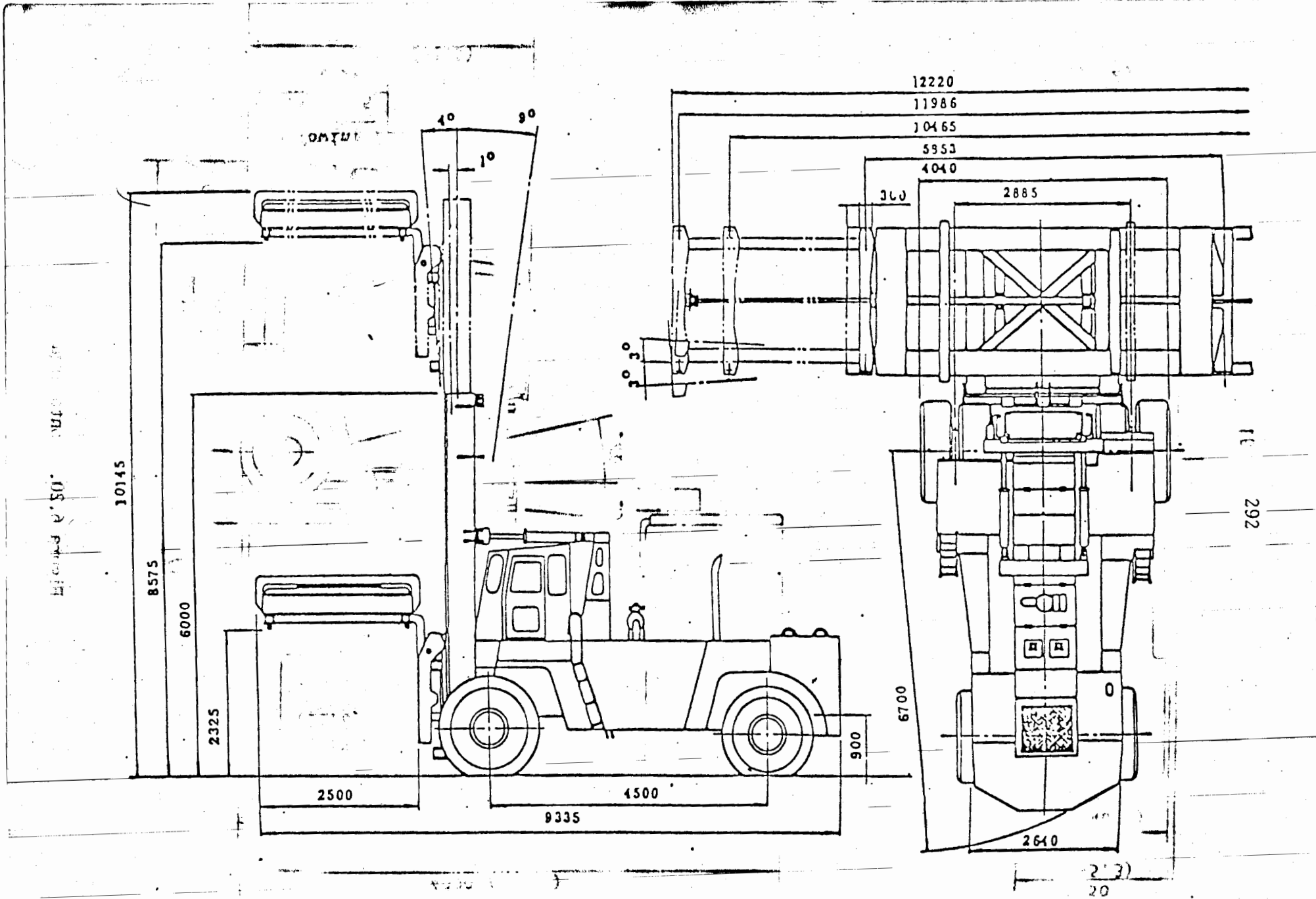


Figura 6.21. Montacarga

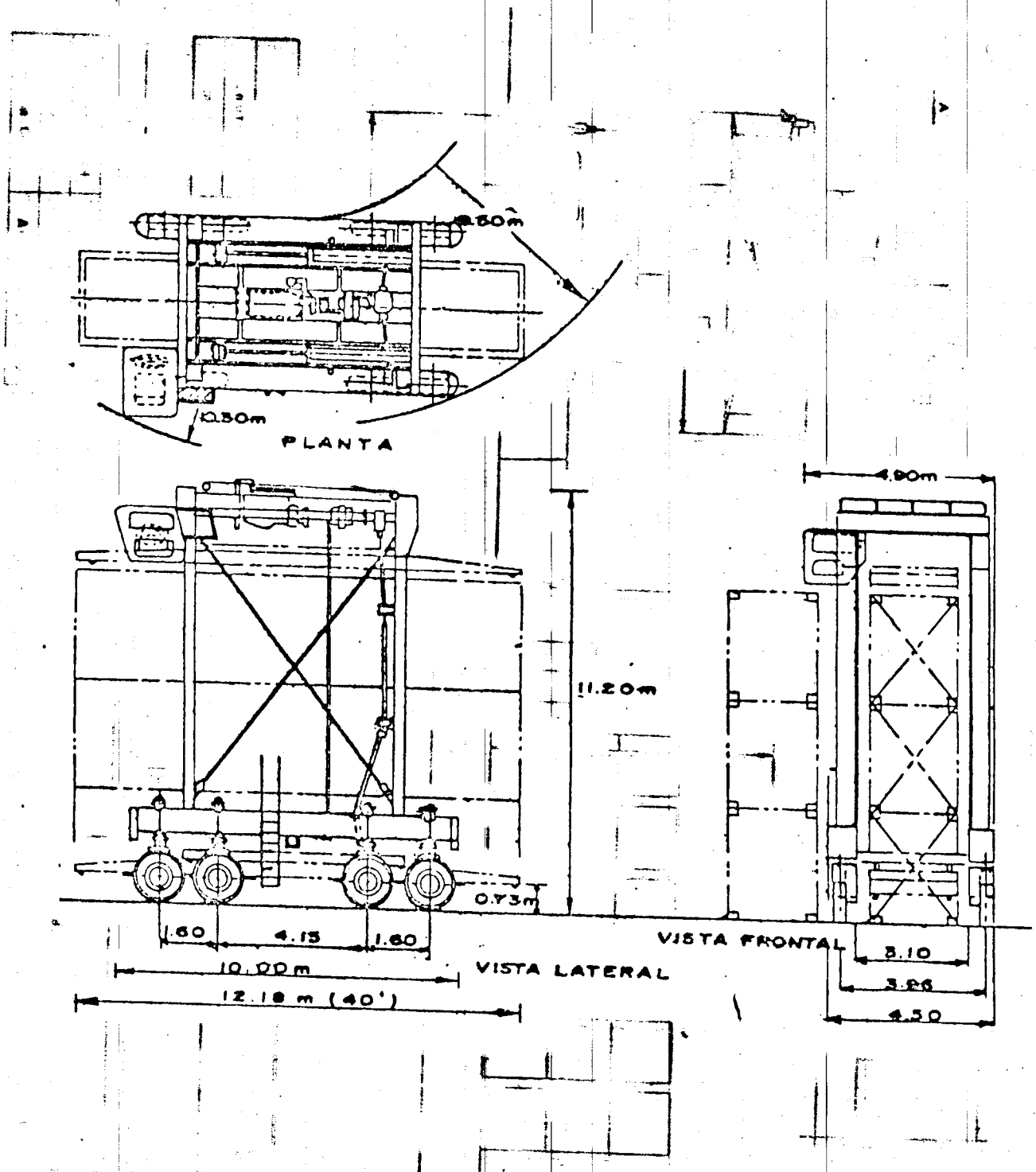


Figura 6.22. Transportador de caballete (Straddle carrier)

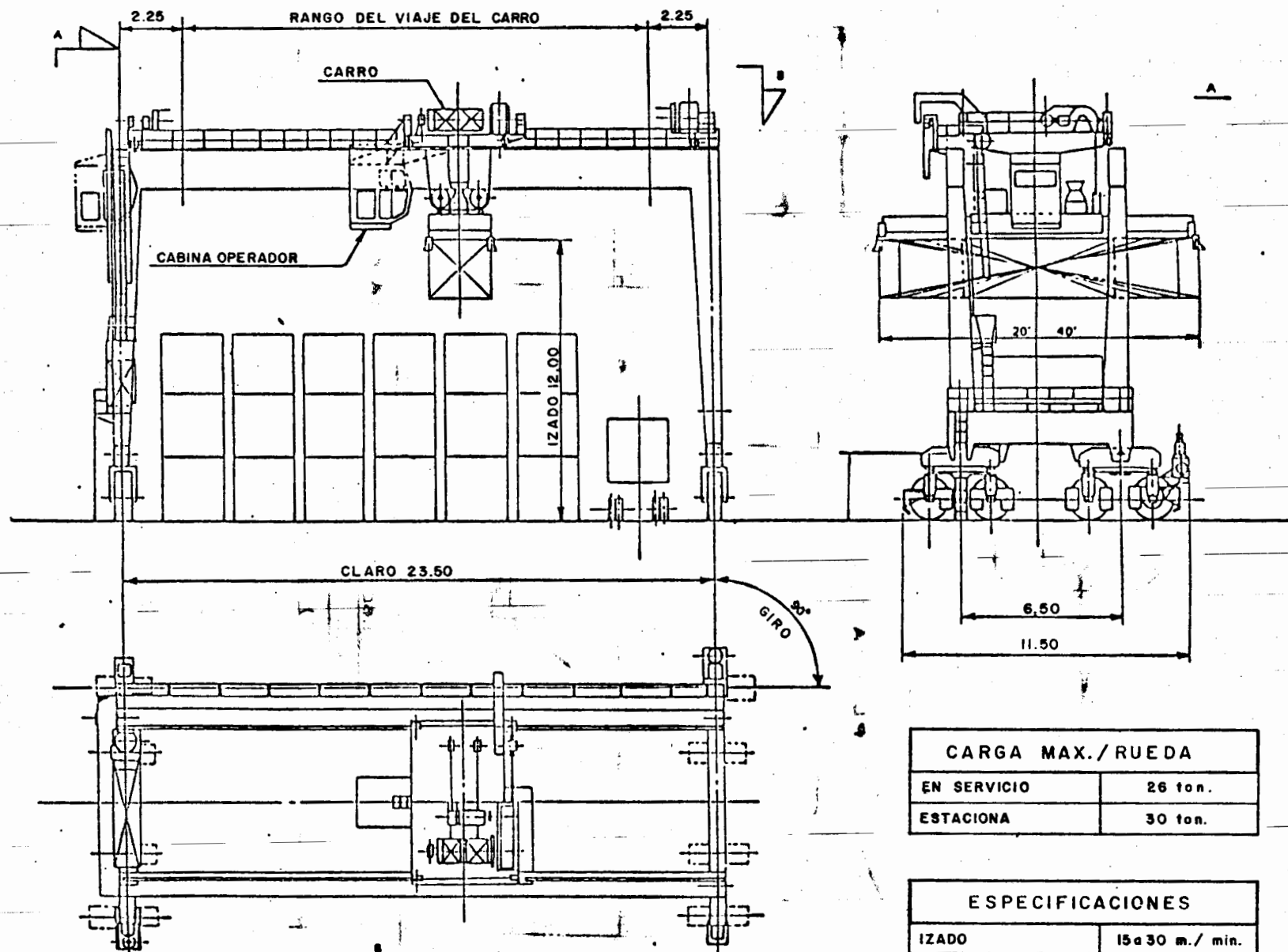


Figura 6,23 Transtainer sobre neumáticos.

**b. Roll-on / Roll-off**

Se incluyen aquí las operaciones de entrada y salida del buque con todo tipo de mercancía rodante, ya sean en remolque o por medios propios. En el caso de los contenedores existen tres modalidades de carga.

1. El contenedor sobre su trailer es introducido a bordo por el propio vehículo tractor, haciendo éste el viaje por mar y saliendo el conjunto en el puerto de destino.
2. El trailer con el contenedor se introduce en el barco con la unidad tractora separándose de ésta. En el puerto de destino es recogido por otra unidad tractora.
3. El contenedor propiamente dicho se introduce en la bodega del barco con ayuda de un medio rodante propio del puerto como puede ser un straddle carrier o un straddle truck. En destino se efectúa la operación inversa.

Entre una modalidad y otra existen las lógicas diferencias de equipamiento empleado y superficie ocupada a bordo, lo que hará aconsejable una elección dispar dependiendo de las características particulares de cada puerto. (Figura 6.24)

**c. Barcazas**

Este tipo de operación se refiere a las utilizadas por los buques

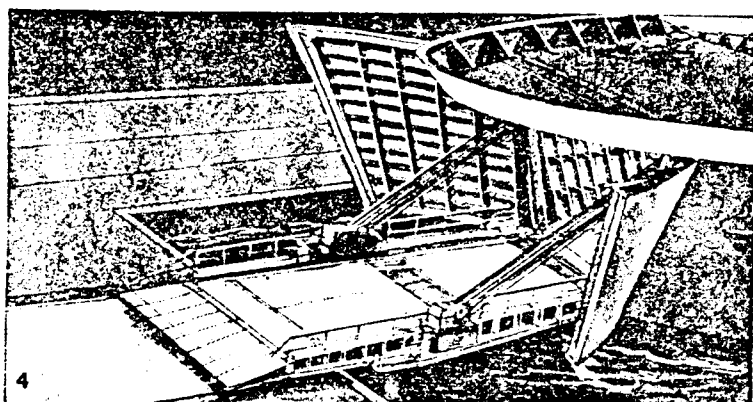
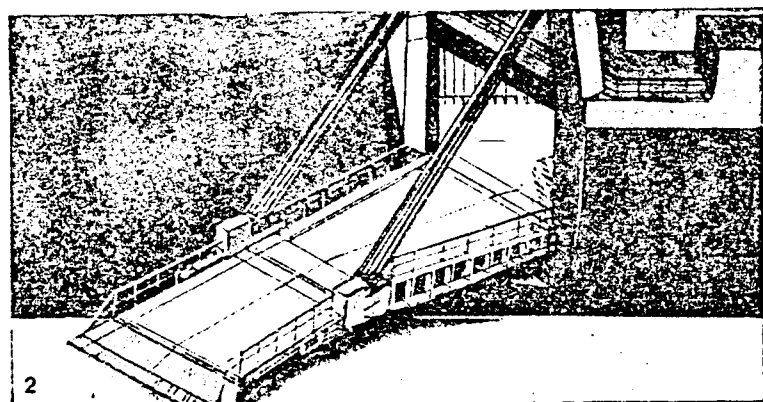
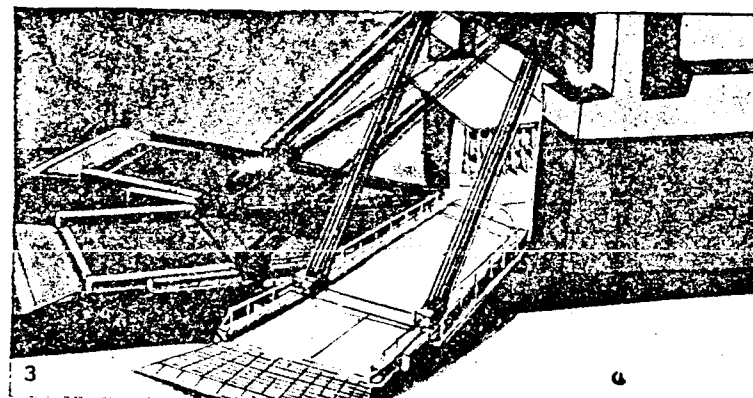
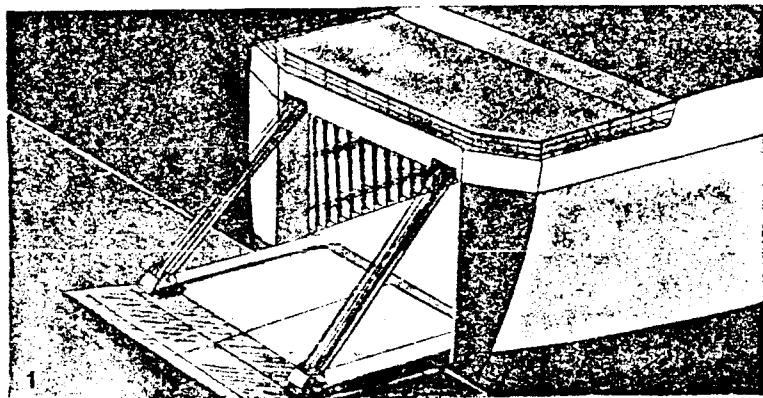


Figura 6.24. Tipos de rampas para barcos RO/RO.

1. Rampa axial de popa.
2. Rampa en ángulo.

3. Rampa giratoria de popa.
4. Rampa de proa.

Lash, Sea Bee y otros sistemas análogos.

Las barcasas de uno y otro tipo, se cargan en muelles apropiados para ello y son transportadas por remolcadores convencionales hasta la zona de atraque o fondeo del buque nodriza.

El buque Lash utiliza para la elevación de las barcasas un pórtico de 470 Tm de fuerza de elevación, con capacidad para cargar 4 barcasas, suponiendo un recorrido medio de 180 m hora. (Figura 6.25)

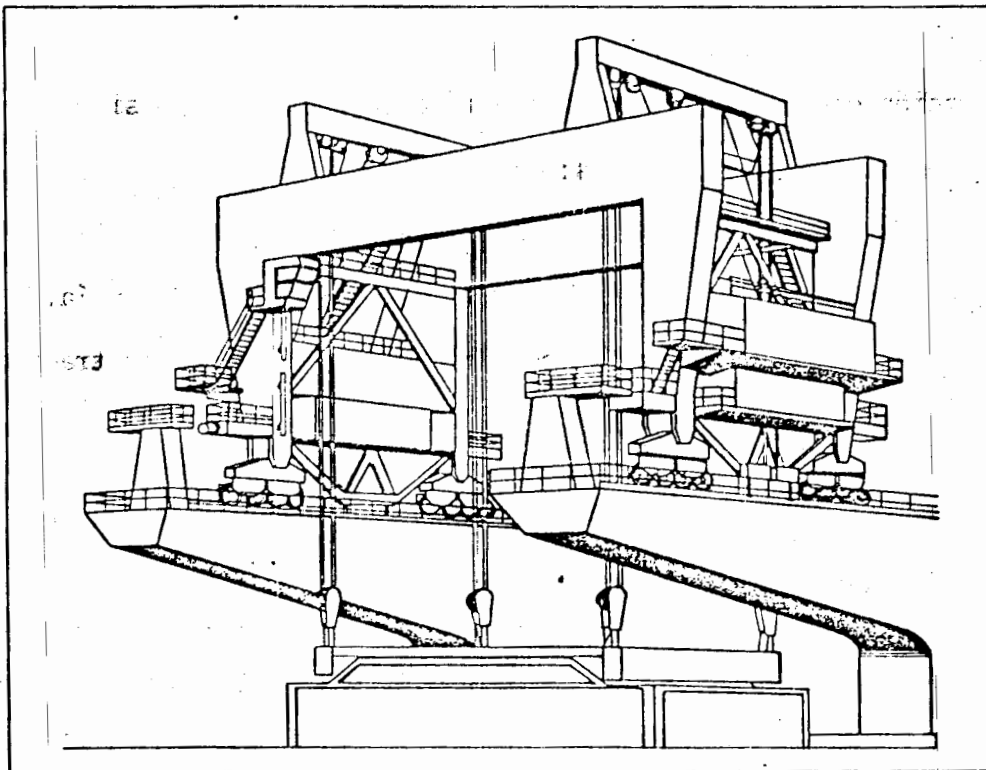


Figura 6.25. Sistema de elevación en buque Lash

### 6.3.3 Graneles sólidos

Se ha mencionado ya que el concepto de granel sólido engloba a todos aquellos productos que son transportados en forma homogénea bajo el aspecto de material suelto y pueden ser manipulados de forma continua.

Los tipos de graneles pueden ser clasificados en dos grandes grupos:

- Ordinarios (Bulk). Entre los que destacan, por su volumen de transporte marítimo, los cereales. Otros materiales son los abonos químicos, azúcares, sal, cementos, etc.
- Minerales (Ore). Con una extrema gama de variedades que suelen, por lo general, presentarse bajo un aspecto granular de alta densidad.

La operación con la carga a granel está orientada por los siguientes principios básicos particulares:

- i. Dependencia de las características físicas de la mercancía.
  1. Densidad del material: condiciona los volúmenes de transporte y manipulación.
  2. Angulo de reposo, fricción, cohesión y granulometría: condicionan las alturas de los depósitos y la operación de recogida.
  3. Alterabilidad. Por la necesidad de una protección restringen su modo de transporte y almacenamiento. Dos casos simples serían los materiales pulverulentos ante la acción dispersante del viento o los cereales y granos por su germinación ante

la humedad o la lluvia.

- i. Contaminación. Condiciona asimismo todas las operaciones y el almacenamiento. Los productos pulverulentos son especialmente susceptibles a la diseminación en nubes contaminantes. Asimismo los productos químicos o abonos tienen tendencia a la fácil producción de olores en amplio radio de acción.
- ii. Utilización al máximo de la gravedad en todas las operaciones en busca de un aumento en el rendimiento y de la economía.
- iii. Independencia, si ello es posible, de las dos cadenas de transporte, marítimo y terrestre, ya que las interacciones recíprocas producen múltiples pérdidas de tiempo.

a. Equipamiento

Dividiéndolos entre graneles ordinarios, básicamente cereales, y minerales el equipo de carga y descarga varía en tipo y capacidad aunque en general podemos decir que para las operaciones de carga se busca fundamentalmente aprovechar la ventaja que representa la acción de la fuerza de gravedad.

- Carga

La banda transportadora es el elemento más comúnmente empleado, sus longitudes oscilan entre algunas decenas de metros hasta varios kilómetros en casos especiales, el ancho de las bandas está comprendido entre 30 cm y 1.5 m con una velocidad de desplazamiento de 1 a 3 metros.



Los rendimientos pueden ser variables dependiendo del número de puntos de carga y de las dimensiones y características de las bandas - aunque como cifra media pueden considerarse 250 toneladas por hora por banda y medias máximas del orden de 500 a 1,500 ton/hora/banda.

Una forma usual de carga es el empleo de cargadores de pórtico alimentados por bandas. Los elementos de carga son trompas flexibles a sistemas de tubos telescópicos. (Figuras 6.26 y 6.27)

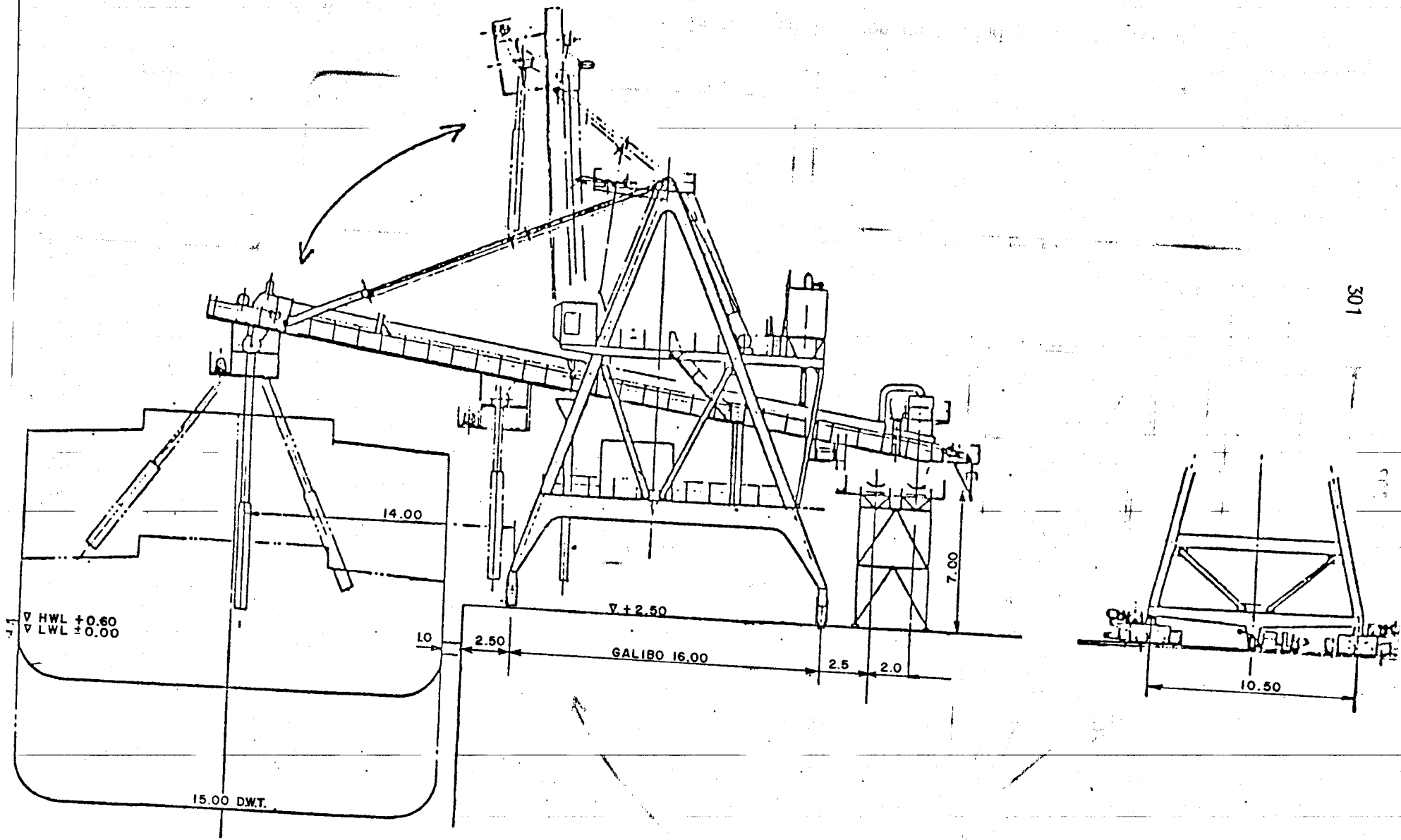
Otro sistema es el uso de cargadores que sirven según sectores circulares. Hay dos variantes una en la cual todo el sistema describe una trayectoria radial y una segunda en la cual se combina un movimiento de translación del puente alimentador y un movimiento radial del cargador propiamente dicho. El segundo sistema cubre un frente mayor que el primero. (Figura 6.28)

#### - Descarga

Los tipos más usuales de descarga son: sistemas neumáticos, cucharones, elevadores verticales y elevadores de cangilones.

#### i. Sistema neumático por tubería

Este sistema se emplea cuando las características de finura, - homogeneidad y ligereza permite su empleo, siendo los equipos más empleados los de aspiración cuando existen varias tomas en diferentes puntos y una sola descarga o de presión cuando hay un único punto de toma y varios de descarga. En el caso de -



301

Figura 6.26 Cargador de graneles con capacidad para manejar 1200 a 1700 ton/hr

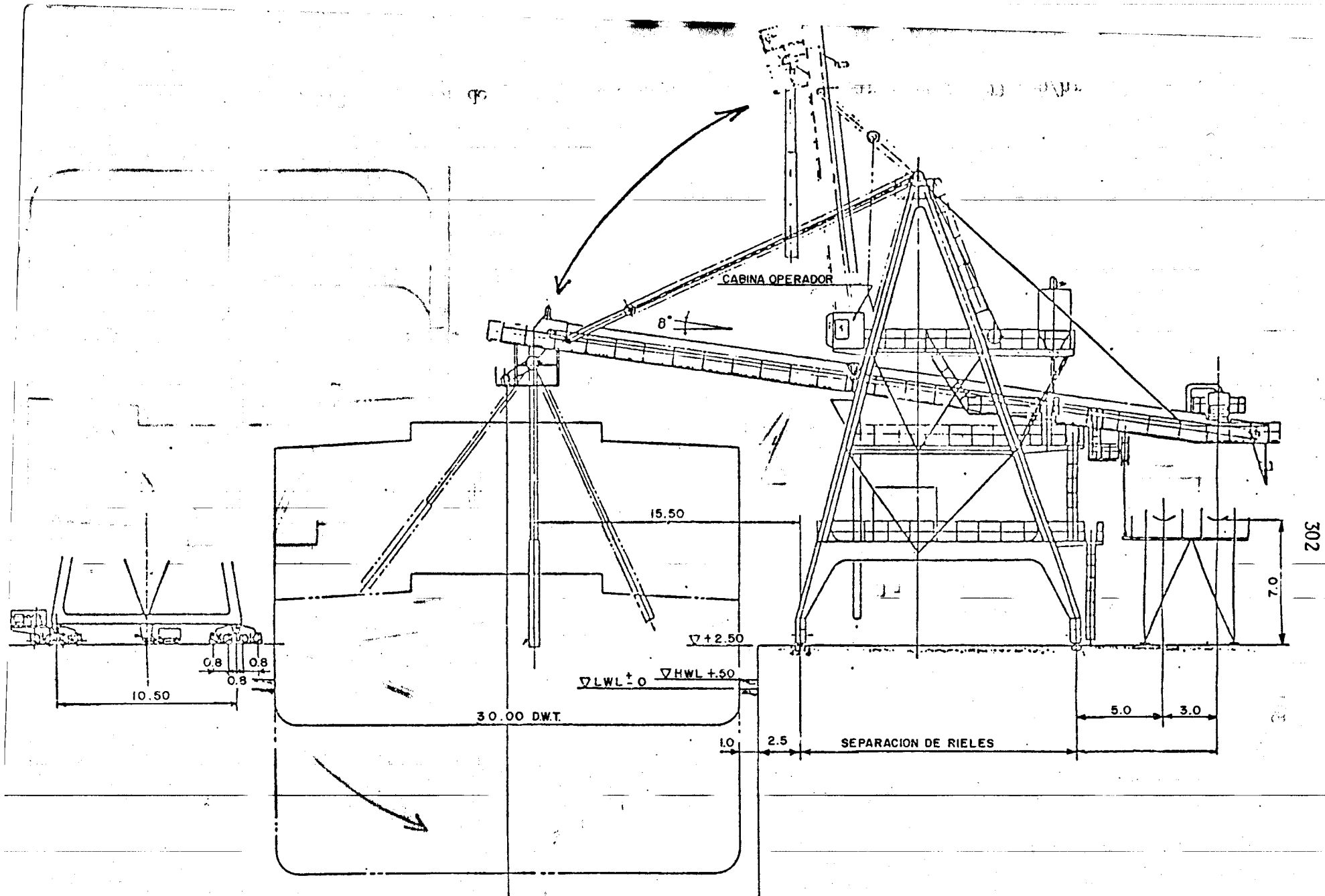


Figura 6.27 Cargador de banda y tubería telescópica con capacidad para 1000 ton/hr  
(El brazo cargador es retractil)

## Comparación entre el cargador radial y el cargador lineal

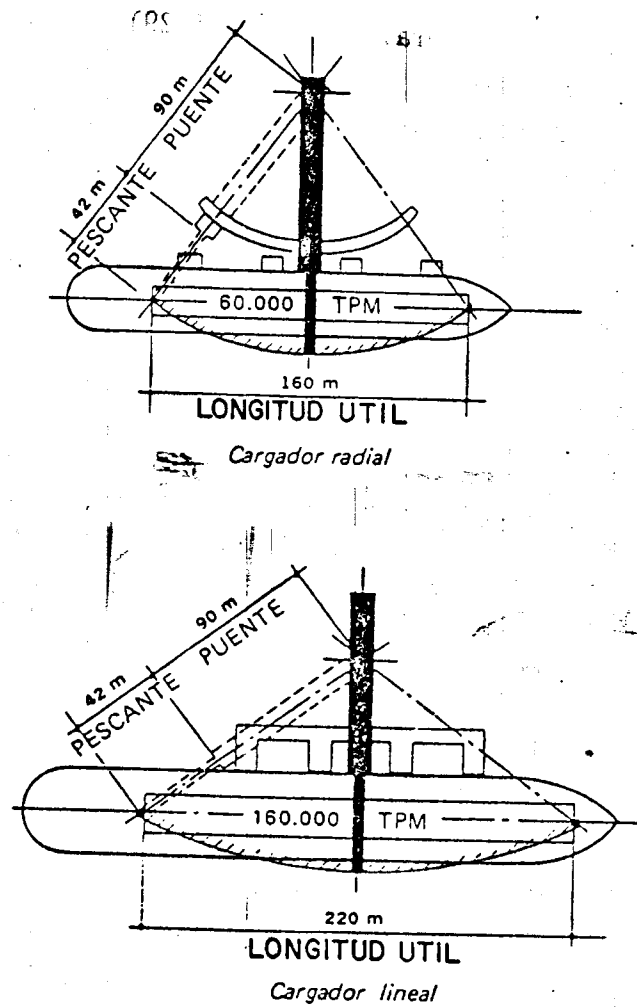


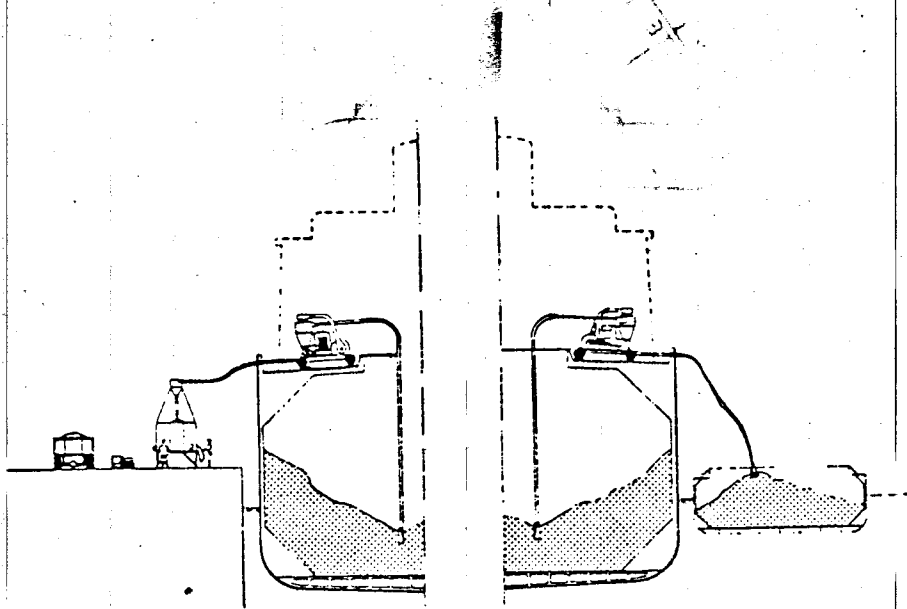
Figura 6.28

que existan varios puntos de carga y descarga el sistema sería mixto.

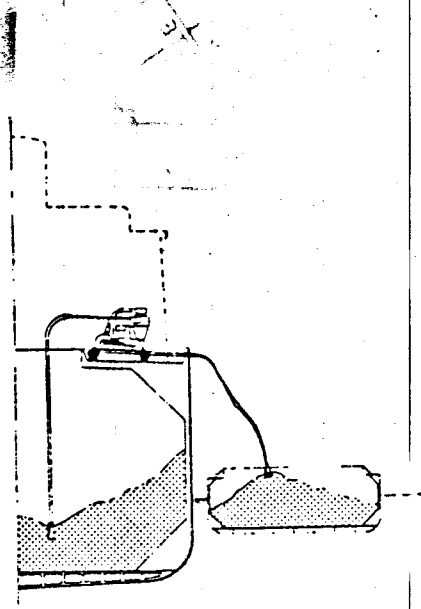
Estos equipos son portátiles y como todos los sistemas neumáticos tienen un consumo de energía elevado pero evitan pérdidas de materiales por derrame durante el transporte.

Los rendimientos obtenidos con equipo portátil es bajo, de alre-

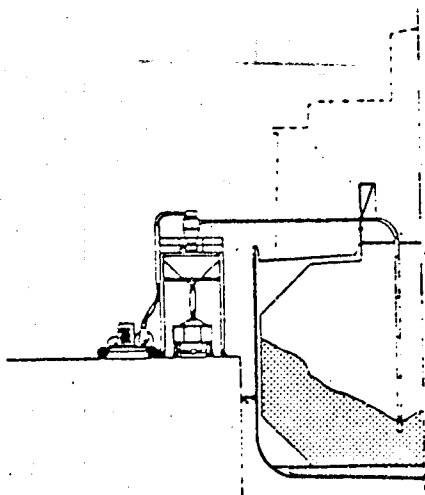
dedor de 50 ton/hora. (Figura 6.29)



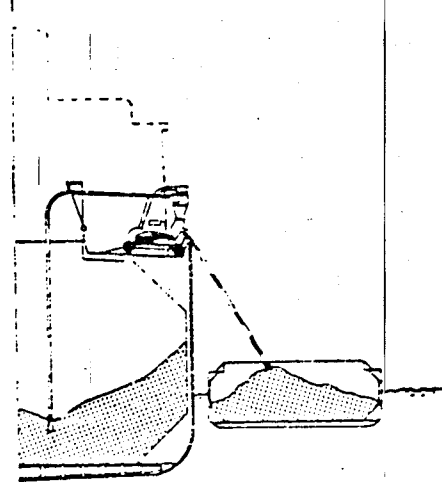
1. Sistema mixto aspiración/presión; acarreo de cereales del buque a la tolva ensacadora



2. Sistema mixto aspiración/presión; acarreo del buque a la gabarra



3. Sistema de aspiración; acarreo de cereales del buque al camión o a la tolva para carga en vagón de ferrocarril



Descarga de cereales del buque por aspiración; carga de cereales en gabarras por gravedad.

Figura 6.29. Equipo neumático para manejo de granos

Existen sistemas de elevadores neumáticos en pórticos que se utilizan en terminales para manejo de graneles agrícolas. Este equipo permite diversas combinaciones de manejo de los granos. El rendimiento promedio por unidad es del orden de 200 - ton/hr. (Figura 6.30 y 6.31)

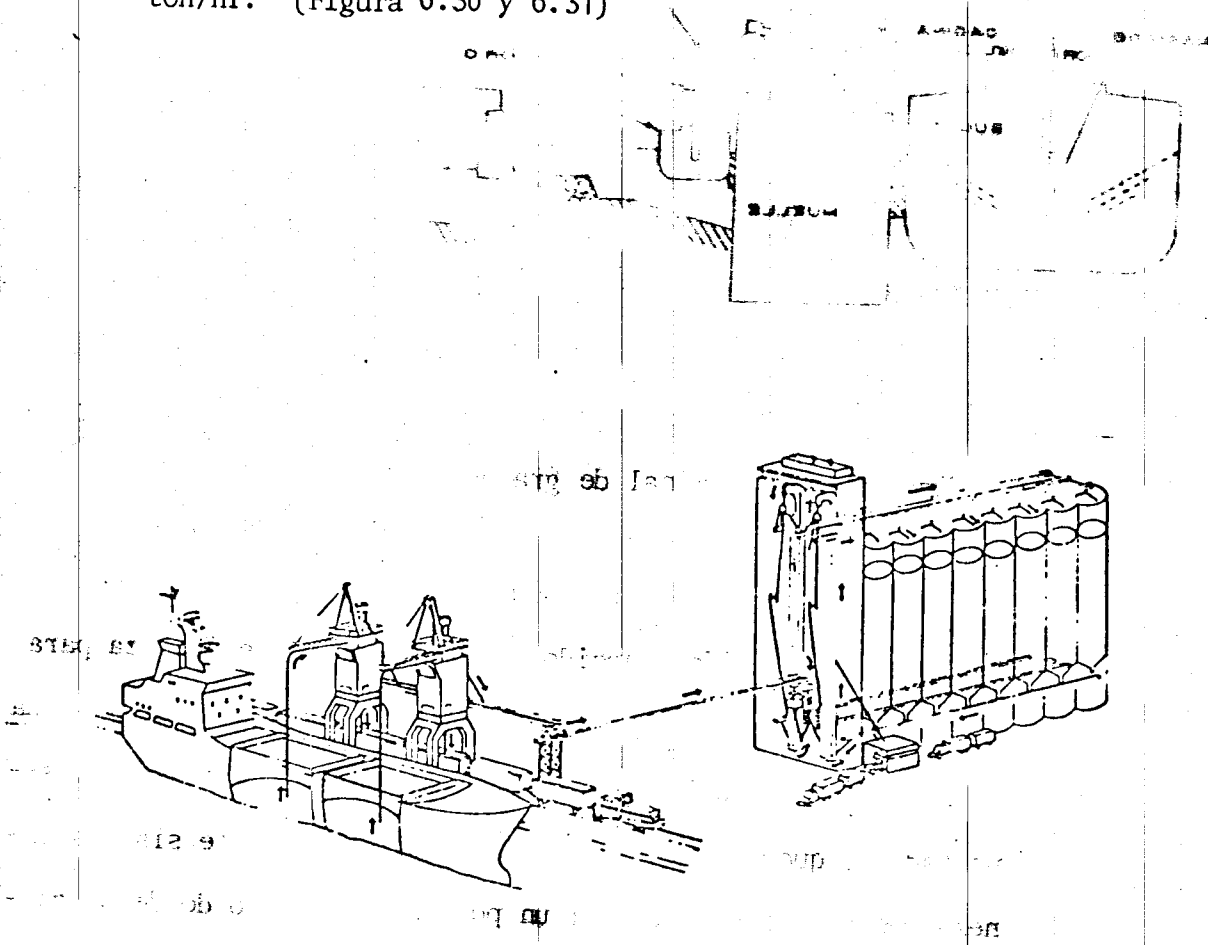


Figura 6.30. Sistema para descarga de graneles agrícolas incluyendo silo de almacenamiento.

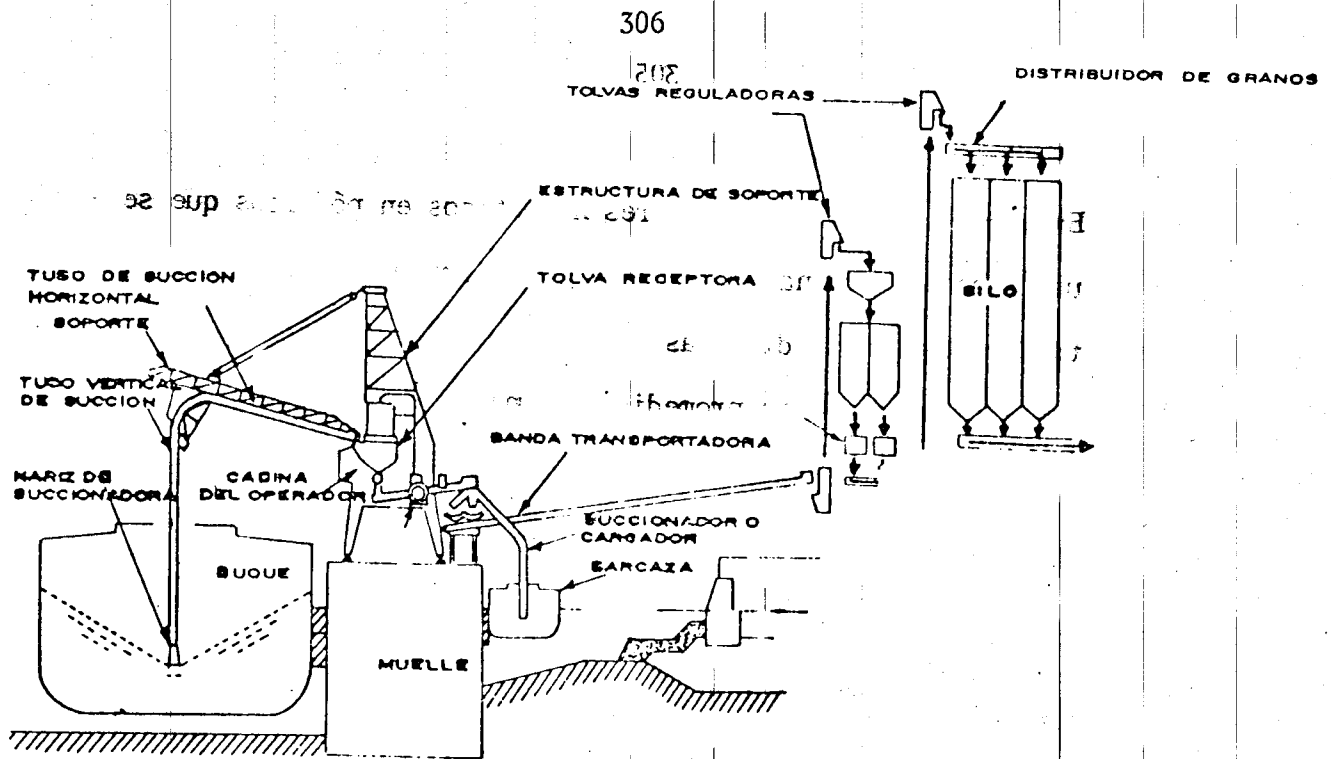


Figura 6.31. Terminal de granos

ii. Cucharones. También conocido como de almeja, se utiliza para recoger el material del barco y descargarlo en una tolva situada al borde del muelle que a su vez alimenta una banda transportadora, que lleva el material al almacén. Este sistema generalmente es soportado por un pórtico, su ritmo de descarga oscila entre 500 y 2000 ton/hr.

Una segunda forma es suspender la almeja de una grúa giratoria que abre la posibilidad de que la banda que recibe el material descargado en la tolva lo haga a su vez directamente a camión o furgón. El rendimiento medio de descarga puede ser de 180 ton/hr aunque con descarga continua a bodega puede ser de 500

a 700 ton/hr. (Figura 6.32 y 6.33)

Grúa descargadora de cuchara con carro móvil elevado

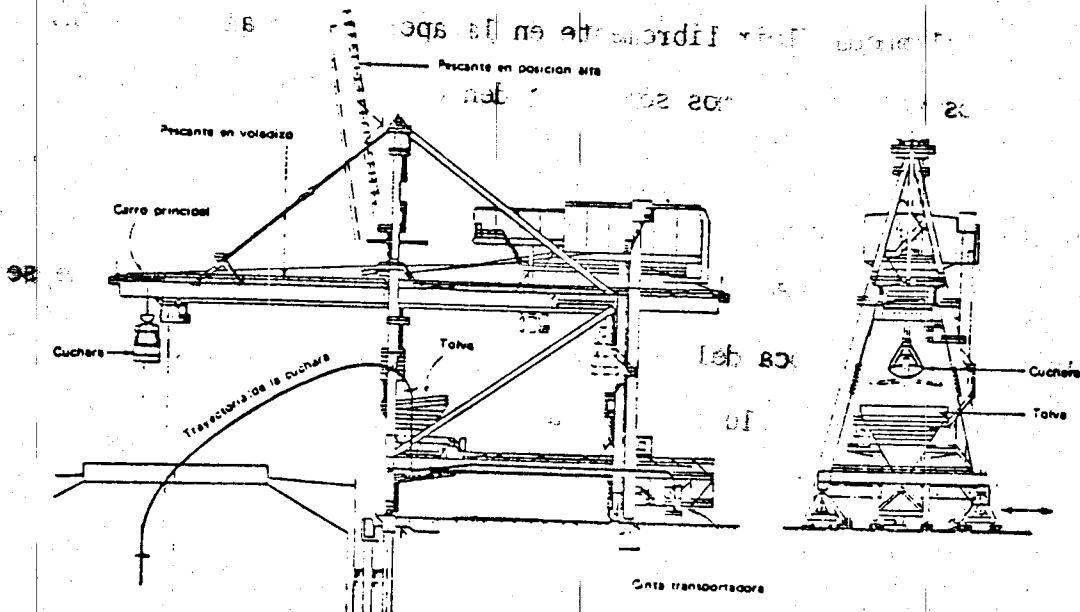


Figura 6.32

Grúa giratoria de cuchara

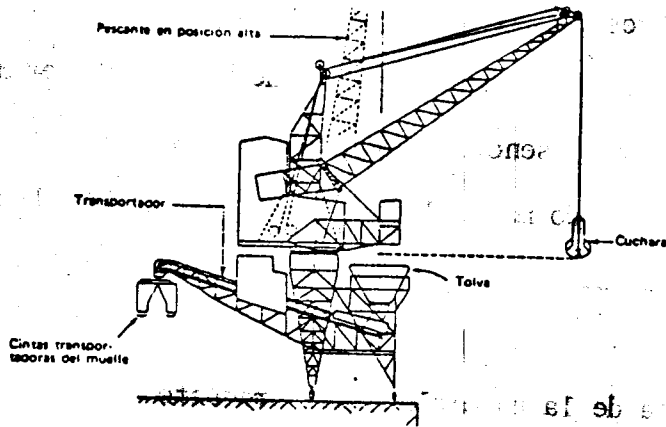


Figura 6.33



iii. Elevadores verticales. El más común es el de tornillo helicoidal que gira dentro de un tubo. Estos elevadores permiten manejar materiales finos granulares, graneles semilíquidos y fibrosos. Los rendimientos dependen del ritmo al que el material pueda fluir libremente en la apertura de alimentación. Los valores máximos son del orden de 600 ton/hr.

- Elevadores de cangilones



Este tipo de elevadores consiste en una banda con cangilones que se introduce en la boca del barco y vacían sobre una red de bandas transportadoras que lo conducen a silos o zonas de almacenamiento. Los rendimientos pueden alcanzar cifras entre 1000 y 5000 ton/hr/ elevador.

Comparativamente con el descargador de almeja da un costo por tonelada mayor, su ventaja principal es que puede alcanzar rendimientos superiores a los de almeja.

#### 6.3.4 Graneles líquidos

Los graneles líquidos presentan respecto al transporte marítimo y su manipulación en puerto condiciones específicas que se pueden resumir en su facilidad de transporte y su sencillo manejo. En algunos casos, la peligrosidad del producto líquido manipulado exige dispositivos de seguridad e instalaciones especiales.

Desde el punto de vista de la naturaleza del producto se puede establecer la siguiente clasificación:

- Ordinarios, que comprende todos aquellos productos líquidos no combustibles ni tóxicos, como pueden ser: agua, vinos, aceites, etc.
- Productos petrolíferos, comprendiendo, a su vez, dos grandes grupos: los crudos y los refinados. Engloba este grupo todos aquellos derivados petrolíferos cuyo estado natural es el líquido: crudo, gasolina, fuel-oil, naftas, etc.
- Gases licuados, incluye dos grupos clasificados según su origen: los de origen natural (LNG), constituido casi en exclusiva por el metano, y los que provienen de la destilación fraccionada del petróleo (LPG), como son: propano, butano, amoniaco, anhídrido, cloruro de vinilo, etc.
- Productos químicos, abarca una serie de productos líquidos tales como: metanol, azufre líquido, ácidos fosfóricos, sulfúrico, etc.

De manera análoga al caso de los graneles sólidos, existen, en realidad, algunas diferencias entre las terminales de carga y descarga, si bien las técnicas modernas de manipulación y almacenamiento conducen a instalaciones similares en los centros de producción, tratamiento y consumo.

a. Equipamiento

Los equipos de utilización más común para estas operaciones son los siguientes:

- Brazos de carga-descarga (garzas)

Su empleo se restringe a los atraques sobre plataformas. Consisten en una estructura articulada que permite la adaptación continua y flexible de las tuberías de tierra con las bocas de descarga del barco. (Figura 6.34)

Usualmente estos brazos están contrapesados de forma que absorben los movimientos del barco durante la operación y permiten un sencillo manejo en la fase de conexión.

Los diámetros usuales de los brazos de descarga son los de 8, 12, 16 y 24 pulgadas, siendo la capacidad de los más grandes próxima a los 7,500 ton/h.

- Bombas

En la operación de descarga el equipo de bombeo pertenece al propio buque mientras que la carga se suele efectuar desde tierra con las bombas de la instalación.

En el cuadro siguiente se presentan capacidades de descarga usuales en función del diámetro de la tubería de descarga. (Cuadro 6.4)

Cuando la operación no se lleva a cabo en muelles, se recurre a cualquiera de los distintos sistemas de carga en mar abierto a base de boyas. En estos casos los rendimientos están asociados a la capacidad de bombeo en tierra cuando se trata de operaciones de carga o a la

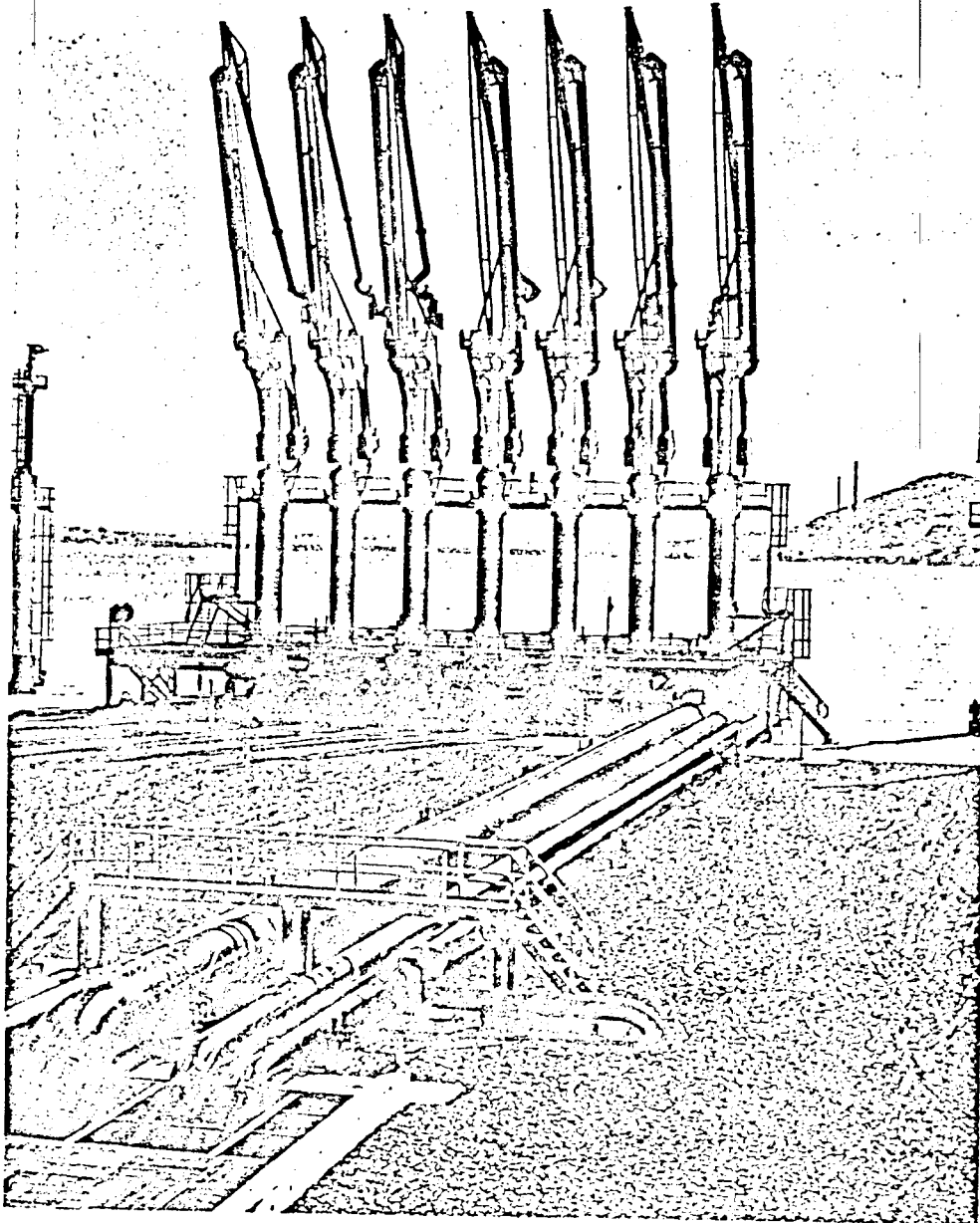


Figura 6.34 Brazos de carga-descarga de graneles líquidos

del barco, para el caso inverso. En las figuras 6.35 y 6.36 se presentan ejemplos de estos sistemas.

Cuadro 6.4

Tamaño del barco (TPM)	Diámetro del tubo (pulgadas)	Capacidad $m^3/hr$	Tiempo promedio descarga
50,000	24	3,180	18.5
100,000	30	6,350	18.5
200,000	36	11,200	21.0
300,000	42	16,000	22.2
400,000	48	20,800	22.7
500,000	2 x 36	24,000	24.6

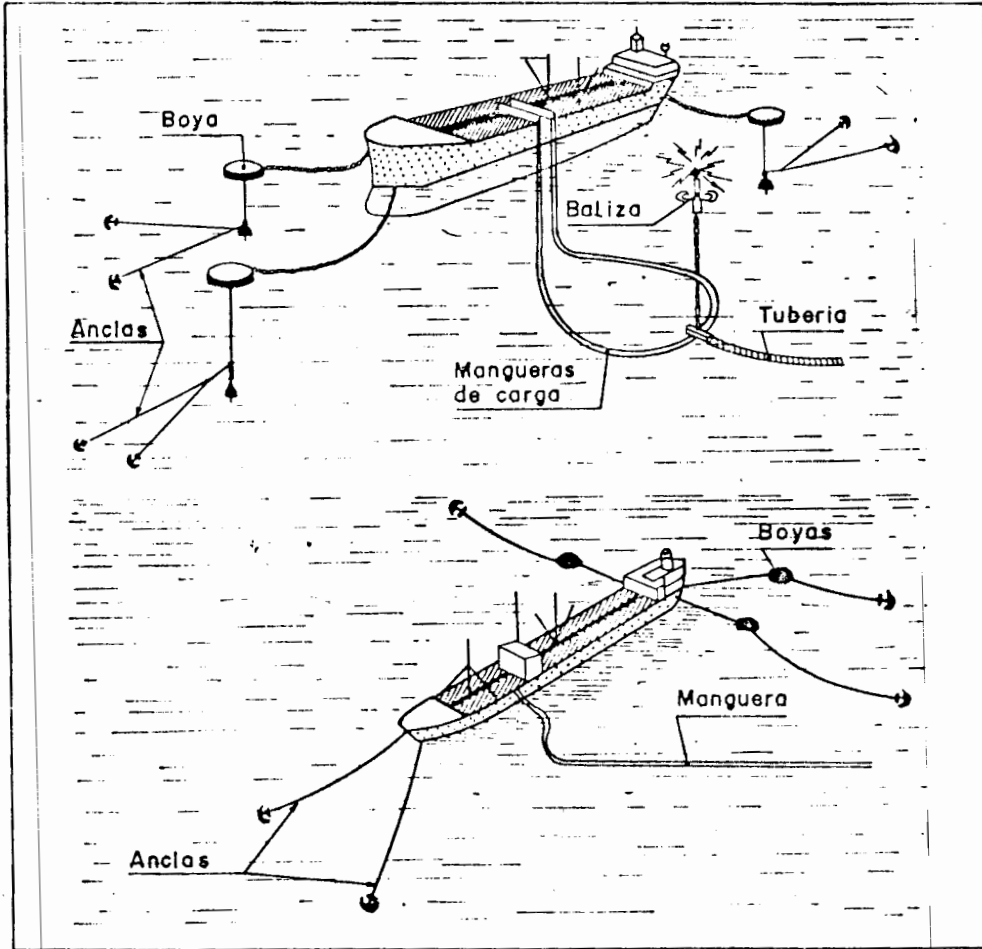


Figura 6.35. Campo de boyas (MBM)

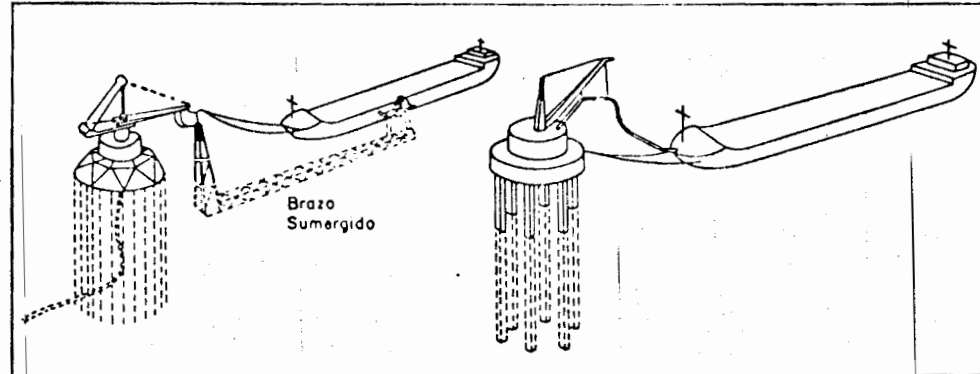
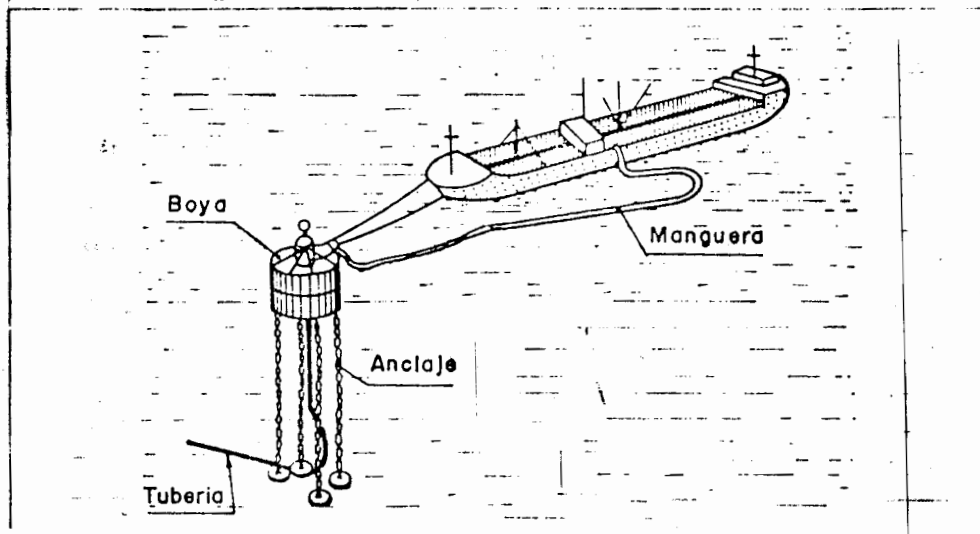
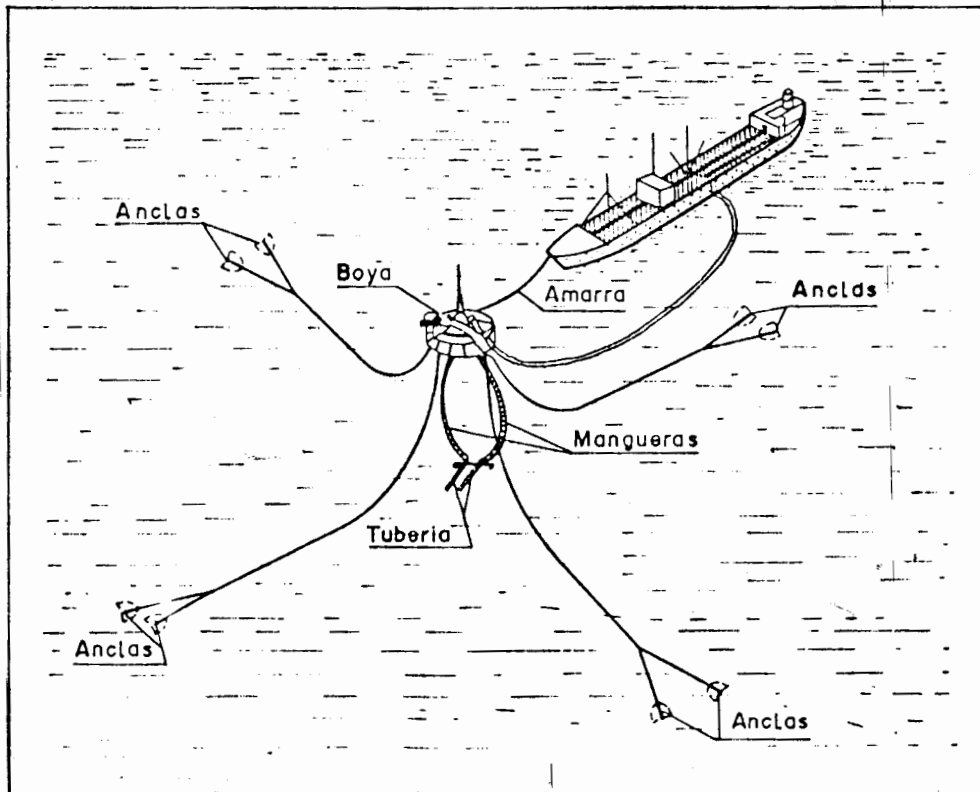


Figura 6.36

**Capítulo VII**  
**OPERACION Y ADMINISTRACION PORTUARIAS**



## VII. OPERACION Y ADMINISTRACION PORTUARIAS

El capítulo se enfoca a examinar los distintos aspectos que deben tomarse en cuenta para lograr una operación eficiente y efectiva del puerto. Examina, igualmente, tópicos relativos al financiamiento de la operación portuaria y a las estructuras administrativas correspondientes.

Inicialmente se hacen consideraciones generales sobre la organización de la operación del puerto, señalando los objetivos básicos de esa organización y las acciones que es necesario llevar a cabo para alcanzar tales objetivos.

El punto siguiente es el tratamiento relativo a las cuestiones de política financiera del puerto y los elementos básicos sobre tarifas y derechos portuarios, incluyendo consideraciones sobre la fijación de estas fuentes de ingreso del puerto y el manejo de ingresos y gastos e inversiones.

Al final del capítulo, se revisan las dos formas básicas de la administración portuaria, la de tipo central y la que se hace de manera semi autónoma o autónoma siguiendo en ambos casos criterios de tipo empresarial. Se incluye un esquema de organización de este tipo de administraciones, describiendo las funciones que pueden cumplir cada uno de sus componentes.

## 7.1 Organización de la operación del puerto

La rapidez y eficiencia del movimiento de la carga dentro de las instalaciones portuarias, depende de la racionalidad y oportunidad de la utilización de los recursos disponibles, de la planeación de las maniobras de los sistemas de trabajo empleados y del control que sobre estos aspectos se ejerza para corregir fallas y desviaciones en los programas de trabajo.

El grado de productividad, es decir, la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados para llevar adelante la prestación de servicios, puede incrementarse mejorando el diseño de las maniobras apoyado con un sistema de control adecuado y la implantación de incentivos.

El incremento de la productividad en las maniobras desarrolladas en el puerto, debe basarse en la consideración de que existen los elementos adecuados para lograr tal fin. Lo anterior significa que cada uno de los responsables en las distintas fases sepa perfectamente de sus responsabilidades y atribuciones; que el estado físico de las instalaciones (muelles, bodegas, patios) garantice un adecuado manejo de la carga; que el equipo y maquinaria reúnan los requisitos necesarios para su correcta operación; que los pasillos y áreas para traslado y almacenamiento se encuentren sin obstáculos; que los reglamentos de higiene y seguridad se respeten y que los maniobristas y operadores tengan un grado de capacitación tal que haga posible superar los estándares de producción de servicios para lograr mejores rendimientos operacionales.

Con este fin, es normal establecer un programa tendiente a mejorar la or-

ganización y rendimiento de la operación portuaria cuyos objetivos básicos son:

- Aumentar la eficiencia, aprovechamiento y coordinación en la operación de los servicios.
- Reducir los costos de operación e incrementar la productividad.
- Lograr una coordinación adecuada de la operación marítima con los sistemas de transporte terrestre.

Para alcanzar estos objetivos se ejemplifican las principales acciones que es necesario llevar a cabo.

#### 7.1.1 Diseño de maniobras

Para el caso de buques que manejen carga directa, el movimiento de mercancías deberá hacerse considerando que la capacidad de operación (carga y descarga) debe estar en correspondencia con la capacidad de desalojo que ofrezca el transporte terrestre, en especial cuando se manejen graneles agrícolas.

Cuando las mercancías se manejan indirectamente, habrá que tener en cuenta la capacidad de regulación de las zonas de almacenamiento de modo que no sufran congestión por el desbalance entre las capacidades de maniobra a costado de buque y de desalojo del puerto.

El diseño de las maniobras, involucra por tanto, la definición de los ele

mentos de organización y equipamiento a bordo y en tierra para llevarlas a cabo, todo ello basado en estándares de rendimiento establecidos por la administración del puerto con base en las normas que al respecto fije la autoridad reguladora correspondiente. El cuadro 7.1 es un ejemplo de forma utilizada para programar recursos en las maniobras.

7.1.2 Control

Las operaciones que se desarrollan para mover las mercancías dentro del recinto portuario, deberán controlarse de tal modo que el análisis de resultados permita al responsable del proceso tomar las medidas necesarias para evitar desviaciones.

En este caso es recomendable que además de los controles existentes, se introduzca el control de avance de programa que es una gráfica que permite comparar diariamente los resultados obtenidos contra los esperados.

(Figura 7.1)

7.1.3 Incentivos

La aplicación de incentivos deberá tener una base técnica de aplicación referida a la cantidad de toneladas de mercancía que se puedan mover en los muelles de acuerdo al tipo de mercancía, su empaque y el método de trabajo empleado.

La aplicación de incentivos procederá cuando se haya cumplido con la cuota de toneladas que se esperaba mover de acuerdo a los estándares del

# Programación de recursos en los puestos de atraque

PUERTO \_\_\_\_\_

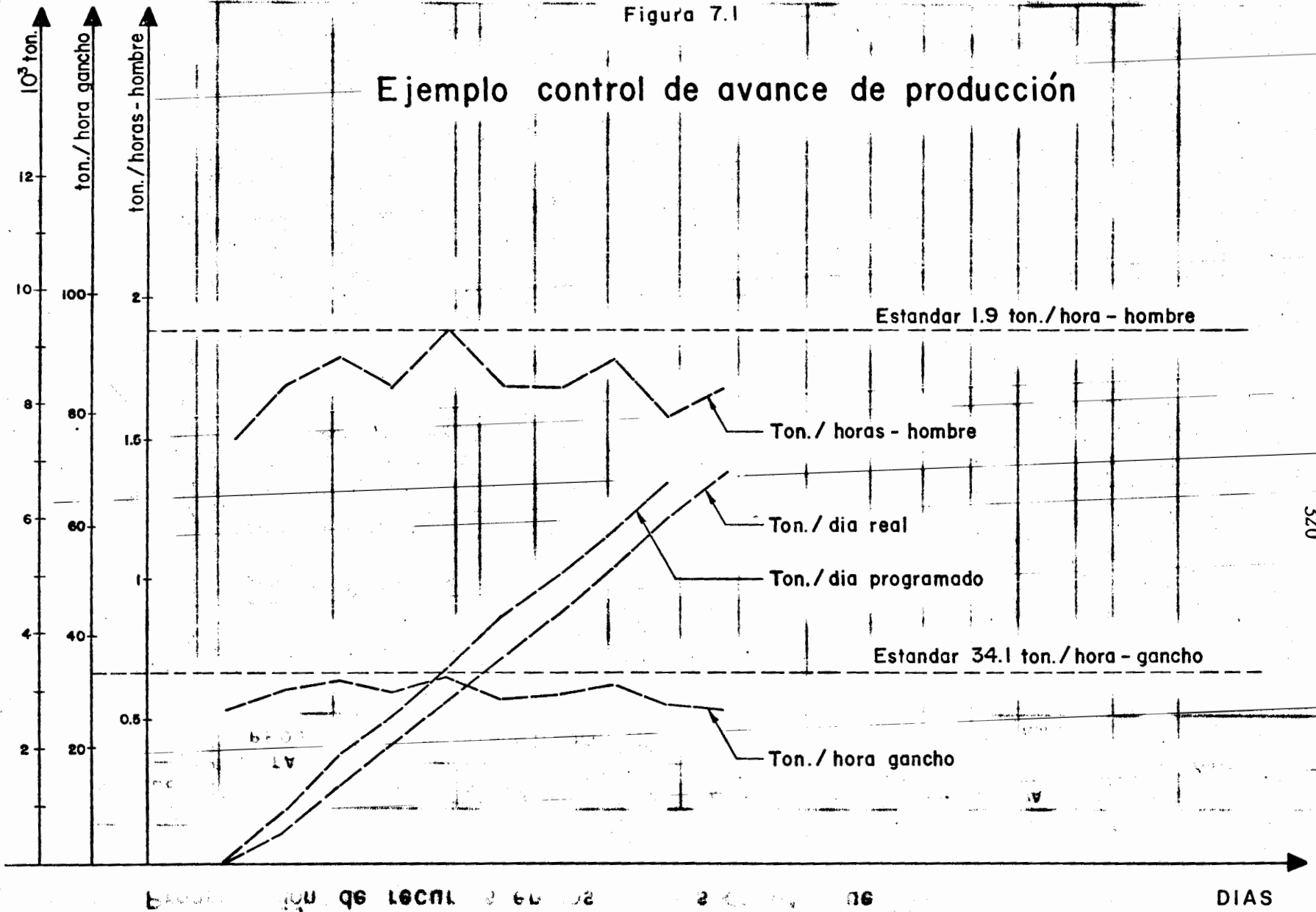
FECHA \_\_\_\_\_ ➔

NOMBRE DEL BUQUE	CLAVE AG. CONSIG.	MUELLE		ESCOT.	TON. TOTAL PROG	CARGA		DIRECTA	ALMACEN PATIO D/A			MAQUINARIA Y EQUIPO		MANO DE OBRA (CUADRILLAS)			TIEMPO DE TRABAJO		OBSERVACIONES		
		NOMB.	TRAMO			PROD.	EMP.		NUM	PUERTA	CLAVE LOC.	TIPO	CAPAC	CANTIDAD		PROG	REAL	No. NOMB.		DE	A
														PROG.	REAL						

Cuadro No. 7.1

Figura 7.1

# Ejemplo control de avance de producción



puerto, se juzgue necesario prolongar la jornada de trabajo para terminar las maniobras en un buque, reduciendo su estadía en puerto, los operadores de maquinaria y equipo cumplan con las normas de operación y funcionamiento de sus respectivas unidades o el puerto lo juzgue conveniente por actuaciones destacadas de los trabajadores.

#### 7.1.4 Verificaciones diarias

Independientemente de las acciones de control, ya señaladas, es recomendable comprobar todos los días

- que la conservación, mantenimiento y operación de equipo y maquinaria se efectúe de acuerdo con los programas específicos en cada caso,
- que se efectúe la planeación y programación de actividades del día siguiente incluyendo la asignación de recursos humanos y materiales,
- que se efectúe el control de operaciones tanto en el buque como en tierra,
- que se forme una estadística operacional de modo que los errores y deficiencias en un día de operación no se repitan al siguiente,
- que se respeten las normas de higiene y seguridad en el trabajo implantadas por el comité correspondiente,
- que la operación de maquinaria y equipo sea efectuada por personal maniobrista con conocimiento, experiencia y capacidad demostradas,
- que la utilización del equipo responda a las especificaciones técnicas y de operación,

- que los métodos de trabajo de manipulación de mercancías se apliquen en forma adecuada atendiendo a su clave y empaque.

#### 7.1.5 Verificaciones sistemáticas

De manera general, es recomendable verificar:

- que los sistemas de control de inventarios sean de tal modo funcionales que no entorpezcan el flujo de mercancías y que no interfieran en los sistemas de operación,
- que se disponga de un inventario adecuado y suficiente de refacciones para garantizar el funcionamiento de la maquinaria y equipo,
- que la capacitación del personal maniobrista sea sistemática,
- que se lleven a cabo con toda oportunidad los programas de conservación y mantenimiento de muelles, bodegas, patios y demás instalaciones fijas del puerto.

#### 7.2 Política financiera del puerto

Un punto clave en la operación del puerto es la política financiera que siga el ente responsable de su manejo.

En la actualidad, la mayoría de los puertos del mundo se manejan bajo un principio empresarial en el que lo menos que puede esperarse es que los ingresos obtenidos por su operación, sean vía derechos portuarios o por cobros de tarifas en la prestación de servicios, cubran los gastos deriva



dos de ella, incluyendo la parte alicuota, de la administración central - imputable a la operación del puerto.

A partir de ese punto de equilibrio, es deseable que existan ingresos adicionales para financiar el desarrollo del puerto. Sobre este particular, deben distinguirse las inversiones en infraestructura y equipamiento mayores como pueden ser extensión de rompeolas, dragado de nuevas dársenas, compra de remolcadores o de grúas portacontenedores, equipos de gran capacidad para manejo de graneles sólidos, de las destinadas a mejorar la infraestructura como ampliación de patios de almacenamiento y bodegas, mejoramiento de las instalaciones en muelles, reconstrucción y modernización de equipo menor, etc.

Lo anterior en virtud de que es cuestión fundamental en la estructuración de las finanzas portuarias la referente a los criterios para la recuperación de las distintas inversiones actuales o futuras en el puerto, tanto en infraestructura como en equipamiento. Con este motivo conviene separarlas, según se indicó en el párrafo anterior, en inversiones mayores e inversiones menores.

Para el primer tipo de inversiones, puede considerarse que corresponde al gobierno central hacerlas y afrontar su financiamiento y recuperación con objeto de no gravar excesivamente las finanzas del ente operador del puerto, dejando solo a este último cubrir los gastos de conservación y mantenimiento rutinarios en el caso de instalaciones y este tipo de gastos - más los de operación y consumos en el de los equipos mayores, recuperan-

do tales gastos vía el cobro de derechos portuarios para las instalaciones y de tarifas por el uso de los equipos.

Una política intermedia para el caso de los grandes equipos, es dejar que el ente operador del puerto afronte los gastos de amortización siguiendo una política de depreciación por número de servicios anuales en vez del sistema tradicional de la depreciación lineal. De esta manera el cargo responderá a una situación operativa real que tendrá un ingreso tal que mantendrá el equilibrio financiero del puerto.

Para el segundo tipo de inversiones debe considerarse que estas deberán quedar cubiertas totalmente con los ingresos provenientes del cobro de los derechos portuarios y de las tarifas correspondientes a la prestación de los distintos servicios.

#### 7.2.1 Tarifas y derechos portuarios

Como ya se ha dicho anteriormente, en el proceso portuario se genera una corriente de costos y otra de beneficios que, para los usuarios, son estrictamente financieros; si utilizan el puerto es precisamente para obtener un beneficio en la operación.

El responsable de la administración del puerto mediante la implantación de un sistema tarifario, puede manejar parcial o totalmente estos beneficios en forma de una corriente de ingresos.

En consecuencia, el problema fundamental a la hora de establecer un siste

ma tarifario, radica en la determinación del "punto crítico" que mejor se corresponda con la política económica del puerto.

A la hora de determinar este punto crítico, hay que tener presente una serie de condiciones que deben cumplir las tarifas. Las tarifas deben cubrir los costos operativos y dar liquidez al ente operador del puerto. Deben, al propio tiempo, asegurar una utilización más eficiente de las instalaciones y crear las reservas financieras que permitan al puerto absorber reducciones imprevistas de carga o incrementos, también imprevistos, de los costos y, finalmente, se buscará con ellas que los beneficios derivados del mejoramiento de la operación del puerto se queden en el país y no se transfieran a los buques extranjeros.

#### 7.2.2 Estructura tarifaria

Se denomina estructura tarifaria al número y tipo de tarifas, tal estructura atenderá las condiciones generales expuestas en el apartado anterior, así como las particulares de cada puerto, y deberá cumplir los siguientes requisitos: cada tarifa especificará claramente los servicios que comprende; el sujeto pasivo obligado al pago y sus bases de cálculo deben ser claras y precisas.

Las tarifas deben ser estables en el tiempo pero a la vez deben permitir ajustes rápidos para evitar que el puerto pierda cuando se produzcan alzas imprevistas de cualquiera de los elementos de costo considerados. Deben ser asimismo comparables con las de otros puertos y facilitar la comparación entre ingresos y costos, otorgando igual trato a los distintos usuarios del puerto.

Es práctica común agrupar las tarifas en tres bloques:

- Tarifas generales o derechos portuarios, que son las que se aplican por el uso general de las obras y servicios generales portuarios de prestación casi de modo obligado, sin que el usuario sea libre de solicitarlos pues se encuentran implícitos en la propia operación portuaria, por ejemplo el utilizar los rompeolas de abrigo para el resguardo al entrar en puerto.
- Tarifas específicas, que son las correspondientes a servicios específicos, claramente identificables, prestados por el ente portuario, y que responden a una petición expresa del usuario, que puede prescindir de su utilización a voluntad, por ejemplo solicitar grúas o no.
- Tarifas particulares, que son las proporcionadas por sociedades o individuos particulares siempre sometidos a la autorización y control del responsable de administrar y operar el puerto.

### 7.2.3 Derechos portuarios

- Derecho de puerto. Comprende la utilización de las instalaciones de protección, señales marítimas y balizamiento, canales de acceso, zona de fondeo y de maniobras.

La base de este derecho debe establecerse de manera que cubra los gastos de conservación y mantenimiento de las obras de protección, señalamiento y ayudas a la navegación, el canal de acceso y las dársenas

de ciaboga y operación. Como en general corresponde a cada país fijar el monto de los derechos, para este tipo particular de derecho, podrá decidirse si se involucra un cierto porcentaje de recuperación de la inversión hecha para construir los rompeolas y el dragado general o si, dada su magnitud, se consideran otras fuentes de recuperación indirecta, lo que equivale a no tomar en cuenta estos conceptos de costo dentro de la valuación del derecho.

Se calcula multiplicando el derecho base por el tonelaje de registro bruto (TRB) del barco.

- Derecho de atraque. Se refiere al cobro que se hace por el uso de las obras de atraque y elementos fijos de amarre y defensa.

Para fijar la base del derecho se involucra el costo de recuperación de la subestructura del muelle, defensas y elementos de amarre así como el de la porción de dragado inmediato a él; se toman también los gastos de conservación y mantenimiento y se puede involucrar un cierto porcentaje para el desarrollo de nuevas instalaciones.

Su liquidación se hará de acuerdo con: la eslora máxima del barco, y el tiempo de permanencia en el muelle.

- Derecho de muellaje. En este caso el cobro corresponde al uso de las cubiertas de los muelles y áreas de maniobra en tierra para el manejo de la carga entre las zonas de almacenamiento y el barco. Incluye tam

bién costos de vigilancia de la carga y gastos de iluminación.

Consecuente con ello, además de incluir en la base de cobro costos de recuperación de la infraestructura portuaria involucrada, de la conservación y mantenimiento y del porcentaje de recuperación, se consideraran los consumos de energía eléctrica y los gastos fijos de personal asignados a la vigilancia de la carga durante el tiempo que permanece en estas zonas del puerto.

Se liquidará tomando en cuenta el peso de la carga, y en el caso de los pasajeros, se cobra por pasajero.

- Derechos de almacenaje. Corresponde al pago por el uso de bodegas y áreas de almacenamiento, su base de cálculo se establece con los mismos conceptos considerados en el caso precedente aplicados a las áreas correspondientes.

Se define con base en la clasificación de la carga, uso del espacio y tiempo de permanencia de la carga y lugar de almacenamiento (a cubierto o en patio).

### 7.3 Administración portuaria

Esencialmente la administración portuaria puede ser central y descentralizada. Dentro de este último tipo pueden distinguirse dos variantes en el grado de descentralización:

- Cuando el ente o empresa administrador mantiene una cierta autonomía - pero que depende, en última instancia, de un organismo controlador central que regula y coordina su funcionamiento junto con el de otros entes administradores análogos que operan en otros puertos.
- Cuando el organismo administrador es autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propios y sólo se relaciona con el gobierno central a través de las leyes y disposiciones reglamentarias en materia de transportes, en materia fiscal o en cualquier otro punto regulatorio en el ámbito de competencia de su operación. Queda igualmente supeditado a las políticas nacionales que en materia de desarrollo de los puertos - del país establezca el gobierno central.

En este caso, el organismo directamente responsable de controlar la administración de los puertos del primer grupo, puede mantener una relación de coordinación con el ente autónomo como una de las formas de regulación apuntadas.

Normalmente, aun en los países más desarrollados, se combinan ambos tipos de figuras administrativas, toda vez que la administración autónoma es una evolución de la descentralizada con organismo controlador o es aplicada a puertos cuya función en la estrategia general de desarrollo económico de una región o del país, requiere de una flexibilidad, agilidad y capacidad de decisión que no se tiene en los entes controlados por un órgano central.

En el caso de la administración central, el propio gobierno central se -

responsabiliza de la organización de la prestación de los servicios y de la operación general del puerto. Esta forma de administración portuaria genera un conflicto entre el papel de autoridad que tiene por naturaleza el gobierno central y el de operador sujeto y regulado por las normas que ha establecido sobre la materia.

Esta forma de administración es recomendable cuando se trata de puertos pequeños donde la posibilidad o necesidad de una organización de tipo empresarial para operarlo no se justifica y resultaría antieconómico su funcionamiento.

### 7.3.1 Estructura de un ente administrador portuario

En la figura 7.2 se esquematiza una forma típica de organización de un ente o empresa administradora de un puerto.



## ESTRUCTURA DE UN ENTE O EMPRESA DE ADMINISTRACION PORTUARIA

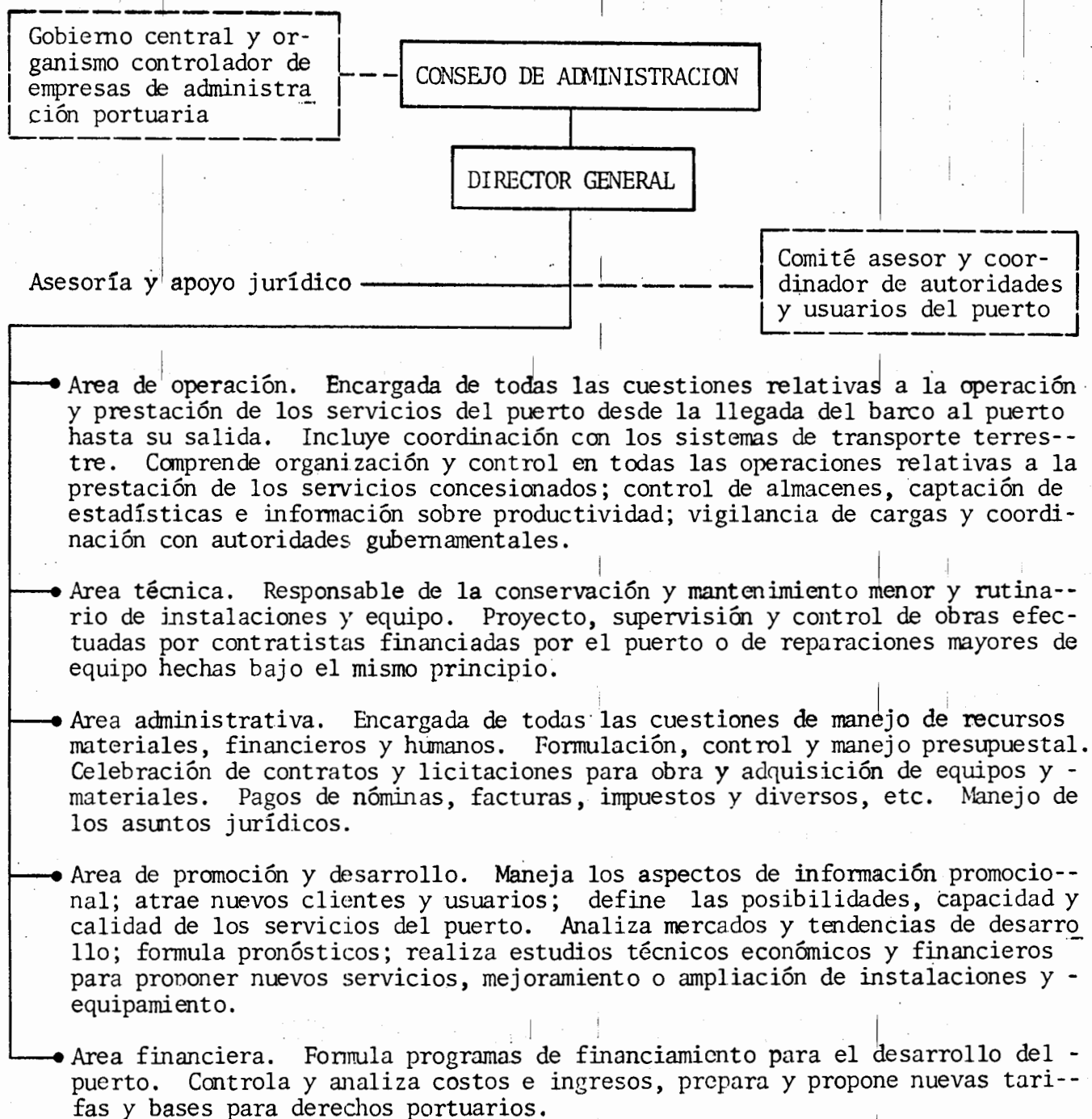


Figura 7.2

**Capítulo VIII**  
**CONSTRUCCION, CONSERVACION Y**  
**MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES PORTUARIAS**

## VIII. CONSTRUCCION, CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES PORTUARIAS

Como un complemento a todos los aspectos relativos a la planeación, proyecto, operación y administración portuarios se presentan en este capítulo tópicos relativos a la construcción de los tipos básicos de instalaciones portuarias y a la programación de la conservación y mantenimiento de tales instalaciones y del equipo portuario más común.

En la primera parte del capítulo dedicada a describir los sistemas y procedimientos más usuales de la construcción de obras portuarias, se examinan sucesivamente los casos de los rompeolas y escolleras, de los muelles, en sus distintas variantes, de las bodegas y áreas de almacenamiento, para concluir con cuestiones relativas al dragado y el tipo de equipo comúnmente empleado para llevarlo a cabo.

La segunda parte se relaciona con la conservación y mantenimiento de instalaciones portuarias. Se plantean los principios básicos para la formulación de programas sobre este tópico y se dan indicaciones de carácter práctico para valorar los renglones componentes de tales programas.

### 8.1 Rompeolas y escolleras

#### a. Materiales empleados

Los materiales empleados en la construcción de rompeolas y escolleras son: roca en sus diferentes tamaños, concreto hidráulico, con--

creto asfáltico, arena, tablaestaca, elementos precolados, bolsas de plástico rellenas de concreto o combinación de varios de ellos. El sistema más frecuente es el uso de materiales pétreos naturales y, en los casos en los cuales para la capa exterior no se dispone de roca natural, se emplean elementos precolados de concreto hidráulico.

El tipo más frecuente de estas obras es el formado por un conjunto heterogéneo de forma trapezoidal que comprende: una parte interior o núcleo, formada por material pétreo de poco peso cuya función es impedir el paso de la agitación hacia el área protegida; una zona de transición o capa secundaria integrada por rocas cuyo tamaño obliga ya al empleo de grúas y a manejarlas individualmente y finalmente la coraza cuya finalidad es resistir los impactos del oleaje, formada por rocas o elementos artificiales de gran peso. (Figura 8.1)

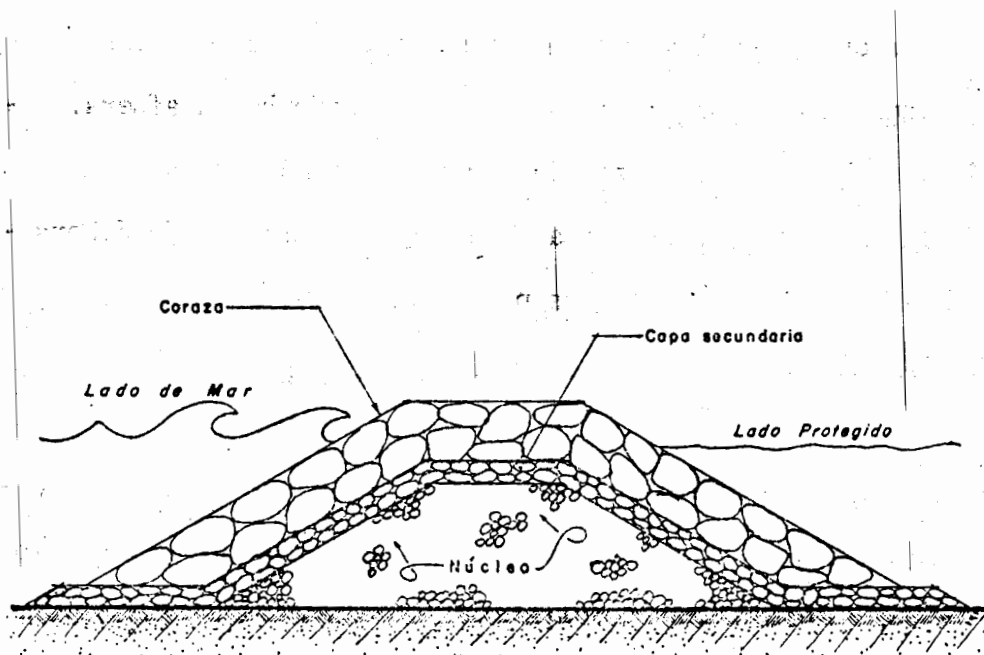


Figura 8.1. Sección típica de rompeolas

## b. Método constructivo

Conforme con estas características, el proceso constructivo se inicia propiamente con la explotación del banco de roca, su clasificación - según los tamaños requeridos y su transporte al sitio de la obra.

A partir de su explotación y clasificación en los bancos de roca, el material pétreo deberá cargarse preferentemente en cajas metálicas - que se transportan en plataformas de camión o de ferrocarril, también se puede utilizar vehículos de volteo o chalanes, ello depende fundamentalmente de la localización del banco de material con relación al sitio de la obra.

Para la colocación propiamente dicha, el proceso constructivo más frecuente es avanzar de tierra hacia el mar, empezando por el núcleo o parte interior, la cual generalmente se deposita por camiones de volteo variando del mayor al menor peso de adentro hacia afuera. Los vehículos empleados utilizan la corona del núcleo para transitar, depositar el material y regresar a recargar, por esta razón deberá dejarse de tramo en tramo retornos para facilitar sus maniobras.

En virtud de la poca resistencia que tiene el material de núcleo para resistir la acción del oleaje, deberá establecerse en cada caso - la longitud máxima de núcleo que puede construirse antes de ser protegido por la capa secundaria, colocando sus elementos con grúa equipada con aditamentos apropiados como estrobos, garras, almejas, redes, charolas y otros. A su vez, la capa secundaria se irá prote---

giendo con piedra de coraza o elementos artificiales, si ese fuera el caso, a medida que se avanza hacia el mar y de acuerdo con lo especificado en el proyecto según las condiciones particulares de cada lugar.

Para colocar la coraza se emplea grúa que acomode de manera individual cada elemento natural o artificial. En ocasiones, cuando la distancia de colocación se dificulta en razón de posibles problemas de volteamiento de la grúa, podrá requerirse el empleo de grúas montadas sobre chalanes.

Aunque se señaló que el procedimiento constructivo normal es avanzar de tierra hacia el mar, utilizando las partes construidas como apoyo para las subsecuentes, cuando por el volumen de material a colocar es muy considerable y en consecuencia se plantea el problema logístico por el número de camiones requeridos y el ciclo de cada uno o bien, por el hecho de que el transporte del material pétreo del banco al sitio de la obra se hiciese por agua, puede requerirse el empleo de barcazas que se abren por el fondo para depositar el material de núcleo. Esta operación se realiza hasta que la obra alcance una altura sobre el fondo que permita operar las compuertas de los chalanes, generalmente alrededor de 2 a 4 metros de profundidad como máximo. A partir de este momento se seguiría con la construcción por procedimientos convencionales atacando desde tierra.

En estos casos, para la colocación del material de capa secundaria y

coraza se tiene que recurrir al uso de chalanés de fondo plano con una grúa y equipo ligero para abastecer la grúa. La colocación por sistema flotante de los elementos de capa secundaria y coraza tienen la misma limitante en cuanto a profundidad que la que se señaló para el caso del núcleo, debiendo terminarse con el método terrestre.

En el cálculo del precio unitario para el suministro y colocación de piedra natural para núcleo, capa secundaria y coraza, deberá incluirse las erogaciones por concepto de: explotación, selección, acopio, carga, acarreo en el primer kilómetro, desperdicios, regalías por el uso del banco y descarga, sea en el sitio de construcción o en un patio de almacenamiento, esto último en el caso de los elementos de capa secundaria y coraza. En las figuras 8.2, 8.3, 8.4 y 8.5 se esquematizan algunos de los conceptos anteriores.

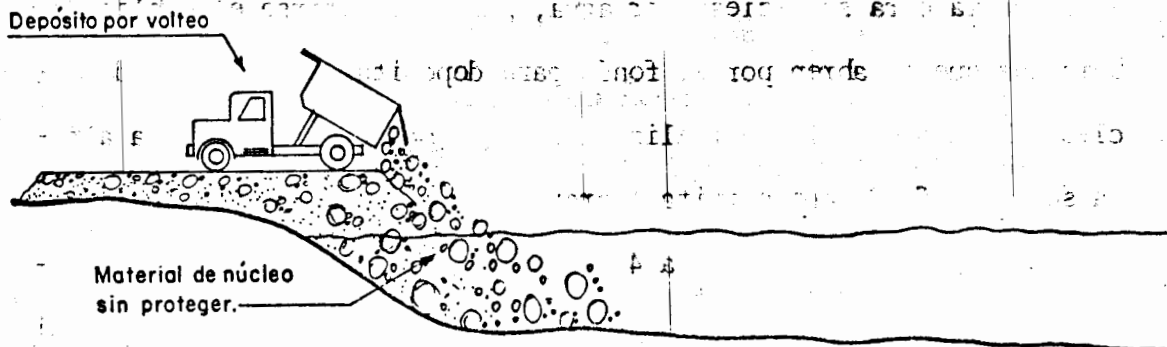


Figura 8.2. Colocación de núcleo por volteo con avance desde tierra

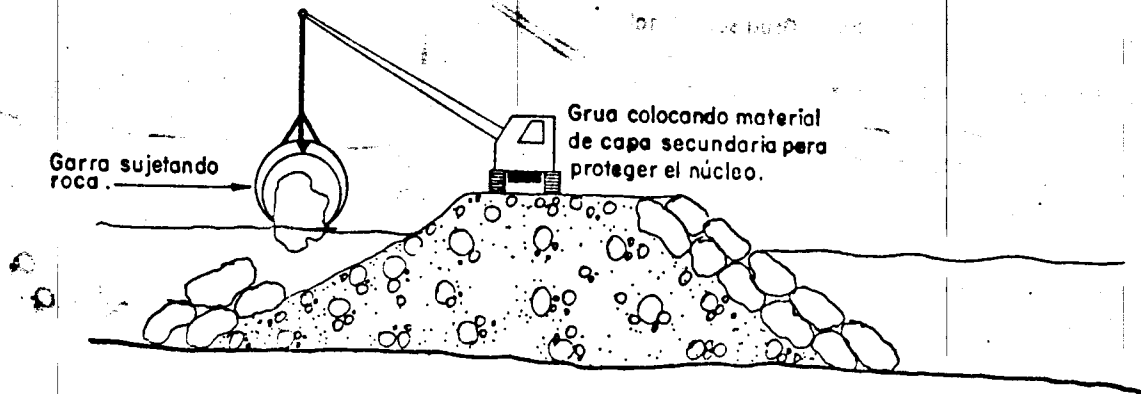


Figura 8.3. Colocación con grúa en sistema de avance desde tierra.

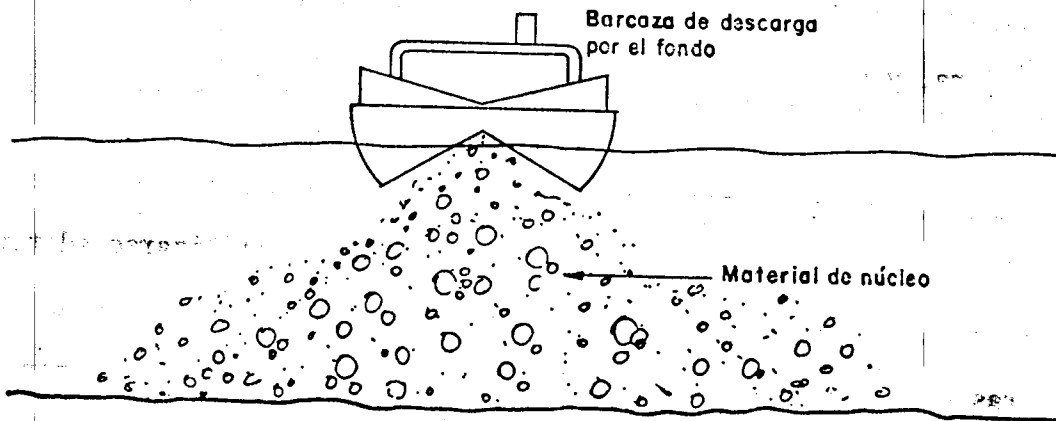


Figura 8.4. Colocación con barcaza sin liga con tierra.



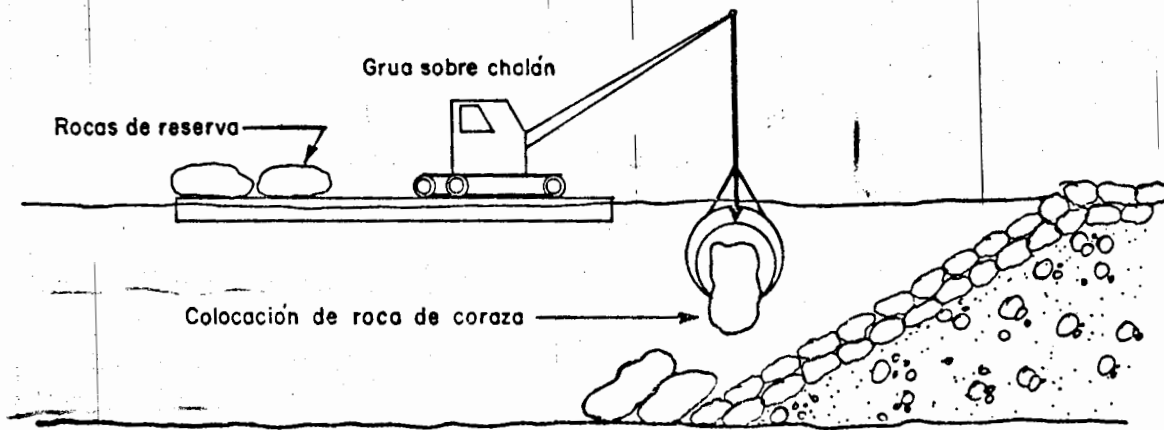


Figura 8.5. Colocación de rocas con grúa flotante en el método de construcción sin liga con tierra.

## 8.2 Muelles

### a. Materiales

En la construcción de muelles se utilizan diferentes materiales principalmente pétreos, concreto, acero de refuerzo, acero estructural, madera, y otros.

Para fabricar el concreto hidráulico deberá emplearse de preferencia cemento resistente al ataque del agua de mar o utilizarse aditivos - para ese mismo objeto. Cuando se emplea madera éstas deberán ser duras preservadas, de gran resistencia a la fricción, a la compresión, a la tensión, al esfuerzo cortante y al desgarramiento.

### b. Métodos constructivos

Existen diversos procedimientos constructivos de los muelles, el más práctico es iniciar la construcción en seco y una vez que se termine

la obra dragar el lado de mar. El otro procedimiento es de tipo convencional construyendo la infraestructura bajo el agua y utilizándola como apoyo para la superestructura.

Cuando el muelle se construye en seco, se podrán hacer excavaciones aisladas para alojar los pilotes de la subestructura; el dragado de la zona de atraque se efectuará después que se haya finalizado la construcción de toda la estructura.

Según su comportamiento estructural, existen diversos tipos de muelle y acordes con ello será el material y sistema empleado para su construcción, lo más comunes son:

i. Muelles de bloques precolados (Figura 8.6)

En estos muros generalmente es necesario excavar una cepa en el fondo sobre la cual se colocará una cama de roca triturada para desplantar los bloques inferiores y darles un mejor apoyo.

El manejo y carga de los bloques del patio de colado al sitio de la obra puede hacerse con vehículos terrestres o emplearse chalanes: en ambos casos la colocación se hace por medio de grúas.

ii. Muelles de bloques colados in situ

Este tipo de muelles son recomendables sólo cuando se hace sobre terreno firme. La cimbra empleada para el colado de los bloques deberá ser de un material que no se deforme por la ac-

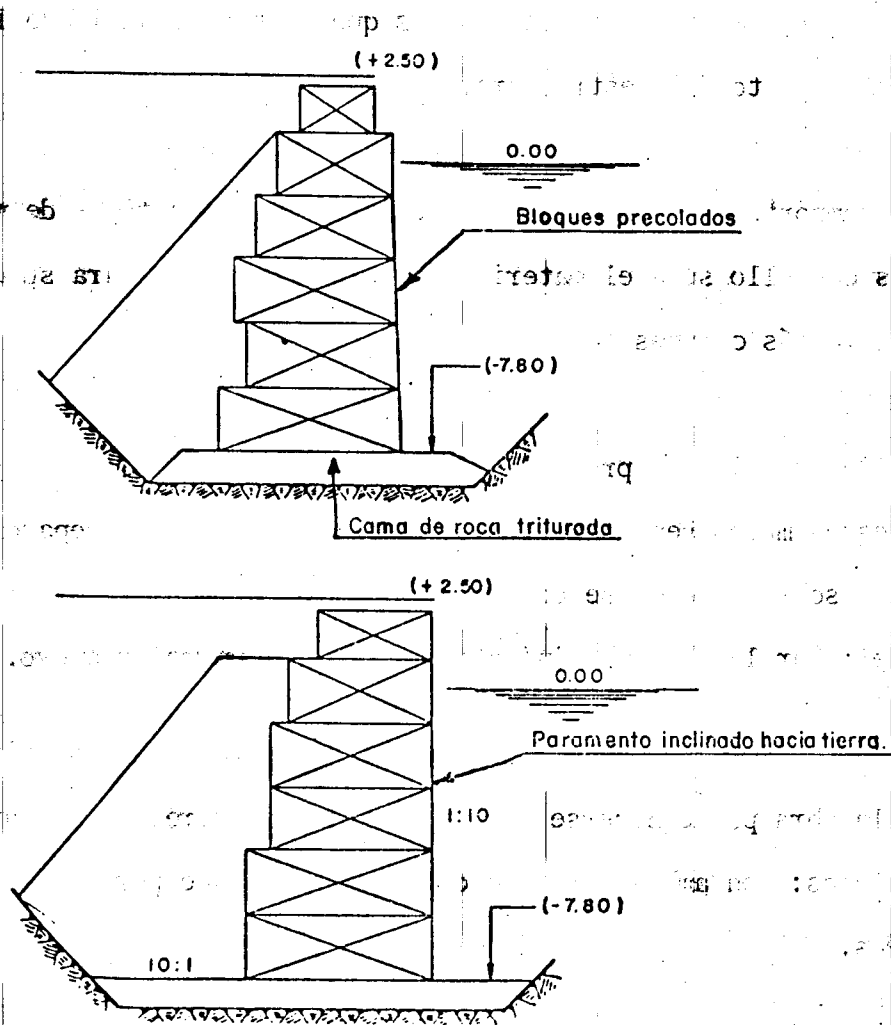


Figura 8.6. Muelles de bloques precolados

ción alterna del agua de mar y el aire y se construirán de manera que eviten la fuga del concreto y que puedan resistir las presiones del mismo. En este caso también se recomienda excavar una cepa para colocar una capa de roca triturada para mejorar el contacto con el terreno natural.

El molde para colar el primer bloque inferior se apoyará directamente sobre la cama continuando la construcción hacia arriba y apoyando el molde sobre el bloque anteriormente colado y así sucesivamente.

### iii. Muelle de cajones

Los muelles de cajones están formados por elementos precolados - huecos construidos en seco que se llevan flotando al sitio donde se colocan y se rellenan de arena o concreto para que se hundan en la posición de proyecto. (Figura 8.7)

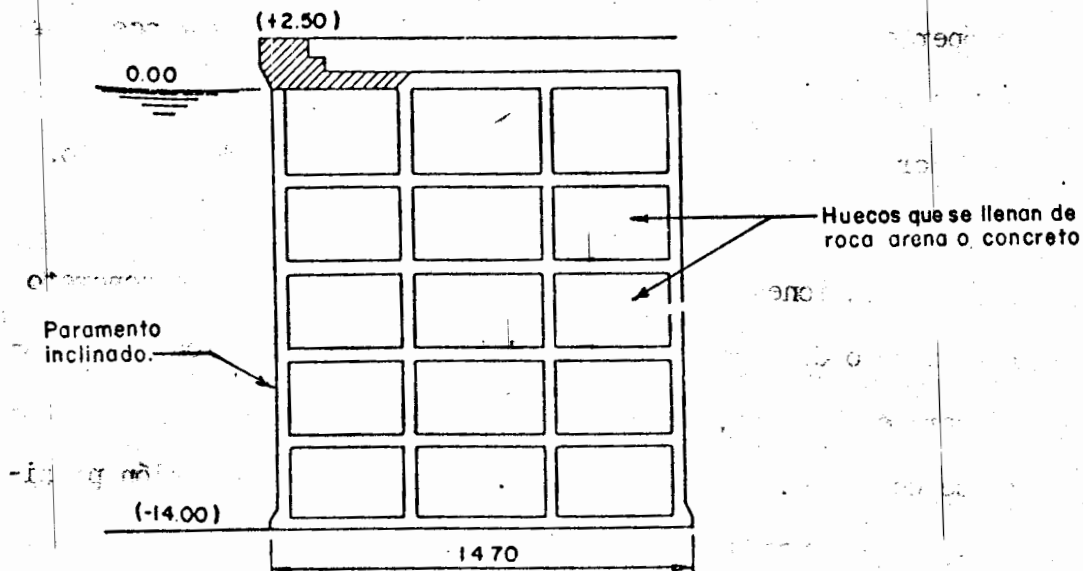


Figura 8.7. Muelle de cajones

Los cajones de dimensiones variables se encuentran divididos generalmente en compartimentos por medio de pantallas transversales y longitudinales.

En general todos los muros de bloques o de cajones se construirán con una pequeña inclinación hacia tierra para mejorar su estabilidad, esta inclinación se logrará colocando los bloques de la primera hilera con la inclinación proyectada, de esta manera los siguientes podrán adoptar esa misma inclinación.

#### iv. Muelle de pilotes

Los muelles con infraestructura a base de pilotes pueden ser de tres tipos básicamente: madera, concreto reforzado y acero.

El hincado de los pilotes podrá hacerse ubicando la piloteadora en tierra firme si las condiciones del sitio lo permiten, apoyándose sobre los tramos construidos o utilizando un chalán. La operación deberá efectuarse de tal forma que los bancos formados por ellos tanto longitudinal como transversalmente queden lo mejor alineados posible y con las tolerancias de proyecto.

Existen ocasiones en que para los casos de pilotes de concreto reforzado o de tubo de acero podrá utilizarse chiflón como ayuda para el hincado, sin embargo el uso de este aditamento deberá de controlarse para que se pueda tener una indicación precisa en el momento de alcanzarse la resistencia de proyecto, medida a partir de la relación: número de golpes contra profundidad de hincado.

En las estructuras de pilotes la cimbra para el colado de la superestructura generalmente se sustenta sobre una obra falsa que a su vez utiliza a los propios pilotes como apoyo. (Ver figuras 8.8, 8.9 y 8.10)

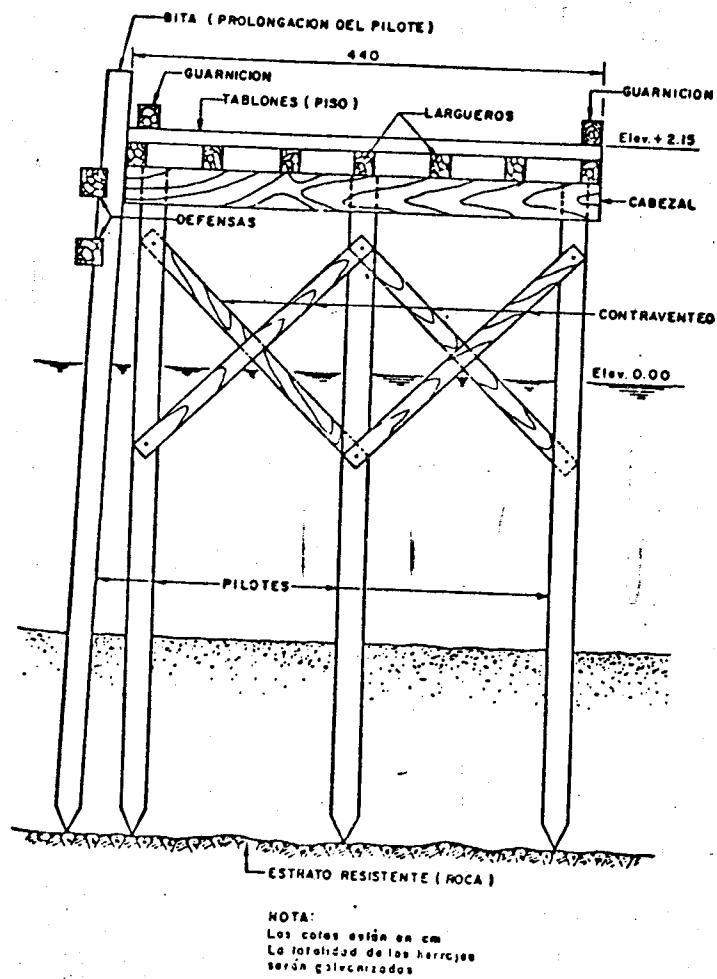


Figura 8.8. Muelle sobre pilotes de madera

En las obras de muelles de pilotes se utilizan los tipos de estructura de muelle de pilotes de concreto que se muestran en las figuras 8.8 y 8.9.

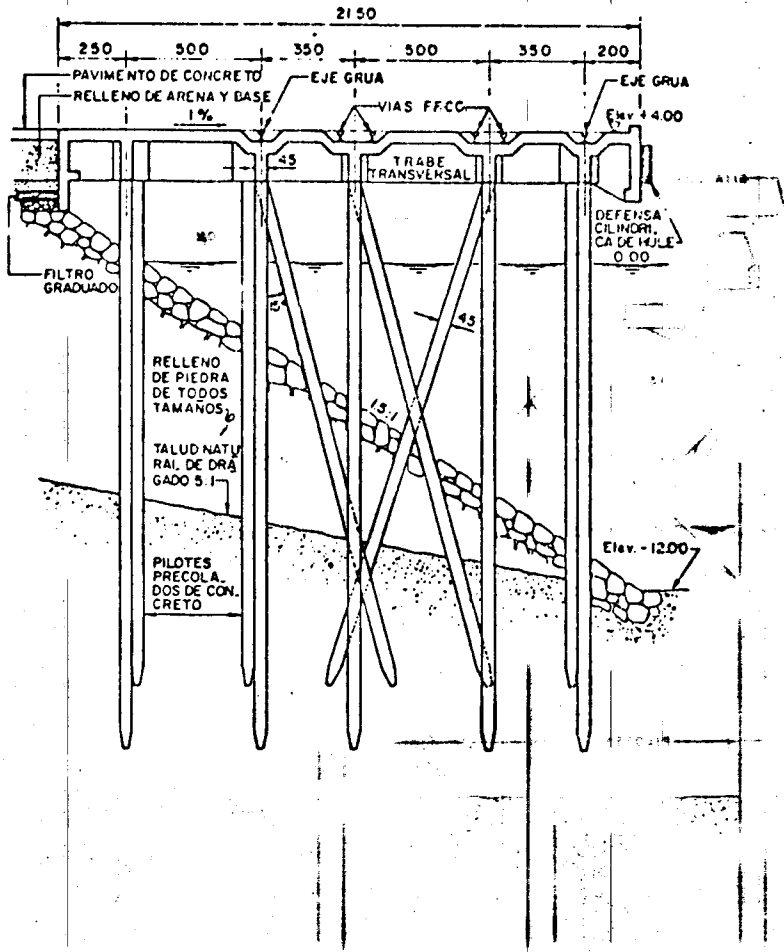


Figura 8.9. Muelles de pilotes de concreto

Figura 8.8. Muelle sobre pilotes de concreto

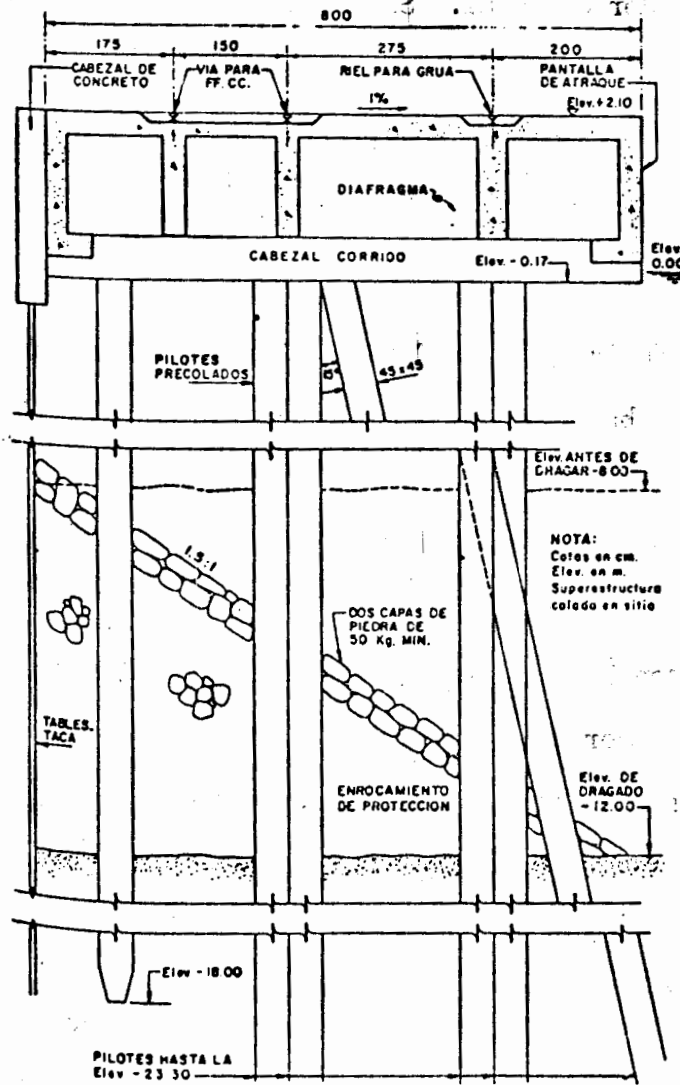


Figura 8.10. Muelle de pilotes de concreto y tablestaca metálica.



#### v. Muelle de pilas

Esta variante de la solución anterior requiere que las pilas se apoyen sobre la capa resistente o sobre una base de piedra que mejore la sustentación. La construcción de las pilas se hace con equipo perforador especial. Simultáneamente a la perforación se va colocando un ademe de madera, acero o lodo bentónico, dependiendo de las condiciones del terreno hasta llegar al nivel de desplante que indique el proyecto.

Hecha la perforación se colocará el acero de refuerzo prolongado arriba del nivel de la cabeza del pilote con la suficiente longitud para lograr un buen anclaje con los elementos que constituyen la superestructura. (Figura 8.11)

#### vi. Defensas de los muelles

Estos elementos son básicos para la buena operación del muelle. Su función es proteger a la estructura y al barco de los efectos del impacto que se produce durante el atraque del barco.

Según el tipo de defensa será la preparación que habrá que hacer en el paramento de atraque, cuando la defensa se hace mediante un pilote que se hinca delante del muelle, la preparación consiste únicamente en anclajes para los pernos que sujetan las planchas de madera que se colocan sobre el pilote.

Existe un número grupo de defensas de hule llamadas de patente. Estas defensas van suspendidas de cadenas o fijadas al paramento del muelle, en ambos casos la preparación requerida es de--

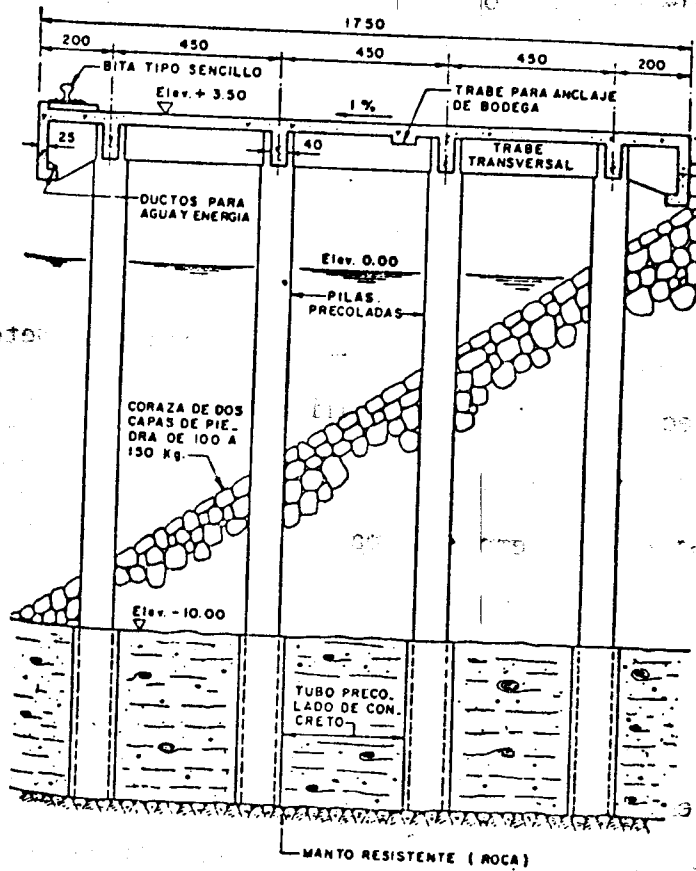


Figura 8.11. Muelle de concreto sobre pilas

jar los pernos de anclaje para suplir las cadenas de suspensión o para fijar las defensas al muelle. (Figura 8.12)

### 8.3 Bodegas y áreas de almacenamiento

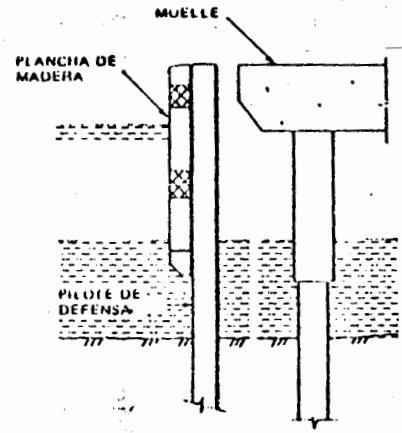
En este grupo de obras se distinguen las bodegas de tránsito empleadas para recibir, manejar y cargar mercancías que en poco tiempo se cargarán a los medios de transporte terrestre o marítimo.

Almacenes especializados empleados para guardar y distribuir un determinado tipo de carga que requiere manejo especializado.

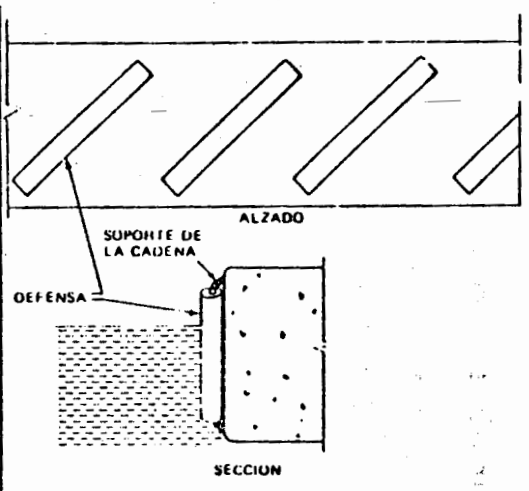
Bodega estacionaria es el almacén empleado para cargas que se custodian por largo tiempo.

Adicionalmente se consideran los cobertizos que son locales techados abiertos lateralmente, empleados para cargas que requieren ventilación y patios al aire libre que son zonas de almacenamiento de mercancías que no es afectada por el aire, el sol, el polvo o la lluvia.

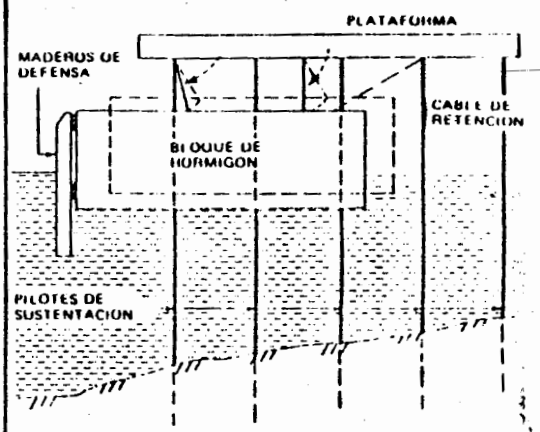
En la construcción de bodegas se utilizan entre otros los siguientes materiales: madera, concreto, acero de refuerzo, ladrillo, piedra para mampostería, fierro estructural, asfalto, asbesto, lámina galvanizada, además de la serie de accesorios propios de instalaciones de este tipo como vidrios, material eléctrico, etc.



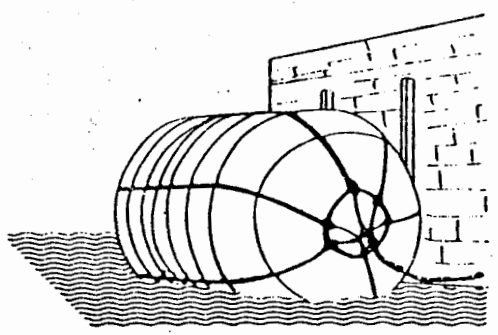
A.- PILOTE DE DEFENSA



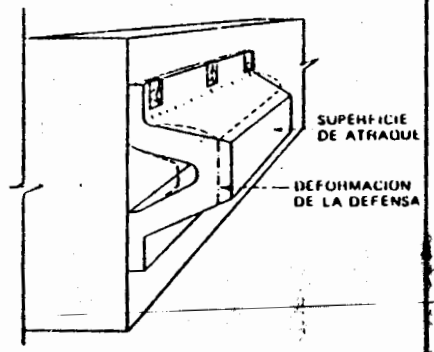
D.- DEFENSAS CON TUBOS DE CAUCHO SUSPENDIDOS



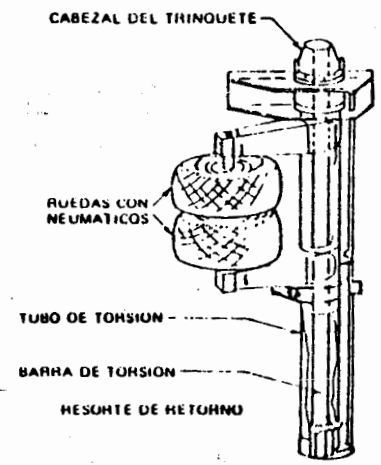
C.- DEFENSA DE GRAVEDAD SUSPENDIDA



D.- DEFENSA NEUMATICA



E.- DEFENSA DE CAUCHO TIPO ARCO



F.- DEFENSA DE TORSION (TIPO "CAMBRIDGE")

Figura 8.12. Defensas de muelle

Los edificios para bodegas deberán construirse preferentemente aislados para evitar la comunicación entre si por los techos o los pisos, dando mayor seguridad en el almacén.

En puertos con gran precipitación pluvial o alto grado de insolación se construirán voladizos o marquesinas, preferentemente en el lado de la bodega de tránsito frente a la zona de atraque. Los pisos deberán tener ligera pendiente hacia el frente de atraque a fin de que el movimiento de carretillas y otros útiles de carga se haga sin obstrucciones. Respecto al lado de tierra firme el piso podrá estar más elevado de nivel de manera que quede la misma altura de los andenes facilitando la carga y descarga por medio de vehículos terrestres.

Las bodegas, sobre todo las de tránsito, llevarán más puertas del lado del frente de atraque que del lado de tierra a efecto de permitir el movimiento de la carga en la línea recta más corta desde el buque o hacia él. Dependiendo del claro los techos y cubiertas de los almacenes se soportarán mediante amaduras de madera o metálicas o se harán estructuras de concreto colado en el lugar precolado o reforzado.

Por lo que toca a los patios dependerá de los espacios disponibles dentro de la zona portuaria y del volumen de mercancías que se mueva. Deben estar servidos por vía de ferrocarril y calles de suficiente ancho, bien pavimentadas para el mejor tránsito de vehículos. Las vías se colocarán a nivel para no dar lugar a accidentes y facilitar una circulación fluida de otro tipo de vehículos.

#### 8.4 Dragado

##### a. Tipos de materiales

Para fines de dragado los materiales se clasifican en:

##### Material A

Suelto o con poca cohesión, cuya extracción se pueda lograr con una draga hidráulica equipada con succión únicamente, sin deterioro de su rendimiento. Los clasificados como material A, son: limos y fangos.

##### Material B

Suelto o con poca cohesión, cuya extracción se logra con draga hidráulica equipada con succión únicamente; pero con deterioro de su rendimiento por lo pesado del material. Se clasifican como material B, principalmente las arenas, gravas, cantos rodados y piedras sueltas.

##### Material C

Semi-compacto; se requiere que la succión esté provista con chorro de disgregación. Se clasifican como material C, las arenas, gravas, conchuelas y arcillas medianamente compactadas.

##### Material D

Compacto; se requiere que la succión esté provista de un cortador normal. Se clasifican como material D, las arenas, gravas, conchuelas y arcillas cementadas.

##### Material E

Se requiere que la succión esté provista de un cortador de roca y -

que el material sea previamente fragmentado. Se clasifican como material E, los conglomerados fuertemente cementados y las rocas en general. En este material no se incluyen troncos, raíces, pilotes, fragmentos de roca o boleos que puedan ser movidos y extraídos con la draga como piezas sueltas.

b. Procedimientos de dragado

En general las obras de dragado comprenden la acción de excavación propiamente dicho y la disposición del material removido el cual, a su vez, puede ser empleado o para hacer rellenos y crear zonas aprovechables con fines diversos o simplemente depositarse en áreas en las cuales no provoque problemas posteriores al propio puerto o a zonas de habitación.

Por la razón anterior en los proyectos deberá quedar claramente especificado aparte de las características geométricas del dragado las zonas donde deberá depositarse el material y la manera de hacerlo.

En este sentido, se distinguen tres opciones, la primera cuando el material es llevado por medio de chalanes o por la propia draga y depositado nuevamente bajo el agua en áreas previamente seleccionadas y a profundidades tales que se tenga la seguridad de que dicho material no será devuelto a las áreas operativas del puerto.

El segundo caso cuando el material es extraído y enviado por las tuberías de la draga a zonas que pueden estar o no bajo el agua en

donde se deposita sin ningún confinamiento específico y donde su presencia no altera ni daña la ecología del área. En esta opción normalmente no se preve ningún uso ulterior de las zonas rellenadas.

La tercera forma de manejo es cuando el material es depositado en áreas confinadas previamente bordeadas y dotadas de vertedores y desagües que eliminan el agua de dragado y facilitan la decantación y depósito del material. En esta situación deberá precisarse la secuencia de uso de las áreas por rellenar, la cota máxima de depósito y el manejo de la tubería de descarga para ir creando depósitos uniformes y aprovechando el proceso de autocompactación hidráulica derivado de la manera como se deposita el material.

c. Equipo de dragado

Podemos definir a la draga como una embarcación especialmente dispuesta y con los medios necesarios para limpiar o extraer material del fondo de los puertos, ríos, dársenas, canales, etc.

Asimismo, podemos clasificar a las dragas en dos grandes grupos: mecánicas e hidráulicas.

Al primer grupo pertenecen las de cangilones o de rosario, las de grúa (con almeja, granada o garfios) y las de cucharón. Todas estas dragas podemos considerarlas como los tipos básicos del grupo de mecánicas, que debido a su construcción relativamente sencilla, fueron las primeras que se usaron y que en ciertas clases de obras son in--



sustituibles, a pesar de que su alcance de descarga es muy limitado por lo que se impone el uso de gánguiles o chalanes-tolva y remolcadores para tirar el material en las zonas de depósito. (Figura 8.13)

Corresponden al segundo grupo, las dragas hidráulicas que combinan la operación de extracción y transportación del material hasta el lugar de depósito, mezclándolo con agua y bombeándolo como si fuera fluido. Estas dragas resultan más versátiles, económicas y eficientes que las mecánicas.

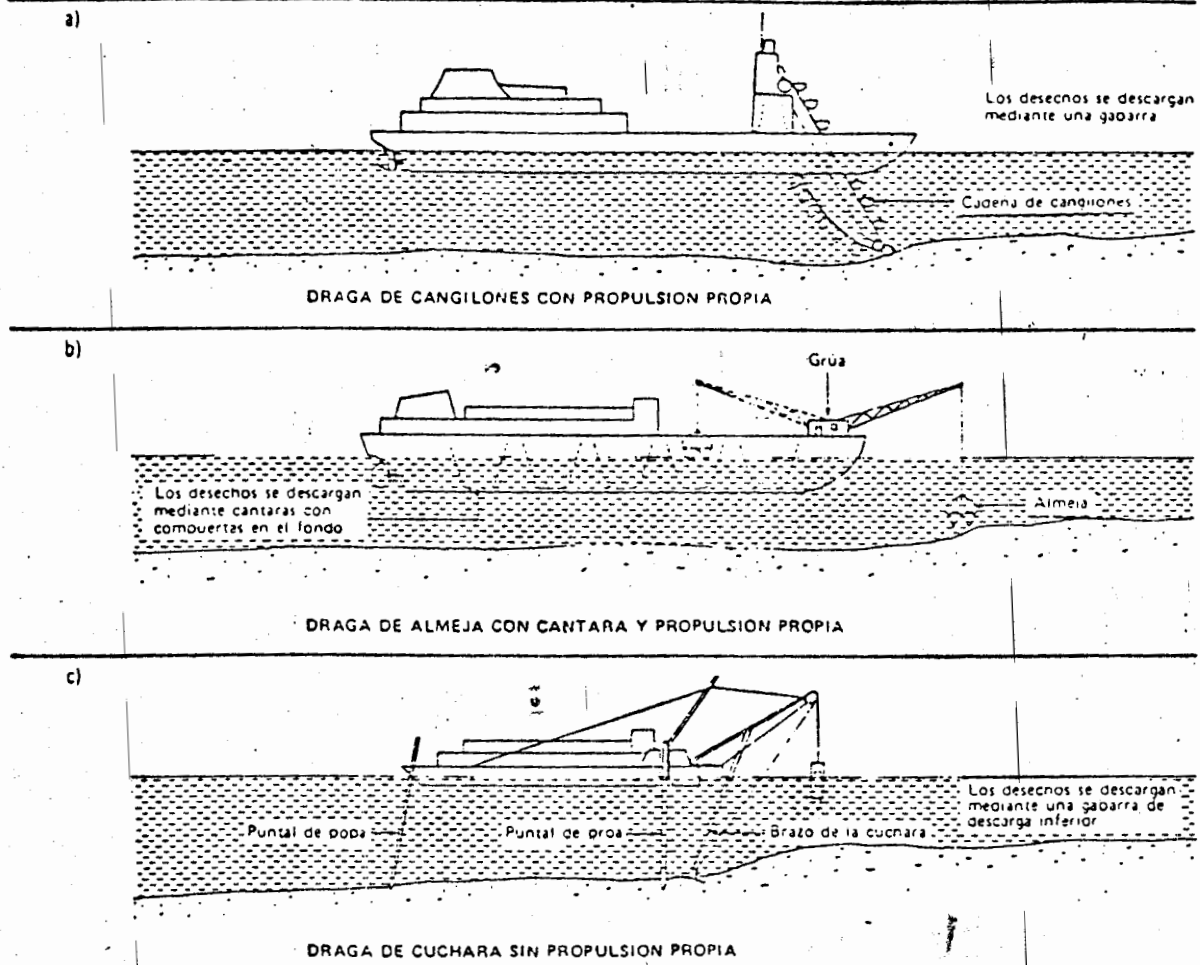
En general, las dragas hidráulicas más comunes pueden dividirse en dos tipos fundamentales:

Si dragan navegando por sus propios medios

Si dragan por etapas cambiando de posición con <sup>ERE</sup>auxilio de un remolcador.

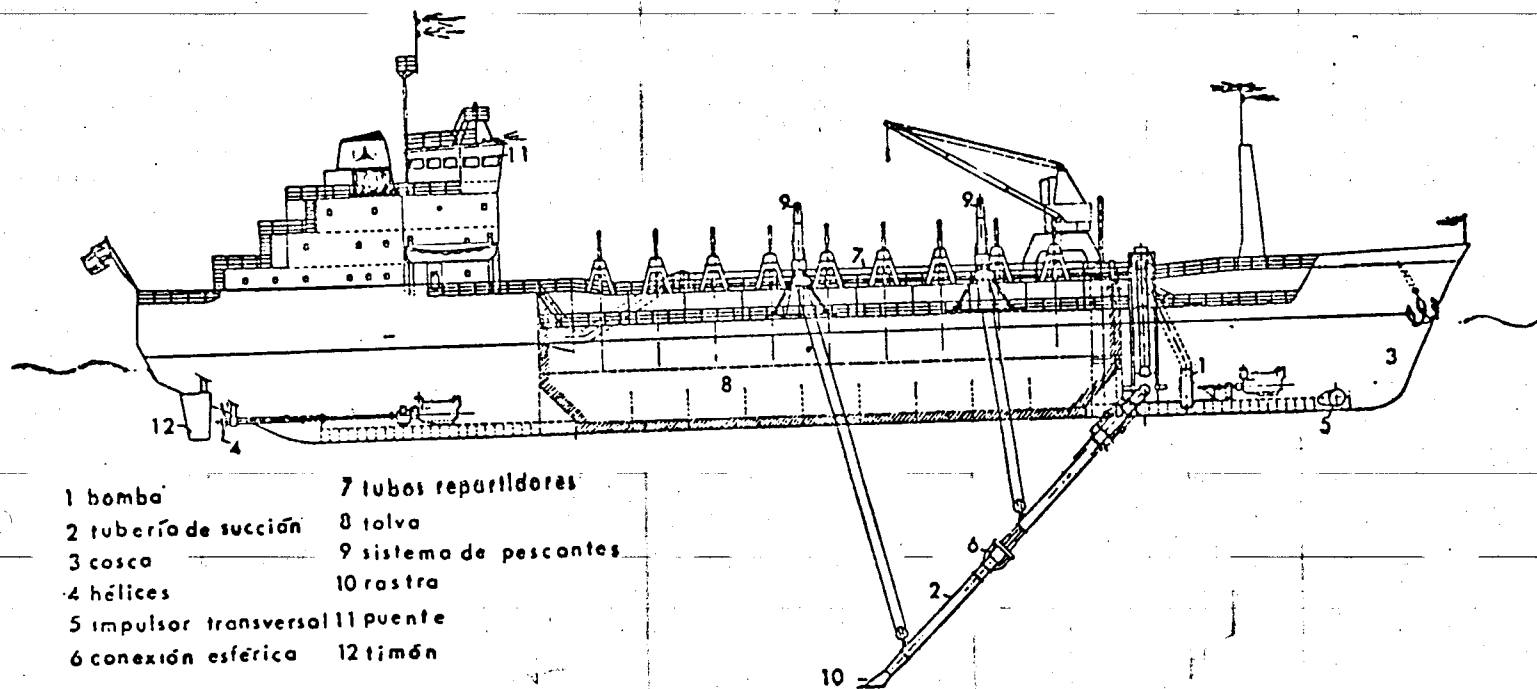
- i. Dragas autopropulsadas (Figura 8.14). Dragan moviéndose por sus propios medios. Se utilizan en canales de navegación y zonas donde no puede interrumpirse el tránsito de embarcaciones.

Este tipo de equipo deposita el material dragado en tolvas con vertedores, de manera que la mezcla dragada se sedimenta y el agua se elimina. Una vez llenas las tolvas, la draga va a la zona de tiro donde se abren las compuertas de fondo para descargar el material.



Dragas mecánicas

Figura 8.13



- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1 bomba                | 7 tubos repartidores   |
| 2 tubería de succión   | 8 tolva                |
| 3 cosca                | 9 sistema de pescontes |
| 4 hélices              | 10 rastra              |
| 5 impulsor transversal | 11 puente              |
| 6 conexión esférica    | 12 timón               |

Draga de autopropulsión con tolva

Figura 8.14

ii. Dragas estacionarias. (Figura 8.15)

Este tipo de dragas es la que da mayores rendimientos. Opera en aguas protegidas, descargando el material por medio de una tubería flotante que va a una barcaza, a tierra firme o a una zona de agua cercana. En los dos últimos casos el tiro puede hacerse a varios kilómetros de distancia. Por sus características el equipo no puede usarse en sitios donde haya tránsito de embarcaciones.

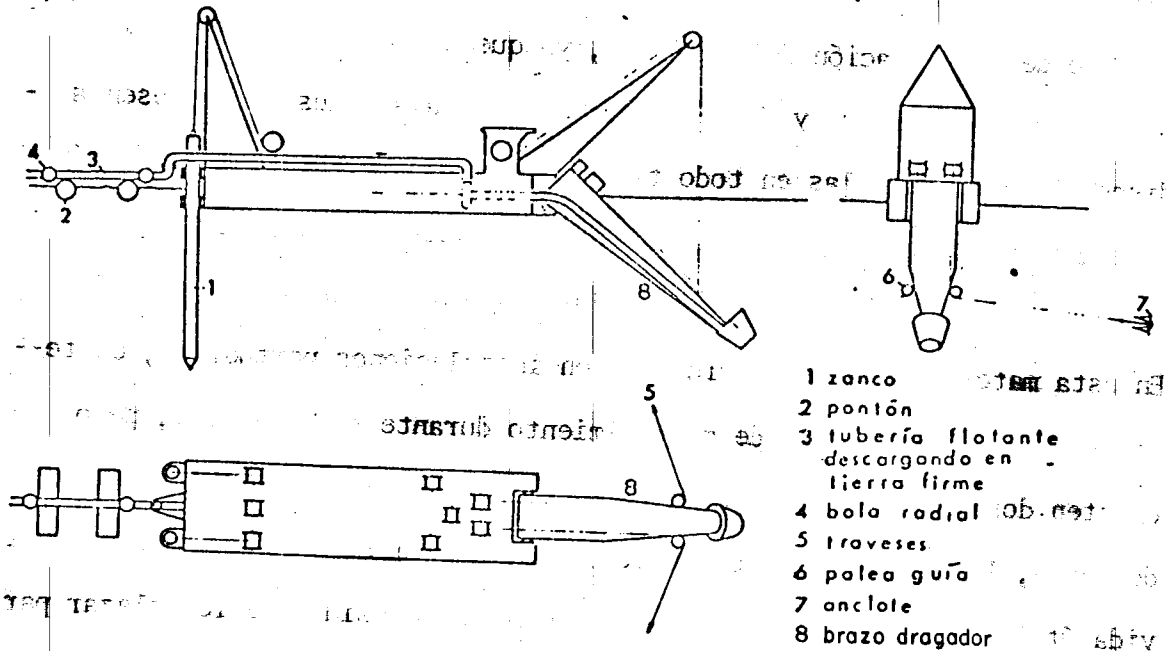


Figura 8.15

## 8.5 Conservación y mantenimiento de instalaciones y equipo portuarios

La conservación y mantenimiento son las acciones tendientes a lograr que instalaciones portuarias y de servicios complementarios y el equipo de maniobras diversas, estén en buenas condiciones de operación en todo tiempo a fin de que cumplan con el objeto de sus funciones.

### 8.5.1 Bases para formular programas de conservación y mantenimiento

Una de las primeras necesidades al iniciarse un programa de conservación y mantenimiento es crear la conciencia y enseñar a los usuarios el correcto empleo de las instalaciones. Con ello se logra un avance en el proceso de implantación del programa, ya que al comprender el usuario que un empleo adecuado y cuidadoso de las instalaciones la representa disponibilidad de ellas en todo tiempo se tendrá una mejor disposición a participar en dichos programas por los beneficios que ello le reportará.

En esta materia, uno de los ideales en instalaciones portuarias, es tener una estructura libre de mantenimiento durante su vida útil, pero existen dos puntos en contra que son: el que si la vida útil es demasiado larga, la instalación se vuelve obsoleta y el otro es que durante esa vida útil muy larga es casi seguro que habrá necesidad de reemplazar parte de la estructurarle y/o darle un mantenimiento muy intenso en la parte final.

#### a. Ambito del programa

La ejecución de los programas de conservación y mantenimiento según

el tipo de obras o equipo de que se trate frecuentemente obliga a separarlos entre los que pueden ser llevados a cabo por el ente administrador y los que serán responsabilidad del gobierno central.

No obstante ello, ambas acciones deben quedar enmarcadas en un programa general que comprenda todo el universo que requiere de su aplicación. Se enlistan enseguida los componentes de este universo.

- Instalaciones portuarias
  - . Obras exteriores
    - Rompeolas
    - Espigones de protección
    - Protecciones marginales
  - . Dragado
    - Canales y dársenas
  - . Señalamiento
    - Boyas
    - Balizas
    - Faros
  - . Obras interiores
    - Muelles de carga general y especializados
    - Bodegas de tránsito y bodegas de almacenamiento
    - Cobertizos
    - Silos
    - Tanques

- Caminos interiores o calzadas
- Vías férreas interiores y patios de vías
- Edificios administrativos y terminales
- Habitaciones
- Cercas
- Sistema eléctrico
- Servicio de alumbrado
- Sistema hidráulico
- Servicio de agua
- Sistema contra incendio
- Casetas

- Instalaciones de servicios complementarios

- Talleres y muelles de reparación a flote
- Varaderos
- Diques flotantes
- Diques secos
- Instalaciones de aprovisionamiento de combustible

- Equipo

- Mecanización en muelles, bodegas, silos, etc.
- Maquinaria y equipo de operación

b. Vida útil de las instalaciones y equipo

i. Instalaciones

En esta materia, las instalaciones portuarias se dividen en

temporales y permanentes. Se puede considerar como instalación temporal aquella que tenga una vida útil de 10 años, en este caso, lo ideal es tener un bajo costo de mantenimiento, en cambio, la de una instalación permanente será del orden de 40 a 50 años. Para esta situación debe tenerse en cuenta el mecanismo de financiamiento de la obra.

Otro factor muy importante es el período en que será útil la estructura antes de empezar a ser obsoleta en virtud de los adelantos tecnológicos; así por ejemplo, en los criterios de dimensionamiento de las instalaciones hace 30 años se admitían bodegas con columnas centrales; hoy en día, por exigencias de la unitización se buscan grandes claros libres y un mayor ancho de muelles.

## ii. Equipo

Por su parte, la vida útil de un equipo es sustancialmente diferente a la de una instalación. Normalmente se considera que con un mantenimiento sistemático y preventivo adecuado la vida útil del equipo varía entre 15,000 y 20,000 horas de uso. Rebadas estas cifras, se entra en el terreno del mantenimiento mayor, de la reconstrucción o de la sustitución, todo ello depende del estado del equipo.

El equipo más comunmente usado en puerto es:

Grúas de diversos tipos sobre rieles, sobre llantas y flotantes.

Tractores con plataformas e inclusive camiones.



Montacargas

Bandas transportadoras de varios tipos

Elevadores de varios estilos

Maquinaria especializada para manejo de granel

El mantenimiento y conservación de esta maquinaria viene especificado en los manuales elaborados por los fabricantes.

### iii. Instalaciones de servicios complementarios

Las instalaciones de servicios complementarios mencionados al principio son: talleres y muelles de reparación a flote, varaderos, diques flotantes o secos, instalaciones de aprovisionamiento de combustible; tienen sus controles de mantenimiento al igual que las otras instalaciones con la salvedad de que las realiza el concesionario de ellas, por lo que no se precisan acciones específicas sobre el particular.

En el cuadro 8.1 se dan valores de la vida útil de algunas instalaciones y equipos.

### 8.5.2 Tipos de mantenimiento

Para su programación y organización, se distinguen tres tipos:

- . Mantenimiento sistemático
- . Mantenimiento preventivo
- . Mantenimiento correctivo

Cuadro 8.1

## Vida Económica Media de Diversas Instalaciones y Equipo Portuarios

Instalaciones y equipo	Vida económica media (años)
Rompeolas	50
Muelles:	
Concreto	40
Acero	25
Defensas de caucho	10
Remolcadores	20
Embarcaciones para servicios de practica	20
Almacenes y cobertizos	25
Grúas:	
De cuchara	20
De muelle	20
De pórtico	15
Móviles	8
De torre móvil	15
Flotantes	20
Cargaderos	25
Apiladoras y máquinas recogedoras	25
Transportadores de banda	20
Bandas	3 *
Rodillos	7
Palas mecánicas móviles	6
Straddle-carriers	6
Tractores y remolques	8
Rampas para transbordo por rodadura (Ro/RO)	15
Montacargas	8
Camiones basculantes	6

Fuentes: Cifras basadas en datos reunidos por la Secretaría de la UNCTAD.

\* Sustituidas normalmente por secciones, conforme a un programa regular.

- a. Mantenimiento sistemático es aquel que se desarrollara en forma diaria por el personal propio del puerto. Incluye engrase de puertas; limpieza de cambios de agujas y muesca donde corre la ceja de las - ruedas del ferrocarril; limpieza de la superficie del muelle, pisos de bodega y patios, etc., todo esto con objeto de contar con una operación fluida de las instalaciones portuarias.
- b. Mantenimiento preventivo comprende las acciones necesarias para evitar fallas en las instalaciones, se incluyen trabajos tales como: - pintura en general; calzado de vías, ajuste y cambio de sus elementos: eléctrico, bitas, defensas, etc.

Los mantenimientos sistemático y preventivo tienden a confundirse en cuanto a los trabajos que se realizan ya que son cíclicos algunos de ellos y pasan de preventivo a sistemático, de aquí la importancia de una adecuada clasificación y control de ellos..

- c. Mantenimiento correctivo es aquel que modifica la instalación en diferentes grados de importancia, basada en la necesidad de cambios operacionales que van presentándose en la dinámica portuaria. En este tipo de mantenimiento es necesario definir hasta que punto es correctivo, ya que cualquier alteración en la estructura básica deja de ser mantenimiento para convertirse en reconstrucción; como ejemplo, se puede citar, para una bodega, el abrir ventilas en muros, modificar la forma o localización en las puertas, redistribuir las lámparas por necesidades de cambios de operación de las estibas, etc.

Los mantenimientos sistemático, preventivo y correctivo, se realizarán con recursos propios del puerto, en el caso de que este no fuera autosuficiente para absorber los gastos de mantenimiento en especial porque fuesen de gran magnitud, deberá plantearse, desde la fase de programación y presupuestación, para que los lleve a cabo el sector central.

#### 8.5.2 Programa de conservación y mantenimiento

El programa de conservación y mantenimiento del puerto debe tener como objetivo fundamental el establecer las normas en materia de mantenimiento, sistemático, preventivo y correctivo de acuerdo con la importancia e intensidad de uso de las instalaciones del puerto de manera que estén siempre en condiciones óptimas de uso.

Por otro lado, el programa debe estar en estrecha relación con la asignación de recursos suficientes para su ejecución, de aquí la importancia de involucrar estas cuestiones en la política financiera del puerto. (Ver Capítulo VII, inciso 7.2)

Para formular el programa deben disponerse de los elementos programáticos para poder definir la periodicidad en la aplicación del mantenimiento y evitar la superposición de actividades y recursos económicos.

Su preparación hace indispensable que el operador del puerto clasifique, jerarquice y evalúe las instalaciones a mantener, de esta manera podrá diseñarse el tipo de mantenimiento específico para cada instalación y sus componentes. Una vez hecha la clasificación, se podrán determinar

su periodicidad y el tipo de control requerido.

Los reportes de mantenimiento son elementos indispensables para darle seguimiento al mismo, sirviendo de base para cuantificarlo económicamente y decidir sobre la conveniencia de continuar haciéndolo, reacondicionar, modificar, reconstruir o substituir. Los reportes se deben formular en cada caso, previo análisis, en forma diaria, semanal, mensual o anual.

Una buena política en materia de mantenimiento nos permitirá contar con una mayor fluidez en las operaciones portuarias.

Por otra parte, al integrar el programa es indispensable establecer un buen análisis de costos de mantenimiento tanto porque normalmente no se les da la importancia que tienen, como porque se requiere precisar su repercusión en la operación financiera del puerto y la forma de recuperar las inversiones hechas.

De aquí la conveniencia de establecer indicadores en cada tipo de operación de los beneficios para el usuario y el prestador de los servicios, derivados de las labores de mantenimiento. Estos indicadores, expresados como un porcentaje del costo directo, servirán de base para proponer su recuperación vía derechos o tarificación. (Cuadros 8.2 y 8.3)

Otro punto a considerar dentro de los programas de mantenimiento es el desarrollo del trabajo con el equipo propio del puerto, por medio de contratistas o una combinación de ambos, debiendo ser, en cualquier caso, lo suficientemente flexibles para aceptar trabajos de emergencia.

Cuadro 8.2 del estudio, caso relativo a

Costos de mantenimiento de instalaciones	
Clase de estructura y tipo	Costos anuales medios de mantenimiento en porcentaje del costo de inversión o del de reposición
Estructuras de muelles	
Tablestacado metálico	0.30
Tablestacado de acero con plataforma de concreto armado	1.00
Tablestacado y plataforma de concreto	0.75
Defensas de caucho	1.00
Rompeolas de enrocamiento	2.00
Pavimentos en patios de almacenamiento	
En concreto	1.00
Asfalto	1.50

Cuadro 8.3  
Costos de mantenimiento del equipo

Tipo de equipo	Costo anual de mantenimiento en porcentaje del precio de compra
Grúa para contenedores	5
Grúa de muelle de 3 a 5 ton (montada sobre carriles)	5
Grúa móvil (10 ton a 20 m)	8
Grúa móvil (25 ton a 25 m)	10
Straddle carrier	12
Montacargas (20 ton)	8
Montacargas (5 ton)	14
Tractor	10
Trailer	3

En cualquier caso, siempre debe tenerse en mente no entorpecer las funciones del puerto, ya que es necesario asegurar que en todo tiempo estén disponibles sus instalaciones lo cual lleva a programar la periodicidad de estos trabajos.

El hecho de no realizar un trabajo de mantenimiento puede representar grandes riesgos para la seguridad del personal, lógicamente este factor no podrá ser cuantificable en unidades monetarias ya que la vida inclusive la seguridad de un operario nunca podrá ser cuantificable económicamente.

A continuación se enlistan algunas frecuencias de mantenimiento, aclarando que cada puerto establecerá las suyas de acuerdo con los medios económicos, laborales, medio ambiente, épocas del año, etc. (Cuadro 8.4)

Cuadro 8.4

Costos de mantenimiento del puerto

Categoría	Frecuencia	Observaciones	Unidad
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...

Cuadro 8.4  
Frecuencias de mantenimiento de instalaciones y equipo

	Frecuencia
<b>Bodegas</b>	
Techos	6 meses
Muros	3 meses
Estructuras acero	6 meses
Pintura	6 meses
Puertas	2 meses
<b>Muelles</b>	
Superestructura madera	1 mes
Superestructura concreto	2 meses
Subestructuras	3 meses
Vías ferrocarril en muelle	15 días
<b>Sistema eléctrico</b>	
Lámparas	10 días
Lámparas fluorescentes o similares	1 mes
Sistema general	3 meses
<b>Caminos y calles</b>	
Pavimentados	1 mes
No pavimentados	15 días
<b>Equipo mecánico y eléctrico</b>	De acuerdo con las especificaciones de los fabricantes
<b>Vías ferrocarril, básculas</b>	
Vías	7 días
Básculas	Cada día de operación, así como antes y después de usarla



**BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- ASCE. Report on Small Craft Harbors. ASCE. New York, 1969.
- Bennathan E. y Walters A.A. Port Pricing and Investment Policy for Developing Countries. Oxford University Press, 1979.
- Blaauw H.G., Koeman J.W. y Strating J. Nautical Contributions to an Integrated Port Design. Delft Hydraulics Laboratory Pub. No. 251, February 1981.
- Braun P. Port Engineering. Gulf Publishing Co. Houston, 1976.
- Bustamante et al. Ingeniería Marítima. Ediciones Temas Marítimos, S. de R.L. México, 1976.
- CIFSA, Harris, BCEOM. Estudio Nacional de Desarrollo Portuario. CNCP. México, 1973.
- Del Moral Carro R. y Berenguer Pérez J.M. Planificación y Explotación de Puertos, Ingeniería Oceanográfica y de Costas. M.O.P.U. C.E.E.O.P., Madrid, 1980.
- Del Moral Carro R. y Berenguer Pérez J.M. Obras Marítimas. M.O.P.U. C.E.E.O.P. Madrid, 1980.
- Hernández de Labra F. Puertos. México, 1983.
- Koudstaal R. y Vander Werde J. Systems Approach in Integrated Harbour Planning. Delft Hydraulics Laboratory Pub. No. 25. Mayo 1981.
- Kummerman H., Jacquinet R. Ships' Cargo. Cargo Ships. Mac Gregor Publications. 1979.
- Quinn Alonzo de F. Design and Construction of Ports and Marine Structures. Mc Graw Hill Book Co. 1972
- Schonknecht, Lusch, Schelzel y Obenaus. Ships and Shipping of Tomorrow. Mac Gregor Publications. 1983
- Takeuchi Y. The Economic Impact of Ports in Japan. OCDE.
- UNCTAD. Desarrollo Portuario. ONU, New York, 1980.
- UNCTAD. Evaluación de Inversiones Portuarias. ONU. 1977
- UNCTAD. Transporte Multimodal y Contenedorización. ONU, New York, 1984.