



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ ARAGON ”

“ APUNTES DE PUERTOS ”

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:

LUISA DEL PILAR HERNANDEZ AQUINO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F. 1993



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE GENERAL

	Página
CAPITULO I. INTRODUCCION.	1
 CAPITULO II. PANORAMA PORTUARIO NACIONAL.	 3
Lento y conflictivo comienzo de nuestra marina.	3
En los últimos años...	6
Los Puertos Mexicanos.	6
El "boom" marítimo portuario en Oriente y Europa.	9
Resultados en 1990.	11
Resultados en 1991.	12
Metas 1992.	15
El concepto de puerto.	21
Criterios de clasificación de puertos.	21
 CAPITULO III. ESTUDIOS PARA SELECCION DE SITIO.	 23
III-A. OLEAJE.	
Generalidades.	30
Clasificación.	30
Generación.	33
Teoría del oleaje.	35
Fuentes de Información del oleaje estadístico.	43
Medición de altura y período del oleaje.	57
III-B. VIENTOS, MAREAS, ASPECTOS MORFOLOGICOS.	
Vientos.	61
Mareas.	73
Corrientes.	89
Aspectos Morfológicos.	99
III-C. INTEGRACION DE INFORMACION.	108
III-D. ESTUDIOS EN MODELO REDUCIDO.	111
III-E. TIPOS DE OBRA DE DEFENSA.	
Datos necesarios para el diseño.	115
Diversos tipos de dique.	116
Construcción.	127
Factores económicos.	127
Muros de contención, malecones y revestimientos.	129

	Página
CAPITULO IV. LA EMBARCACION.	133
IV-A. CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES. MANIOBRAS.	
Clasificación de las embarcaciones.	133
Partes principales de una embarcación.	143
Características de las embarcaciones.	147
Maniobras.	150
IV-B. AYUDA A LA NAVEGACION. SEÑALAMIENTO Y DRAGAS.	
Señalamiento.	166
Dragas.	176
IV-C. ELEMENTOS DE AMARRE Y ATRAQUE.	
Configuración del puerto.	181
Muelles y espigones.	183
Tipos especiales de puestos de atraque.	191
Accesorios de los puestos de atraque.	195
Defensas en los muelles	197
IV-D. ZONAS DE REPARACION Y MANTENIMIENTO DE BUQUES.	
Diques secos y diques flotantes.	200
CAPITULO V. PUERTOS DE CARGA GENERAL.	203
V-A. ZONA DE INFLUENCIA. INTEGRACION AL SISTEMA DE TRANSPORTE TERRESTRE.	
Concepto de Zona de Influencia.	203
Metodología para establecer la zona de influencia de un puerto.	203
V-B. PLANEACION GENERAL. EVALUACION DEL PROYECTO.	
Planificación a largo plazo.	210
Procedimiento para la preparación del Plan Nacional de Puertos.	211
Procedimiento para la preparación del Plan General de cada puerto.	212
Evaluación del Proyecto.	
V-C. DIMENSIONAMIENTO. OBRAS BASICAS, CRITERIOS GENERALES DEL DISEÑO DE INSTALACIONES PARA CARGA GENERAL SUELTAS.	
Cargas sueltas y cargas unitarizadas.	225
La infraestructura portuaria.	226
V-D. EQUIPO E INSTALACIONES AUXILIARES.	
El equipo para el manejo de carga general fraccionada.	250
Instalaciones auxiliares.	255

	Página
CAPITULO VI. PUERTOS PESQUEROS.	256
Funciones generales.	256
VI-A. ELECCION DEL EMPLAZAMIENTO.	
Factores geográficos y físicos.	257
Factores económicos.	257
VI-B. DETERMINACION DEL TIPO Y TAMAÑO DE LAS INSTALACIONES Y SERVICIOS.	
Tipo y número de barcos y desembarques esperados.	259
Llegadas por tierra de los productos pesqueros.	259
Especies marinas y su forma de utilización.	259
Métodos de venta.	261
VI-C. DISPOSICION GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y SERVICIOS.	
Muelle de desembarque.	261
Cobertizo de clasificación.	265
Planta congeladora de camarón.	266
Planta elaboradora de harina de pescado.	266
Planta de hielo.	266
Varaderos y zonas de reparación.	267
Transporte interno.	267
Transporte externo.	267
Calles.	267
Servicios.	267
CAPITULO VII. PUERTOS TURISTICOS.	269
VII-A. ELECCION DEL EMPLAZAMIENTO.	269
VII-B. ELEMENTOS Y SERVICIOS.	
Estaciones marítimas.	270
Las Marinas.	272
CAPITULO VIII. PUERTOS Y TERMINALES DE CARGA ESPECIALIZADA.	282
VIII-A. TERMINAL DE CONTENEDORES.	
Evolución de los buques portacontenedores.	282
Planificación y organización.	284
Productividad.	284
Sistemas de manipulación de contenedores.	287
Necesidades de espacio.	293
Ocupación de los puestos de atraque en las terminales especializadas.	298
Servicios de buques portacontenedores de enlace.	300

	Página
VIII-B. TERMINAL PARA EL TRAFICO DE TRANSBORDO POR RODADURA (RO/RO).	
El papel de los servicios ro/ro.	301
Previsión de la demanda de servicios ro/ro.	303
Necesidades de puestos de atraque.	304
Necesidades de superficie de almacenamiento en la terminal.	307
Equipo para una terminal de transbordo por rodadura.	308
VIII-C. TERMINAL PARA BUQUES PORTAGABARRAS.	
Sistemas de buques portagabarras.	312
Condiciones que requiere la maniobra de los buques.	312
Condiciones que requiere la manipulación de las gabarras.	314
VIII-D. TERMINALES PARA CARGA A GRANTEL: SECA Y LIQUIDA.	
Terminales para carga seca a granel.	317
Terminales para carga líquida a granel.	358
CAPITULO IX. PUERTOS FLUVIALES.	367
IX-A. REGIMEN DE ESTUARIOS.	
Tipos y morfología de las desembocaduras.	367
Fenómeno de azolvamiento en la desembocadura de ríos.	377
Determinación del ancho y la profundidad de la boca del río.	380
Parámetros que afectan la estabilidad de los accesos costeros.	381
Medidas para contrarrestar el efecto de azolvamiento en la boca de un río.	382
CAPITULO X. PUERTOS MULTIPLES.	384
X-A. LA TERMINAL POLIVALENTE DE CARGA GENERAL.	
Cuestiones económicas.	384
Disposición.	385
Equipo.	388
Administración.	388
X-B. TERMINALES POLIVALENTES PARA CARGA A GRANTEL.	391
CAPITULO XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	393

	Página
GLOSARIO.	396
BIBLIOGRAFIA.	399

I. INTRODUCCION.

El principal objetivo de estos apuntes es reunir, en una obra de consulta en forma fácilmente comprensible, los principios básicos que constituyen a la planificación portuaria moderna.

Objetivo que se fundamenta y surge principalmente por la patente necesidad de contar con información accesible y al alcance del estudiante universitario e indispensable para la formación de ingenieros civiles.

Cabe señalar además, que el desarrollo de este trabajo nos llevó a confirmar tal necesidad, ya que la mayor parte de la documentación existente es realmente escasa, en idiomas extranjeros y por consiguiente, haciendo uso de ingeniería portuaria generada y aplicada en otros países bajo condiciones de desarrollo y recursos económicos y naturales muy distintos a los nuestros.

Por otra parte se plantea la importancia de tener presente, que los puertos marítimos desempeñan un papel destacado en el fomento del comercio internacional al generar actividades comerciales, industriales y turísticas que contribuyen directamente al progreso económico del país.

A manera de una breve semblanza, tenemos que en el capítulo segundo, se intenta mostrar un panorama portuario nacional a través de el conocimiento de los primeros años, a partir de la conquista, la época de independencia y la revolución, que muestran las circunstancias en las cuales se inicia el nacimiento de los puertos mexicanos, hasta los logros alcanzados durante los últimos años. A partir de ello, posteriormente se ubica a México, incluyendo toda su infraestructura portuaria, dentro del engranaje que mueve la economía mundial. Llevandonos a considerar a nuestro país como un miembro potencial, con una posición geográfica y perspectivas de crecimiento y desarrollo económicos que lo obligan a contar con más y mejores puertos.

En el capítulo tercero la atención se centra en el papel que juegan los diversos parámetros físicos, los cuales constituyen la información necesaria -

para diseñar las instalaciones generales de un puerto. Ello incluye, apartir de la elección del sitio, estudios meteorológicos, oceanográficos e hidráulicos del litoral que permiten, si es necesario, la construcción de modelos hidráulicos físicos o matemáticos del puerto.

En el capítulo cuarto, se clasifican los diferentes tipos de embarcaciones, incluyendo el estudio de sus partes, dimensiones, características, zonas de agua y ayudas a la navegación que le permitan una fácil y segura maniobra en el acceso al puerto hasta su puesto de atraque. Así como la elección, tipos y accesorios de éstos últimos; incluyendo sus zonas de reparación y mantenimiento.

Finalmente, en los restantes capítulos, se examinan los métodos de planificación, diseño y operación de diversos tipos de instalaciones portuarias. Lo anterior apartir principalmente de procedimientos para la elaboración de los planes relativos a los muelles, patios, bodegas, equipo e instalaciones auxiliares utilizados en las maniobras de carga y descarga de terminales de carga general, pesqueras, turísticas y en las terminales especializadas de contenidos o de mercancías a granel tanto de manera independiente como en terminales múltiples.

Los métodos son sencillos, principalmente en forma de curvas y diagramas, basados tanto en datos empíricos como en cálculos matemáticos, que ofrecen un grado de exactitud numérica satisfactoria para un uso general.

Un principio clave de la planificación de los puertos marítimos es que los planes de desarrollo sean lo más flexibles posible a fin de que puedan ajustarse rápidamente a los cambios de la demanda.

La planificación portuaria es una tarea estimulante y compleja, pero no excepcionalmente difícil. Requiere un cabal entendimiento del modo como funciona un puerto eficiente, un conocimiento adecuado de las condiciones económicas generales del país, mucho sentido común y un cierto talento para imaginar el futuro.

II. PANORAMA PORTUARIO NACIONAL

LENTO Y CONFLICTIVO COMIENZO DE NUESTRA MARINA.

La posición geográfica de la república, - situada entre Asia y Europa, hace creer - que con el tiempo sea México el camino -- más conveniente para la comunicación de - estos dos continentes y que llegue a ser - emporio del comercio.

Matías Romero.

Tan optimista visión de Matías Romero, formulada a fines del siglo pasado, ha sido a lo largo de la historia de México una de las principales aspiraciones nacionales. Mucho se ha dicho, en múltiples y distintas ocasiones, - sobre la importancia del buen aprovechamiento costero en la formación de naciones fuertes y grandes. Sin embargo creemos que el asunto no se limita a - una ventajosa situación geográfica como la que, en efecto, nuestro país tiene, sino también, y con mucho peso la voluntad de mirar hacia el mar con -- grandes expectativas. Con ella, con esa voluntad, necesariamente viene una - cultura portuaria vital para el desarrollo de una sana y activa explotación - de un amigo tan generoso como es el mar.

Países como Holanda e Inglaterra son clara muestra de que el desarrollo marítimo-portuario es históricamente un factor desencadenador de grandes -- fuerzas económicas y de desarrollo, no sólo extrínseco, sino también intrínseco. Nuestro vecino país del norte, con una rica herencia colonial de navegación y comercio, instrumentó también una política marítima que sería en -- buena medida impulsora del gran desarrollo que le ha caracterizado en lo que va de este siglo.

Visto así, vale la pena revisar nuestra propia herencia y la forma en - que México ha conducido su historia marítimo-portuaria. El nuestro ha sido - un país que tradicionalmente ha mirado tierra adentro. La concentración del - poder político y económico en la Mesa Central del País, ha sido en buena medida, obstáculo para un sólido desarrollo costero; pero además es importante buscar los porqués de nuestra falta de cultura portuaria, de nuestra precaria tradición naval.

Para hacer esta revisión, es necesario remontarse a la época colonial, - cuando España se encuentra dueña y señora de la navegación y el comercio con las Indias Occidentales. En efecto, la bula papal de 1493 y la pragmática de Carlos V en 1523, la hacían en teoría la única nación autorizada para estos - efectos. Sin embargo, el pirataje, el contrabando y otras mañas desarrolladas por comerciantes ingleses, franceses y holandeses desgastaron desde el - mar los beneficios que la metrópoli pretendía obtener de sus colonias. Un -- claro ejemplo de esto es Campeche, primer puerto establecido en las nuevas - tierras, que tuvo que ser amurallado para defenderlo de los ataques piratas. De ahí el gran esfuerzo centralista y monopolizador que sobre la Nueva España tuviera su metrópoli.

En razón a este esfuerzo, España implementa el sistema de flotas, mediante el cual, se pretendía proteger a los galeones de los ataques piratas. El sistema, que especificaba el envío de dos flotas al año de Cádiz y Sevilla (únicos puertos autorizados para estos envíos) a Veracruz, tenía un gran defecto: el contrabando de manufacturas de otros países más desarrollados y su introducción ilegal al mercado novohispano, se veían favorecidos por el gran espaciamiento que había entre una flota y otra. De esta manera, la navegación de otros países europeos se desarrolló a costa de la infraestructura española.

Por otro lado esta férrea centralización también constituyó un obstáculo para el desarrollo marítimo de la entonces colonia. Al monopolizar España este tráfico, prohibió el comercio intercolonial, además de especificar que el capitán de toda nave, y por lo menos la mitad de la tripulación, debían de ser españoles nacidos en la península. Los beneficios de la libertad de comercio no alcanzarían a la Nueva España sino hasta 1789, cuando era quizá demasiado tarde para una colonia que ya había sentado su actividad económica en la minería y la producción agrícola.

Además de Veracruz, Acapulco era uno de los principales puertos de tráfico de altura, ya que recibía dos veces por año a la famosa Nao de China, procedente de Filipinas con mercancías de Oriente. Durante la Colonia, se habilitaron también otros puertos como Sisal, Tlacotalpan, Soto la Marina, Matamoros, Mazatlán y San Blas. Sin embargo, esta infraestructura portuaria primitiva no resultaría una herencia de gran utilidad para el México independiente, precisamente debido a la falta de tradición portuaria propiamente mexicana.

En efecto, durante los primeros años de su independencia, la joven nación se encuentra con que los únicos puertos habilitados para el comercio internacional eran Veracruz y Acapulco y con que carece de una marina mercante y de agentes comerciales capacitados para el uso adecuado de los puertos. Sin embargo, además de algunos intentos fracasados durante la segunda década del siglo pasado, no se hizo mucho por mejorar esta situación y la educación naval estuvo a cargo del Colegio Militar hasta 1880, año en que el general Porfirio Díaz dicta el decreto constitutivo de las escuelas náuticas de Campeche y Mazatlán.

Los servicios portuarios durante todo el siglo pasado fueron deficientes, en buena medida debido a que las constantes luchas intestinas entre federalistas y centralistas impedían la continuidad de un esfuerzo sólido de mejoramiento. Para colmo, las guerras con Francia y Estados Unidos acabaron con la marina bélica y arruinaron los puertos del Golfo. Sin embargo, el Pacífico acrecienta su importancia tras estas guerras y el Sureste tuvo gran movimiento portuario debido a su aislamiento. De este modo, se observa un desarrollo de los puertos siempre precario, discontinuo y aislado. No había una estructura portuaria eficiente ni una marina mercante nacional, ya que los beneficios del comercio de cabotaje y de altura, recaían principalmente en Estados Unidos, Inglaterra y Francia.

Durante el porfiriato, se trató de desarrollar la marina mercante con la

creación de importantes compañías como la Mexicana de Navegación, la Transatlántica Mexicana y la Naviera del Pacífico. Con este intento, naturalmente vino una serie de obras de acondicionamiento, principalmente en Veracruz, -- Tampico, Salina Cruz y Manzanillo. Sin embargo, el entusiasmo que en esta época dió predominio al desarrollo ferroviario, desvió en gran parte la atención hacia las rutas terrestres a Estados Unidos, dejándole a dicho país la transportación marítima. La Revolución de 1910 interrumpe asimismo el aprovechamiento de los puertos a lo largo de varios años de inestabilidad y luchas internas.

Sin embargo, durante estos años se conforman las primeras organizaciones de gente de puerto que busca mayor participación en esta actividad. En 1911 se organiza el Gremio Unido de Alijadores de Tampico y el sindicalismo evoluciona hasta que, en el gobierno del general Cárdenas, existen tres tipos de organizaciones: la Unión, la Orden y el Sindicato. Es durante la administración de este presidente, que el petróleo como patrimonio nacional empieza, por razones obvias, a dar impulso al desarrollo portuario.

Mas aún faltaba tiempo para llegar a un esfuerzo verdaderamente sistematizado y de escala nacional de fomento a los puertos mexicanos. El primer intento de fortalecer la presencia estatal en el subsector para realizar este tipo de esfuerzo se da durante los años 50 cuando el Presidente Ruiz Cortines implementa el programa de progreso marítimo conocido como La Marcha al Mar. El programa, que intentaba hacer de las costas grandes focos de actividad económica, implicó un estudio a gran escala realizado por una de las más importantes compañías consultoras del mundo; la compañía holandesa Netherlands Engineering Consultants (Nedeco). Sin embargo, el excelente proyecto quedaría en eso por varios años.

La década de los 70 constituiría otro importante viraje en la historia portuaria. Bajo la consigna de la Reforma Portuaria, se implementan políticas de desarrollo a nivel federal, que habrían de dar gran impulso a la construcción de puertos y a la creación de organismos y empresas que atendieran su operación. Otro elemento significativo en este proceso, es el estudio nacional de desarrollo portuario, hecho en 1974, que resultaba el primer intento de planeación portuaria nacional desarrollado con técnica mexicana y cuya metodología fue reconocida y recomendada por el Banco Mundial para su aplicación en casos similares. Mucha de la información obtenida en este estudio, sigue siendo básica para la planeación portuaria de hoy.

En 1977, el subsector pasa de la secretaría de Marina a la de Comunicaciones y Transportes, que desde entonces se encargaría de la administración, de las obras de infraestructura y de la operación portuarias. En estos años, se desarrollarían dos importantes programas: el de puertos comerciales, que aumentaría la longitud de atraque, la capacidad de almacenamiento y mejoraría el equipo, y el de puertos industriales, que intentaría transformar los puertos en polos de desarrollo fabril.

Sin embargo, para 1982, las flotas extranjeras seguían controlando el 94.3% del tráfico de altura y el 49.4% de el de cabotaje. Los principales problemas a los que se enfrentaría entonces el subsector portuario serían --

una organización compleja y excesivamente diversificada, el mantenimiento diferido de las instalaciones, la poca capacidad de dragado y la falta de integración con el sector turismo y la iniciativa privada.

En 1989 se logran dos importantes avances: poner en una sola cabeza la planeación, construcción, administración y operaciones portuarias, —interacción básica para un desarrollo coherente— e integrar a los puertos en la —red de comunicaciones y transportes de nuestro país.

EN LOS ULTIMOS AÑOS...

Los Problemas aún persisten. En vísperas de la firma del Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos, Canadá y nuestro país, las deficiencias —mexicanas se acentúan. El TLC implicará un aumento significativo en el volumen de carga que deberá manejarse en los puertos nacionales; este manejo deberá realizarse con las técnicas y procedimientos más avanzados que permitan un tráfico ágil y efectivo, tanto de los productos que nuestro país importe, como en los diferentes tipos de carga que ingresen al país.

Al mismo tiempo es de esperarse el establecimiento y puesta en opera---ción de compañías especializadas en el manejo de carga hacia y desde los mercados internacionales, provenientes de los Estados Unidos y Canadá que exi---jan un aumento en la demanda de servicios de alta calidad en las diferentes áreas de servicios portuarios.

Ante las condiciones mencionadas, la corrupción del sindicalismo, el alto costo de las maniobras de carga y descarga, la ausencia de inversiones para modernizar las instalaciones portuarias, la sobreexplotación de los trabajadores que realmente desempeñan las labores portuarias —los denominados —cuijes— y el alto costo de las tarifas de empresas monopólicas deben desaparecer.

La reciente requisa del Puerto de Veracruz, y la concesión de sus opera---ciones a la iniciativa privada, pueden ser el paso a la modernización.

El Puerto de Veracruz —que alguna vez fuera una instalación ejemplar— se encontraba sumido en la peor de sus crisis. Lo que ocurría en Veracruz resultaba realmente vergonzoso: los índices de corrupción y de ineficiencia, —las contradicciones y contraposiciones entre las empresas y sindicatos, el derroche de recursos y el deterioro de la planta, convirtieron al Puerto de Veracruz en uno de los más ineficientes del mundo. Ello a tal punto que los importadores y exportadores preferían realizar sus operaciones en los puer---tos estadounidenses de Houston y Galveton.

LOS PUERTOS MEXICANOS.

Utilizando el transporte marítimo México puede enviar y recibir mercancías hacia y desde todo el mundo, como puede verse en el cuadro II-1 que señala por puerto de altura nacional los países de destino que atienden las lí

neas marítimas de conferencia. Y en la figura II-1, además de ilustrar la -- ubicación de los puertos de altura más importantes, se integran a éstos el -- resto de puertos que conforman el Sistema Portuario Nacional.

CUADRO II-1.

RESUMEN DE PUERTOS DE ALTURA MEXICANOS Y DE PAISES DE DESTINO
EN TRANSPORTE MARITIMO

Puerto salida	Países de destino
Veracruz	Alemania, Bélgica, España, Finlandia, Holanda, Francia, Inglaterra, Italia, Noruega, Dinamarca, Suecia, Estados Unidos, Brasil, Argentina, Colombia, Uruguay, Panamá, Jamaica, Cuba, Venezuela, Puerto Rico, República Dominicana, Argelia, Angola, Benín, Camerún, Congo, Djibouti, Gabón, Guinea, Kenia, Marruecos, Mozambique, Namibia, Zaire, Senegal, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Liberia, Togo, Túnez.
Tampico	Igual a Veracruz, más Panamá, Costa Rica, Ecuador, Egipto, Costa de Marfil, Nigeria, Sierra Leona.
Tuxpan	Alemania, Bélgica, España, Finlandia, Dinamarca, Francia, Inglaterra, Italia, Noruega, Suecia, Estados Unidos.
Altamira	Alemania, Bélgica, España, Francia, Holanda, Italia, Inglaterra, Estados Unidos, Venezuela, Colombia.
Acapulco	Corea del Sur, Bangladesh, Australia, Filipinas, India, Hong Kong, Japón, Nueva Zelanda, Indonesia, Pakistán, Taiwán, Estados Unidos, Chile, Colombia, Perú, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá.
Manzanillo (vía Long Beach, Cal.)	Corea del Sur, Japón, Tailandia, Taiwán, Estados Unidos, Uruguay, Argentina, Colombia, El Salvador, Brasil, Ecuador, Chile, Costa Rica, Perú, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá.
Lázaro Cárdenas	Australia, Corea del Sur, posesiones de Ultramar y parte continental de Estados Unidos, Filipinas, Hong Kong, Islas Fidji, Japón, Nueva Zelanda, Malasia, Taiwán, China, Brasil, Colombia, Chile, Argentina, Ecuador, El Salvador, -

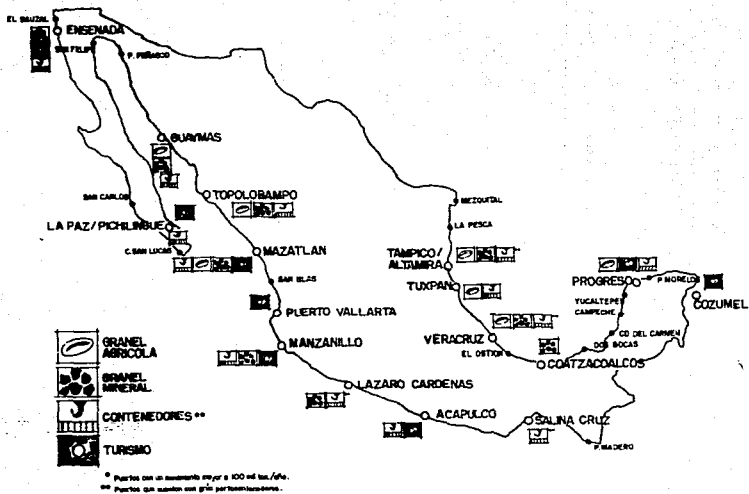


FIGURA II-1. SISTEMA PORTUARIO NACIONAL

CUADRO II-1. (Continuación)

Puerto salida	Países de destino
	Costa Rica, Perú, Uruguay.
Ensenada	China, Corea del Sur, Filipinas, Hong Kong, Japón, Malasia, Taiwán.
Salina Cruz	Igual a Ensenada, más Estados Unidos, Colombia, Chile, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Perú.
Coatzacoalcos	
Mazatlán y Guaymas	Colombia, Chile, Ecuador, Nicaragua, Panamá, - Perú.

EL "BOOM" MARÍTIMO PORTUARIO EN ORIENTE Y EUROPA.

Los puertos forman parte del engranaje que mueve nuestra economía; en todo el mundo la apertura comercial va a un ritmo acelerado; el auge alcanzado por los países del Oriente Lejano no tiene paralelo; por ejemplo, hace diez años había un banco japonés entre los primeros diez más grandes del mundo, hoy hay siete y habrá en diez años más, bancos taiwaneses y coreanos entre los diez punteros.

En materia de exportaciones, fuente principal de sus economías, Estados Unidos continúa al frente de los países del bloque occidental, pero todas las potencias asiáticas se dirigen rápidamente a la cabeza.

Para tener un contacto mercantil más intenso y coordinado, se decidió conformar lo que hoy se conoce como Cuenca del Pacífico que es el área económica integrada por Estados Unidos, Canadá, Japón, Corea del Sur, China, Hong Kong, Taiwán, Filipinas, Tailandia, Malasia, Singapur, Indonesia, Bruner, -- Australia, Nueva Zelanda y Nueva Guinea.

Los principales países asiáticos de la Cuenca del Pacífico, con excepción de China, son economías de mercado que se distinguen por una estrategia de desarrollo intensamente capitalista enfocada hacia el comercio internacional.

El éxito del desarrollo industrial encaminado a la exportación, se ha sustentado principalmente en el bajo costo de la mano de obra, acceso a los mercados de países ricos, influjos de capital y de tecnología, así como en una vigorosa intervención del Estado en la estructuración de la economía, el impulso del interés privado y el control de la participación política de los sectores populares.

En este marco, México se convierte en miembro potencial. Su posición --

geográfica en la Cuenca del Pacífico, podría favorecer el éxito de la propuesta tendiente a intensificar las relaciones comerciales asiático-mexicanas, ya que contamos con más de 7 mil kilómetros de litoral sobre los océanos Pacífico y Atlántico.

México no puede cerrarse al impacto modernizador de la Cuenca del Pacífico ni al influjo e influencia del mundo que lo rodea. Es imposible e indeseable permanecer aislados de la dinámica mundial.

Las perspectivas de crecimiento y desarrollo del país, invariablemente enfilan, en muy buena proporción, al comercio exterior transportado por vía marítima; ya se ha esbozado la opción oriental, ahora analicemos el mercado europeo, donde los puertos del Viejo Continente siguen siendo los de mayor tráfico del mundo. Por qué no pensar en México como un "país puente" de mercancías y productos? Es válido ser reiterativo en este punto: nuestra estratégica posición geoeconómica, estabilidad política, mano de obra de alto rendimiento y bajo costo (para instalación de maquiladoras), puerta de entrada al mercado latinoamericano y vecino del mayor comprador del orbe, son aspectos que introducen las posibilidades al Mercomún. La apertura lograda con nuestra incorporación al GATT necesita el respaldo de enseres de gran calidad para poder competir a nivel internacional; ya nos percatamos de que muchos productos importados llegan a resultar más malos que los nuestros.

Retomando el camino europeo, existe por esas latitudes un verdadero boom marítimo mercante. Los puertos como Rotterdam, Holanda; Amberes, Bélgica; El Havre, Francia; Barcelona, España; Liverpool, Inglaterra; Hamburgo, Alemania; Góteborg, Suecia y Helsinki, Finlandia, convierten a Europa en el centro distribuidor de mercancías más grande del mundo. Esto, obviamente, no es nuevo pero sí señala el gran avance que ha logrado la tecnología portuaria aunada a las altas producciones e intercambio comercial de la Comunidad Económica Europea. Estados Unidos importa materias primas de casi todas partes y exporta procesados en igual medida.

Por otra parte, nuestros principales productos de exportación son el petróleo, la petroquímica, los alimentos (fruta, legumbres, ganado); el cemento, el cuero y calzado, la celulosa y papel, la minería, las autopartes, los productos metálicos, la química, el vidrio, maquinaria y equipo, la cerveza y las telecomunicaciones. Las empresas e industrias que producen toda esta gama de posibilidades se ubican en todo el país, en los principales centros económicos como son el Distrito Federal y área metropolitana, Monterrey, Guadalajara, Puebla, León, Querétaro, etcétera, por ello debe ser preocupación del gobierno federal fomentar la descentralización industrial evitando que siga creciendo la capital de la república (30% a nivel nacional) en materia de generación de recursos y se intensifique el desarrollo regional con la instalación de nuevas industrias por inversionistas nacionales y extranjeros.

En conclusión, para cualquier país el comercio ultramarino significa un elemento importante en su economía. Para el nuestro resulta vital; las exportaciones no petroleras se deben incrementar sustancialmente en pos de la captación de las divisas necesarias para volver a crecer, para ello es indispensable contar con más y mejores puertos que faciliten el movimiento interna--

cional de mercancías, en condiciones de seguridad.

Los puertos constituyen uno de los servicios auxiliares más importantes, ya que son el punto de intercambio y de enlace entre el transporte marítimo y el terrestre, y ambos inciden directamente en el resultado final de la operación portuaria y del intercambio comercial.

Si la modernización portuaria mexicana incluye el acceso del ferrocarril a las terminales marítimas y alimenta al sistema ferroviario con un apropiado sistema de autopistas, México se convertiría en el centro geográfico del comercio naviero internacional.

RESULTADOS EN 1990.

Infraestructura.

- Se continuó con la construcción del nuevo puerto de Topolobampo.
- En Pichilingue se inició la construcción del nuevo puerto comercial.
- En el puerto de Manzanillo se inició la construcción de la nueva terminal especializada de contenedores de alto rendimiento.
- En Lázaro Cárdenas se inició el encauzamiento del río Balsas con objeto de dar protección al puerto y a la zona industrial. Además se trabaja en la conclusión de la más importante terminal granelera portuaria del país, con capacidad de 80,000 toneladas y se moderniza el área de contenedores.
- Se puso en operación la segunda posición de atraque del puerto industrial de Altamira. Paralelamente, se inició la construcción de la tercera posición de atraque y el equipamiento de la terminal de contenedores.
- En Tuxpan se continuó con la prolongación de las escolleras y el dragado del río a una profundidad de 11 m. para dar servicio a buques de gran porte.
- En Veracruz se prosiguió con la importante rehabilitación de la infraestructura portuaria y se dotó al puerto con una segunda grúa portuaria de contenedores.
- En materia de inversiones para beneficio del turismo marítimo, se inició la construcción del segundo muelle de cruceros en Puerto Vallarta, el muelle de transbordadores en Progreso y el muelle de cruceros en Mazatlán.

- Se dragaron 11.5 millones de metros cúbicos para garantizar condiciones seguras de navegación y la adecuada operación del Sistema Portuario Nacional.
- En apoyo a la actividad pesquera y en estrecha colaboración con la Secretaría de Pesca, se invirtieron cerca de 12 mil millones de pesos, destacando los dragados de canales y dársenas de los puertos del Sauzal, B.C. y el Mezquital, Tamps. La terminación del muelle escamero de Mazatlán y la rehabilitación de muelles en Ciudad del Carmen, Campeche; San Blas, Nay., y Cruz de Huanacaxtle, Nay. Se construyeron las escolleras de Barra de Tordo, Tamps., se repararon los rompeolas de Puerto Morelos, Q.R. y se prolongó la escollera de San Felipe, Yuc.

Equipamiento Portuario.

Destaca la contratación para adquirir cuatro grúas de pórtico de muelle de alta eficiencia para manejo de contenedores, ocho grúas de marco sobre neumáticos, también para contenedores, destinadas a los puertos de Altamira, Veracruz, Manzanillo y Lázaro Cárdenas y el inicio de la construcción de un remolcador para el puerto de Veracruz, cuyo importe en conjunto suma la cantidad de 94 mil millones de pesos.

Movimiento de carga y productividad.

El Sistema Portuario Nacional operó durante 1990 un poco más de 28 millones de toneladas de carga no petrolera, lo que representó un incremento del 8% con respecto a 1989. Merece especial atención el dinamismo observado en las mercancías transportadas en contenedores cuyo rendimiento fue del 21%.

En materia de cruceros turísticos cerca de un millón doscientos sesenta y cuatro mil pasajeros, visitaron nuestro país en 1464 arribos de barcos.

En 1990 se incrementó la productividad portuaria; la concertación con los trabajadores portuarios y los usuarios, y el mejoramiento de la infraestructura y equipamiento, permitió que en el manejo de contenedores y graneles agrícolas se obtuviera un aumento del 18% y el 32%, respectivamente, con relación a lo observado en 1989, logrando así reducir sensiblemente los costos de estadía de las embarcaciones, lo que significó un ahorro de aproximadamente 15,000 millones de pesos en relación a 1989.

RESULTADOS EN 1991.

Infraestructura.

- Se puso en operación, en el mes de enero de 1991, el nuevo muelle para cruceros turísticos en Ensenada, para dar mejor servicio al importante flujo de esas embarcaciones provenientes de la costa Oeste de los Estados Unidos de América.

- En Baja California Sur, se inauguró en mayo de ese mismo año, el nuevo puerto comercial de Pichilingue, con lo que esta Entidad Federativa queda integrada a los modernos sistemas de transporte marítimo.
- En el mes de junio se puso en operación el nuevo puerto de Topolobampo. Con estas modernas instalaciones se da apoyo a las exportaciones agroindustriales; del norte de Sinaloa, sur de Sonora y el Estado de Chihuahua, al contar con una terminal marítima para el ferrocarril -- Chihuahua-Pacífico. enlazando el noroeste mexicano con la Cuenca del Pacífico.
- En Manzanillo, se concluyó el muelle de la nueva terminal especializada de alto rendimiento para contenedores, a fin de atender principalmente la zona industrial del occidente del país, los Estados del Bajío y Jalisco, y el tráfico resultante de nuestras relaciones comerciales con los países que integran la Cuenca del Pacífico.
- En el puerto de Iázaro Cárdenas, se realizaron trabajos para el encauzamiento del río Balsas, con objeto de dar protección a las instalaciones del puerto y a la zona industrial. Además, se concluyó la reconstrucción de la más importante terminal granelera portuaria del país, con una capacidad de almacenamiento de 80,000 toneladas y velocidad de operación de seiscientos toneladas por hora. Se continuó con la modernización de la terminal especializada de contenedores en este puerto, con el propósito de otorgar facilidades a la región central -- del país para fortalecer su comercio con los países de la Cuenca del Pacífico.
- En el puerto industrial de Altamira se terminó la construcción de la tercera posición de atraque en la terminal de usos múltiples. Con este muelle se beneficiarán principalmente a las industrias del noreste del país, localizadas en Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, entre otros Estados, en relación a su comercio con los países de Europa y el Este de América.
- En Tuxpan se continuó la prolongación de la escollera sur y el dragado del río, para pasar de una profundidad de 8 a 11 metros, lo que -- permitirá dar servicio a buques de gran porte, ofreciendo así mejores condiciones de operación al puerto.
- Para el puerto de Veracruz se prosiguió la importante rehabilitación de la infraestructura portuaria, tanto en la terminal de contenedores como en el resto de las instalaciones; con lo que se contará con un puerto eficiente para atender al comercio exterior con los países de la Cuenca del Atlántico.
- Se construyó el muelle de transbordadores en Progreso, lo que permitirá recibir embarcaciones de este tipo provenientes del sur de los Estados Unidos, propiciando movimientos turísticos y de contenedores hacia la Península de Yucatán. Asimismo, se encuentra en proceso de construcción la segunda posición de atraque para barcos de cruceros -- en Puerto Vallarta.

- Se realizaron trabajos de dragado por un total de 10.6 millones de metros cúbicos, además de distintas obras de dragado, en apoyo a la actividad pesquera.
- Se realizó la requisita para reestructurar y modernizar el puerto de Veracruz, que permitió eliminar prácticas de ineficiencia y corrupción que lo caracterizaron por décadas. A partir del primero de agosto de 1991, las maniobras se efectúan por tres empresas permisionarias, se eliminaron prácticas monopólicas y se favoreció la libre competencia. Fueron establecidos tabuladores equitativos con beneficios para los auténticos trabajadores, quienes reciben su pago en forma directa y personal. Se están mejorando en un rápido proceso los sistemas de operación y control, con lo que se ha erradicado la desaparición de mercancías, hecho que contribuyó al desprestigio del puerto.

Equipamiento Portuario.

Se ordenó la compra de ocho grandes grúas de pórtico de muelle, con su equipo complementario de patio, que serán entregadas en el curso de 1992; -- por lo que en ese año se dispondrá de cuatro puertos de alta eficiencia y niveles internacionales de servicio, dos en el Pacífico, Manzanillo y Lázaro Cárdenas, y dos en el Golfo de México, Altamira y Veracruz.

Para el puerto de Veracruz se construyó un nuevo remolcador marino; y se adquirieron y rehabilitaron diferentes equipos de maniobras en todos los puertos del sistema.

Movimiento de Carga y Productividad.

Los estímulos otorgados al movimiento de cabotaje, especialmente de grandes volúmenes y a grandes distancias, propiciaron un crecimiento del 10% con respecto a las cargas manejadas durante 1990, alcanzando 7.3 millones de toneladas.

Por lo que toca al fomento a las exportaciones, particularmente en el renglón de la carga general, su movimiento aumentó de 3.28 millones de toneladas a 3.63, que representa un crecimiento del 10.5%, también con respecto a 1990.

En el importante y creciente proceso de contenerización, que representa el sistema más avanzado para la transportación de productos de mayor valor agregado, se alcanzó un total de 346 mil contenedores, que significa un crecimiento de 6% respecto a 1990.

El movimiento de cruceros turísticos se incrementó en un 33% respecto a 1990. Un millón seiscientos treinta y un mil pasajeros visitaron nuestro país y se registraron 1,940 arribos de embarcaciones.

Durante 1991 se incrementó significativamente la productividad portuaria. En el manejo de contenedores en terminales especializadas y graneles agrícolas de forma semimecanizada, se obtuvieron aumentos del 100 y 50%, res

pectivamente, con relación a lo alcanzado en 1988, logrando así reducir sensiblemente los costos de estadía de las embarcaciones, lo que significó un ahorro de aproximadamente 50,000 millones de pesos con relación a 1988.

Inversión del Sector Privado.

En cuanto a la participación de inversionistas privados en el desarrollo de la infraestructura portuaria, se han otorgado concesiones para terminales especializadas de carga, muelles para cruceros y marinas turísticas, cuyos trabajos ya se iniciaron y representan una inversión cercana a 1.8 billones de pesos.

METAS 1992.

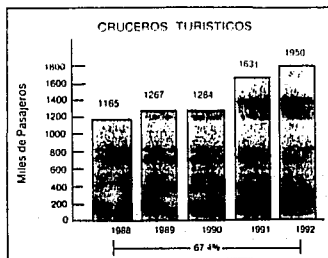
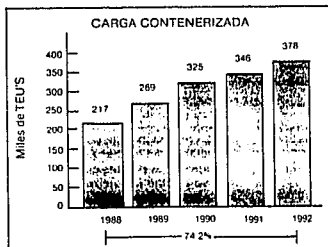
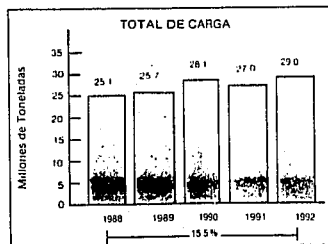
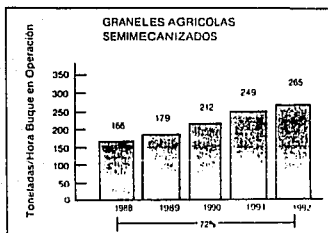
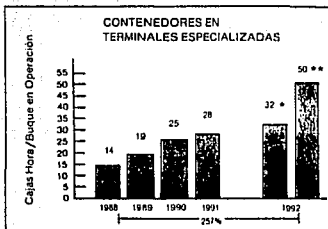
- Poner en operación las cuatro terminales especializadas de contenedores en los puertos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas en el Pacífico y Altamira y Veracruz en el Golfo de México.
- Poner en operación la tercera posición de atraque en Altamira y sus patios respectivos, la ampliación del área de patios en la terminal de contenedores de Veracruz, la segunda posición de atraque en Puerto Vallarta, el muelle de transbordadores de Progreso y la puesta en servicio de Tuxpan a 11 metros de profundidad.
- Impulsar el movimiento portuario en Pichilingue, Topolobampo y Progreso, como terminales de apoyo al desarrollo regional.
- Continuar atendiendo el mantenimiento diferido de la infraestructura, la renovación de los equipos portuarios y el mejoramiento de los servicios a los cruceros turísticos.
- Establecer el sistema de tarifa simplificada para eficientar el servicio y operar 24 horas, 365 días del año, en las maniobras de carga y descarga.

Movimiento Portuario. (Ver figura II-2).

El total de carga no petrolera que se prevé atender durante 1992 en los puertos nacionales será de más de 29 millones de toneladas, sin incluir yeso y sal, lo que representará un crecimiento del 15% respecto de 1988. Del volumen total, el 72% corresponderá al tráfico de altura y el 28% al de cabotaje.

Se estima que el movimiento de contenedores, tendrá un crecimiento muy dinámico, cercano al 74% respecto de 1988. Por otra parte, en el movimiento de cabotaje se espera alcanzar un crecimiento del 47% comparado con el que se observó en el año citado.

Se prevé que los cruceros turísticos que arriben a seis terminales del Pacífico y a la de Cozumel, transportarán en 1992 a casi dos millones de pasajeros y el número de arribos será alrededor de 2,400, para cuya atención se contará con mejores servicios.



* Promedio nacional.

** Terminal especializada de Lázaro Cárdenas, Manzanillo, Veracruz y Altamira.

FIGURA II.-2. MOVIMIENTO PORTUARIO NACIONAL

Inversión Pública.

A. Construcción y Mantenimiento de Infraestructura Portuarias.

Las principales acciones serán:

1.- Puesta en operación de la terminal de contenedores en el puerto - de Manzanillo, con la terminación del nuevo muelle de contenedores, de 250 metros, en este año.
Se concluirá la construcción del patio de almacenamiento de 6 hectáreas, el dragado a 12 metros de profundidad de operación, cobertizo para maquinaria, edificio de oficinas, ramal ferroviario y servicios complementarios.

2.- Rehabilitación del Puerto de Veracruz.

Durante 1992 se continuará con los trabajos iniciados en 1991, -- consistentes en:

- a) Rehabilitación de vías férreas para la terminal de graneles y en los muelles y patios de carga general, para incrementar la eficiencia del desalajo.
- b) Rehabilitación de bodegas para garantizar la protección de la carga almacenada.
- c) Instalaciones para energía eléctrica, alumbrado y pavimentación - en los patios de contenedores.
- d) Instalaciones para la puesta en operación de las grúas portacontenedores de muelle.
- e) Terminación del camino perimetral que une en uno sólo a los dos - recintos fiscales y la ampliación de 3 a 11 hectáreas del patio - de maniobras de contenedores.

3.- Puesta en operación de la tercera posición de atraque en el puerto de Altamira.

Se concluirán también las obras de pavimentación de 17 hectáreas adicionales de patios, dragado a 12 metros, en servicios de energía eléctrica, iluminación e instalaciones complementarias para la operación de las nuevas grúas.

4.- Puesta en operación de la planta granelera del puerto de Lázaro - Cárdenas.

Concluida la reconstrucción de esta planta, entrará en servicio, -- bajo régimen de concesión la terminal portuaria para manejo de -- graneles más grande el país ya que podrá almacenar 80,000 ton. y recibir barcos hasta de 65,000 ton.

5.- Puesta en operación de la segunda posición de atraque para cruceros en Puerto Vallarta y del nuevo muelle de transbordadores en Progreso.

6.- Dragado y reforzamiento del muelle en el puerto de Tuxpan.

Se concluirán las obras de dragado a 11 metros y las obras de reforzamiento del muelle fiscal, a fin de poder atender buques de gran porte.

7.- Rehabilitación, reconstrucción y modernización de instalaciones.

Por lo que se refiere a los trabajos de rehabilitación, reconstrucción y modernizaciones diversas en el resto de los puertos del sistema, quedan incluidos los puertos de Ensenada, Guaymas, San Carlos, Mazatlán, Acapulco, Salina Cruz, Puerto Madero, Tampico, Coatzacoalcos, Frontera, Puerto Morelos y Cozumel.

B. Equipamiento Portuario.

Se efectuarán principalmente las siguientes acciones:

- Finiquito de los contratos para la adquisición de ocho grandes grúas portacontenedores y dieciséis grúas de marco sobre neumáticos, para los puertos de Altamira, Veracruz, Manzanillo y Lázaro Cárdenas, -- que se entregarán el segundo semestre de 1992.

- Puesta en servicio de un nuevo remolcador marino en el puerto de Veracruz.

C. Dragado.

Se dragarán aproximadamente 8.8 millones de m³ para nuevas obras portuarias y para mantener las profundidades en los puertos comerciales, industriales, turísticos y pesqueros.

Se realizará dragado de construcción en:

Altamira: para la terminación de la tercera posición de atraque y ampliación del acceso a la dársena sur.

Tuxpan: Continuación de la profundización a 11 m. del canal entre escolleras e interior, muelle fiscal y dársena de ciaboga.

Manzanillo: Acceso a la nueva terminal especializada de contenedores, a 14 m. de profundidad.

Inversión Privada.

Para 1992 se estima podrían iniciarse 26 nuevas obras, cuya inversión ascenderá a 3.3 billones de pesos.

Ensenada.

Se iniciará la construcción de dos marinas turísticas asociadas con desarrollos inmobiliarios y turísticos (hoteles y condominios), que permitirán -- atraer los yates de recreo de la costa de California e impulsar las actividades turísticas mediante una inversión de aproximadamente 86 mil millones de pesos.

Asimismo, se realizarán las obras de la nueva terminal cementera, con el propósito de incorporarla con mayor eficiencia a los mercados internacionales de ese producto con una inversión estimada de 30 mil millones de pesos.

Adicionalmente se invertirán 14 mil millones de pesos en la construcción de un muelle para cruceros y terminal para pasajeros.

Se han iniciado trámites para el concesionamiento de una terminal especializada de carga refrigerada y de una para el manejo de contenedores.

San Felipe, Baja California.

Para impulsar el desarrollo turístico en este puerto, se iniciará la --- construcción de una marina asociada con desarrollo inmobiliario turístico y comercial. La inversión considerada para este proyecto asciende a 12 mil millones de pesos.

Guaymas.

Se concluirá la ampliación de la nueva terminal para el manejo de cemento y la construcción de una marina asociada con desarrollo turístico inmobiliario. La inversión estimada para estos proyectos es de 58,200 millones de pesos.

Topolobampo.

Se construye una terminal granelera de alto rendimiento y una terminal para el manejo de fertilizantes. El monto estimado de estos dos proyectos es de 56,200 millones de pesos.

Además, se iniciará la construcción de una terminal para el manejo de cemento con una inversión de 10 mil millones de pesos.

Mazatlán.

Se encuentra en trámite de concesión un muelle para cruceros con terminal de pasajeros en la que se estima una inversión mayor a los 10 mil millones de pesos.

Manzanillo.

Se reconstruirá y modernizará el antiguo muelle y bodega fiscal para terminal de cruceros y se construirán dos marinas asociadas a desarrollos inmobiliarios, comerciales y turísticos; lo que hará posible que los cruceros turís

ticos incorporen en su itinerario a este puerto y que las embarcaciones de recreo lo visiten. La inversión estimada para estos proyectos asciende a 43,500 millones de pesos.

Se iniciará la construcción de cinco terminales especializadas: tres para el manejo de productos refrigerados y de granel agrícola, una para cemento y otra para el manejo de fluidos. Para estos proyectos se estima una inversión total de 58 mil millones de pesos.

Ixtapa.

Se construye una de las más importantes marinas del país, cuyo proyecto contempla un amplio desarrollo hotelero y de condominios. La inversión total estimada es de 1.4 billones de pesos.

Zihuatanejo.

Para impulsar el desarrollo turístico se construyen una marina y club náutico, asociados a desarrollos inmobiliarios, turísticos y comerciales. La inversión prevista es de 23 mil millones de pesos. Adicionalmente, se iniciará la construcción de un muelle para cruceros con su respectiva terminal de pasajeros, con una inversión de 10 mil millones de pesos.

Acapulco.

Se construye una marina turística y club náutico para impulsar el desarrollo turístico en este puerto con una inversión de 7 mil millones de pesos.

Salina Cruz.

Se encuentra en proceso de trámite la concesión para modernizar una bodega para el manejo de cemento con una inversión estimada de 12 mil millones de pesos.

Puerto Madero.

Se invertirán 15 mil millones de pesos en la construcción de una terminal para el manejo de productos refrigerados cuya concesión se encuentra en trámite.

Altamira.

Se construyen cinco terminales: tres petroquímicas, una para el manejo de fertilizantes y una para la recepción de chatarra y exportación de productos terminados de acero. La inversión estimada para estos proyectos asciende a 1.2 billones de pesos.

En proceso de trámite se encuentra una terminal de granel, con una inversión que ascenderá a 13 mil millones de pesos.

Tuxpan.

Se ha solicitado concesión para la construcción de una nueva terminal para el manejo de granos, con una inversión de aproximadamente 16 mil millones de pesos.

Veracruz.

Se concluirá la ampliación de la terminal granelera de este puerto. La -

inversión en este proyecto será de 11 mil millones de pesos.

Coatzacoalcos.

Se solicitaron concesiones para la construcción de dos terminales especializadas, una para el manejo de fluidos, otra para el manejo de graneles y otros productos a través de ferrobarreras. La construcción de estos proyectos implicará una inversión de 20,700 millones de pesos.

Progreso.

Se iniciará la construcción de una terminal granelera de alto rendimiento, con una inversión estimada de 30 mil millones de pesos.

Adicionalmente se ha solicitado la concesión para construir una terminal para la exportación de cemento. El costo de este proyecto se estima también en 30 mil millones de pesos.

Cancun.

Se reconstruyó el muelle de los Aliscafos para la prestación de servicios náuticos, deportivos y turísticos y se iniciará la ampliación de las áreas de servicios y locales comerciales necesarios para la recepción de pasajeros de cruceros turísticos a través de tenders. La inversión total en este proyecto se estima en 12,600 millones de pesos.

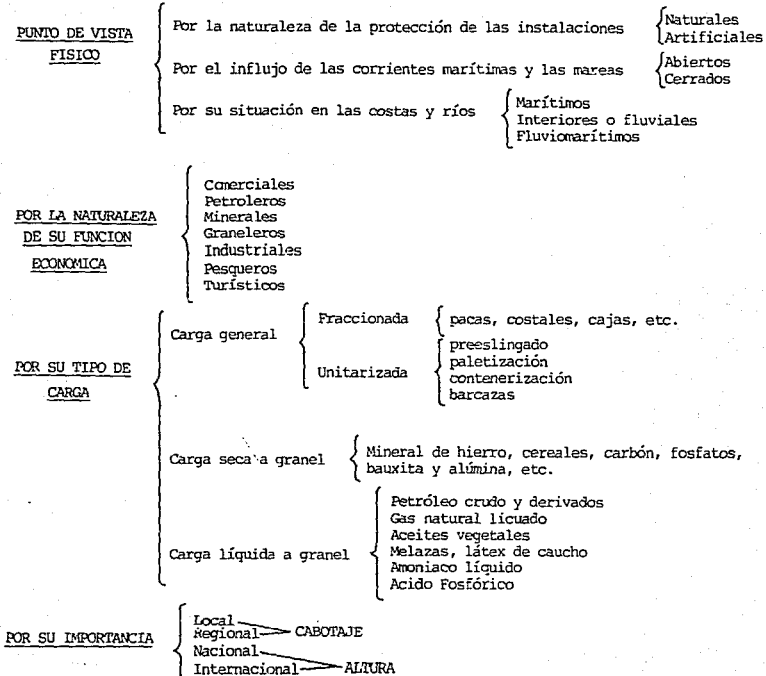
EL CONCEPTO DE PUERTO.

Un puerto es un conjunto de instalaciones, cada una con una función propia, localizado en un lugar adecuado de la costa, en la margen de un río o un lago; protegido de la acción de los elementos naturales, para proporcionar abrigo seguro a las embarcaciones, facilitar su atraque y así realizar la transferencia de las mercancías; con equipo adecuado; personal calificado y con instalaciones propias para la protección de los bienes. Al puerto concurren los modos de transporte terrestre que lo interconectan con su zona de influencia y al propio tiempo, ofrece la posibilidad de que en sus inmediaciones se establezcan industrias que transformen las materias primas, en productos de alta densidad económica, lo que, por el modo (aplicación de modernas tecnologías) y volumen (economías de escala), de su producción, se logran ahorros substanciales, que permiten lanzarlos a precios de competencia al mercado internacional, utilizando para ello todas las formas del transporte, especialmente el marítimo.

CRITERIOS DE CLASIFICACION DE PUERTOS.

Se ha establecido el concepto de puerto; y es a partir de este concepto que se pretenden esquematizar algunos criterios de clasificación de puertos que ayuden a entender las características propias que los definen. (Ver esquema II-1.)

ESQUEMA II-1.
CRITERIOS DE
CLASIFICACION
DE
PUERTOS



III. ESTUDIOS PARA SELECCION DE SITIO.

El esquema secuencial de actividades de la fase física del proyecto, -- permitirá investigar el o los lugares en los que sea factible construir un puerto, a menos que el sitio esté determinado por requerimientos específicos.

La mejor localización de un puerto debe obedecer desde el punto de vista físico, a factores tales como:

- a) Que el volumen a dragar sea mínimo.
- b) Que el lugar esté protegido de la acción del oleaje y de los vientos.
- c) Que las características del subsuelo sean tales que si es necesario dragar, los trabajos puedan realizarse con rapidez y economía, aprovechando el material para rellenar zonas bajas o pantanosas; con la circunstancia de que, si en el futuro es necesario profundizar las dársenas y canales, esto sea factible.
- d) Que la topografía del lugar permita la construcción del puerto con poco movimiento de tierras.
- e) Que el subsuelo tenga características tales que la cimentación de las estructuras no sea costosa.

La fase completa de los estudios físicos que es conveniente realizar, - se resumen en el esquema III-1, el cual corresponde al procedimiento general de desarrollo portuario.

A) Reconocimiento preliminar. Se realizará cuando el probable lugar donde se establecerá el puerto sea poco conocido y no exista información disponible; consistirá de un reconocimiento aéreo mediante el cual sea factible examinar la costa y apreciar la existencia de bajos, ríos, esteros, etc.

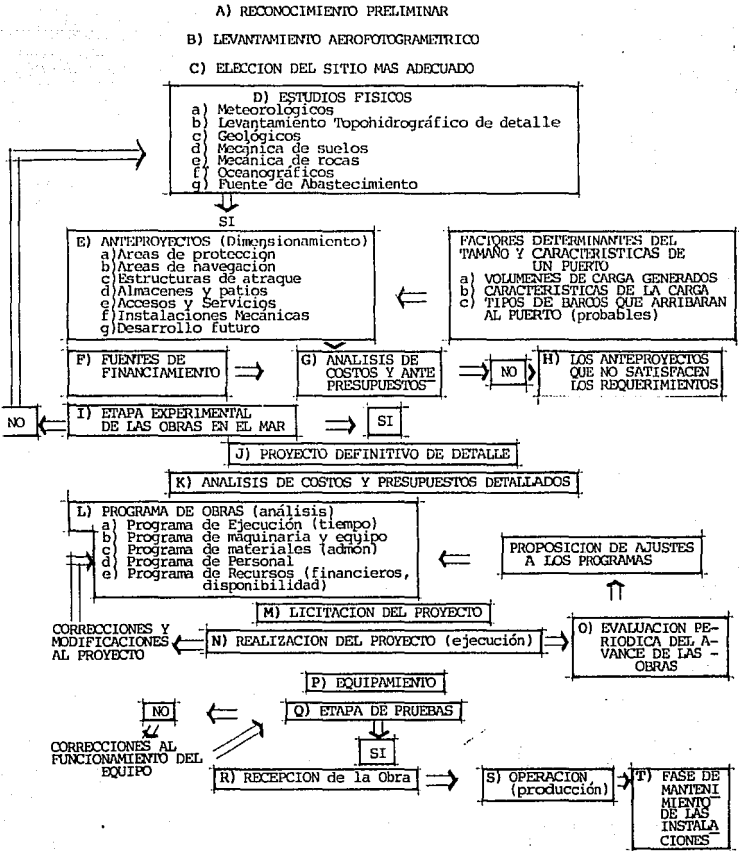
B) Levantamientos aerofotogramétricos. Tienen por objeto el conocer en una franja de tierra paralela al litoral y parte del Océano, los obstáculos y la facilidad desde el punto de vista físico, de construir el puerto en el área escogida.

C) Elección del sitio o los sitios que más satisfagan los requerimientos de carácter físico para construir un puerto. Deben considerarse: las características de la costa, la existencia de escollos y arrecifes, la existencia de playas tendidas y de fondos bajos, de cantiles en la costa, lagunas o esteros y ríos que desemboquen al mar en forma de delta o de estuario, etc. - Por otra parte deben tomarse en cuenta las características de los fondos en el mar y en las lagunas costeras existentes y tener presente las condiciones en que se tengan que realizar los trabajos de dragado, en caso de que sea necesario.

En resumen, el sitio o los sitios escogidos para establecer un puerto deben estar protegidos (de preferencia), de la acción del oleaje, considerar los posibles volúmenes de dragado (en el caso que deban realizarse) y buscarle el mejor aprovechamiento en el relleno de zonas pantanosas y bajas y, que las áreas de tierra para el establecimiento de las instalaciones portuarias sean lo suficientemente grandes para permitir su desarrollo sano en el futuro.

ESQUEMA III-1.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE DESARROLLO PORTUARIO



D) Estudios Físicos. Su realización se iniciará una vez que haya quedado definido el sitio, y con la experiencia que el equipo humano tenga, se fijarán los objetivos que se persiguen con éstos. En cierto modo, la magnitud del puerto determinará la existencia y profundidad con que deban realizarse los estudios físicos.

a) El primer paso es investigar en el gabinete la existencia de información meteorológica que permita conocer sobre los vientos que se dan en la localidad; las temperaturas y el régimen de lluvias, con lo cual será posible programar (en tiempo), la realización de los estudios en el campo, profundidad, costo, necesidad de equipo y personal para realizar el trabajo.

b) Levantamiento topográfico de detalle. Son los estudios que permitirán conocer los accidentes del terreno con todo el detalle que sea necesario, no solo de las áreas de tierra (topografía), también de las áreas acuáticas (batimetría), referidas a un nivel previamente establecido y al sistema de coordenadas terrestres.

La secuela para realizar los estudios topohidrográficos es la que se muestra en el esquema III-2.

c) Estudios geológicos, se realizan en el área en estudio con el fin de detectar las fallas geológicas que pudieran existir y que de alguna manera pudieran influir en las estructuras componentes del puerto.

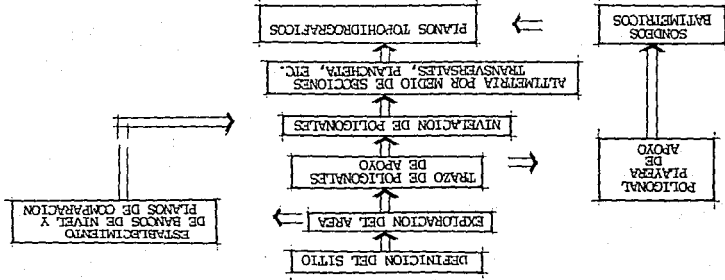
d) Estudios de mecánica de suelos, con dos objetivos:

i) Fines estructurales, para conocer el subsuelo y determinar sus características físicas y el comportamiento mecánico de las capas subyacentes, y así poder proponer los tipos de cimentación y de estructuración más adecuados.

ii) Fines de dragado, para conocer los espesores de las capas del suelo, su compactidad, sus características morfológicas y todos los datos de tipo mecánico que indiquen el tipo de draga y cortadora que deba emplearse para realizar los trabajos de profundización de las áreas de navegación, en caso de que sea necesario.

e) Estudios de Mecánica de Rocas, se hacen con el fin de conocer las características de los bancos que pudieran proporcionar el material que será usado en los rompeolas y en las obras de protección playera como lo es, la densidad de las rocas, sanidad, planos de fractura, porcentajes de tamaños, etc.

f) Estudios de Oceanografía Física. Serán realizados para tener el conocimiento lo más cercano posible a la realidad, de las condiciones que prevalecen en el área. Se harán investigaciones sobre los vientos y su influencia en las estructuras que le darán protección al puerto así como la que tenga sobre las costas. El conocimiento del oleaje permitirá prever el comportamiento de las estructuras bajo su influjo. Se estudiarán asimismo las mareas y todos aquellos fenómenos que tengan alguna influencia en las estructuras portuarias



ESQUEMA III-2.

E) Anteproyectos. Con base en los estudios físicos y considerando que es factible construir un puerto, se procederá a su dimensionamiento. Para ello se tomarán en cuenta los factores que determinarán su tamaño y sus características, como lo son los volúmenes de carga estimados, las características de ésta, los tipos probables de barcos que arribarán al puerto, y otras, de menor importancia.

a) Diseño de las obras de protección con base en los estudios de oleaje.

b) Determinación de la profundidad de las áreas de navegación, se dará en base a la experiencia previa que se tenga para casos similares. Las profundidades a dar y la amplitud de las áreas de navegación en mucho dependerán de los volúmenes y características de las mercancías, quienes a su vez definirán las características de las embarcaciones más probables que arribarán al puerto. Las áreas de navegación no tendrán una profundidad uniforme - debido a que las embarcaciones se harán uso del puerto no tendrán las mismas características; así, si los buques son petroleros o graneleros los calados serán mayores que si los barcos son pesqueros, incluso las profundidades que requieren éstos, serán diferentes según el tipo de embarcación, bien que ésta sea para pesca costera, como lo son las camaroneras (3 a 4 m.), o para pesca de altura como las atuneras (6 a 8 m.).

c) Estructuras de atraque. Es importante definir las características geométricas de las estructuras de atraque por la importancia que tienen en el comportamiento del oleaje de una dársena. Sus características estructurales y geométricas, estarán en función del tipo de las embarcaciones que harán uso del puerto.

d) El diseño de los almacenes se hace a partir del servicio que van a prestar, los volúmenes de carga a mover y las condiciones meteorológicas locales, básicamente de los resultados que arrojen los estudios de vientos y el régimen de lluvias.

e) Accesos. Ligarán al puerto con las carreteras y las troncales del ferrocarril que lo comunican con su zona de influencia.

f) Los servicios, responden a las necesidades que se tienen en un puerto y son el agua, energía eléctrica, combustible, sistema contra incendio, etc.

g) Instalaciones mecanizadas. Las áreas que se requieren para la construcción y expansión futura de este tipo de instalaciones deberán preverse tomando como base los volúmenes actuales y futuros, y así como su capacidad para cargar y descargar los buques. Se considerarán en el anteproyecto en forma indicativa.

h) Desarrollo futuro. Son las áreas para la expansión del puerto, tanto en lo que se refiere a la navegación como a las de manejo de cargas y las que se destinen a la construcción de instalaciones de todos tipos en el futuro.

F) Fuentes de financiamiento. Se definirá qué parte del proyecto se realizará con financiamiento interno y cual con crédito externo; fijando montos, condiciones del crédito, forma de amortización, etc., en ambos casos.

G) Análisis de costos y ante-presupuestos, se hacen con el fin de tener una idea del costo global del proyecto y saber si desde este punto de vista es factible su realización. Se analizarán a nivel de subsistemas, o sea, de las partes componentes del proyecto global, que aquí se consideran como partes de éste (rompeolas, muelles, bodegas, dragados y rellenos, etc.), presupuestos que al integrarse determinarán el costo global.

H) Los anteproyectos que no satisfagan los requerimientos se desechan.

I) Etapa experimental de las obras que tienen contacto con el mar. Se experimenta en modelo reducido el anteproyecto llevado a escala, principalmente las obras de protección, de navegación y de atraque, para conocer:

- Las nuevas condiciones creadas por las obras de protección en lo que se refiere a los procesos litorales.

- El modo como se afecta el fondo submarino de la zona protegida y la aparición de zonas de erosión, por la interrupción de los procesos litorales.

La experimentación se hace con modelos reducidos de fondo fijo y de fondo móvil.

Cuando el modelo reducido indica la presencia de fenómenos no deseables en el área de estudio, es necesario replantear el problema, aunque sólo sea de las obras marcadas en los sub-incisos a, b y c del inciso D, correspondiente a Estudios Físicos.

J) El proyecto definitivo de detalle, se realiza cuando los estudios experimentales han sido satisfactorios y se tiene el conocimiento general de las características físicas, tanto de las estructuras que de alguna manera influyen o se ven influidas por el mar, como de las estructuras de tierra -- (bodegas, cobertizos, patios de almacenamiento, pavimentos, etc.).

K) Análisis de costos y presupuesto detallado, se hace considerando el máximo de factores para tener el costo más cierto del sistema (proyecto general), a partir de los presupuestos por obras (sub-sistemas).

L) Programa General de Obras. Surge como resultado de la consideración de la totalidad de rutas críticas de los sub-sistemas. La ruta crítica de los sub-sistemas se hace a nivel de concepto como sigue:

a) Programa de ejecución de obras (ruta crítica), del cual se deriva.

b) Programa de suministro de materiales en función del programa de ejecución, fijando fechas de suministro.

c) Programa de maquinaria y equipo, en el que se precisan fechas para las cuales debe disponerse de tal o cual equipo para realizar la obra.

d) Programa de personal, está en función de los programas arriba expuestos y se hace para tener en el momento adecuado el personal necesario -- más idóneo.

e) Programa de recursos financieros, en el cual se fijan las fechas para disponer del capital necesario para llevar a cabo los programas señalados en los incisos precedentes.

Existen factores ajenos al proyecto que pueden hacer que éste se interrumpa. Dichos factores pueden ser exógenos (si provienen del exterior), como lo puede ser la suspensión de créditos, las devaluaciones, los cambios en la política de ayuda externa del gobierno de donde provienen los créditos; o endógenos (si son de carácter interno), como pudieran ser los cambios de gobierno, la devaluación de la moneda, los cambios de la política interna, etc.

M) Licitación del Proyecto. Se hace entre las empresas constructoras -- del país que garanticen con la capacidad técnica de su personal y el equipo necesario y suficiente, la realización de la obra, con el máximo de economía en su costo.

N) Realización del proyecto, (ejecución). Es la construcción de cada -- una de las obras componentes del proyecto general, de acuerdo como lo marca el programa de ejecución, esto es, la ruta crítica general del sistema (el -- proyecto), en forma particular.

O) El control del proyecto. Debe realizarse periódicamente a nivel de -- sistema y de subsistema, valorando el avance de cada obra mediante una comparación entre lo programado y lo realizado, de modo que cualquier desajuste -- en el programa sea detectado y el esquema retroalimentado en sus cinco programas (inciso L).

P) Equipamiento, es la instalación de los equipos mecánicos que permitirán la operación eficiente de cada uno de los componentes del puerto. Por -- ejemplo: una grúa para el manejo de contenedores; mecanización de una bodega para el manejo de granos; equipo de bombeo para la carga rápida de fluidos -- en los buques tanque, etc.

Q) Etapa de pruebas del sistema y los subsistemas. Concluida la ejecución del proyecto en la fase de la obra civil y equipadas las instalaciones, se presenta la etapa de pruebas. Si éstos satisfacen los requerimientos -- impuestos para su eficiente operación, se procede a hacer la entrega a quienes deban responsabilizarse de su operación; en caso contrario se le harán al -- proyecto correcciones y modificaciones necesarias volviendo a la etapa de -- pruebas, para comprobar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

R) Recepción de la(s) obra(s). Se hará mediante actas administrativas -- donde se especifiquen las condiciones bajo las cuales se hace la entrega de cada uno de los subsistemas, así como de los planos de construcción y de operación, fijándose en su caso las contraprestaciones que se deberán cubrir en el supuesto de que el organismo operativo sea distinto del constructor.

S) La operación del sistema en general y de los subsistemas en particular, serán objeto de estudio amplio y detenido y una de las metas a alcanzar será tener la máxima eficiencia de todas y cada una de sus partes.

Es en esta etapa donde se detectan los estrangulamientos en el manejo de las mercancías bien por inoperancia de la obra civil y del equipo instalado o por falta de otro que lo complementa, es entonces cuando deben hacerse nuevos planteamientos (de obra civil o equipamiento) para que el sistema total sea más productivo.

III-A. OLEAJE.

GENERALIDADES.

La erosión playera y costera consiste en la socavación del litoral debido a la acción de la energía sobre el material costero. La energía cinética actúa sobre la playa en forma de viento, el cual afecta directamente a los materiales de la costa. Sin embargo la forma principal de acción de la energía del viento sobre la playa es mediante la generación del oleaje. Solo una pequeña porción, de la energía total del viento actuante sobre una gran superficie de agua es capaz de alcanzar la costa. Ocasionalmente el oleaje es también generado por otras fuentes de energía, tales como los sismos.

CLASIFICACION.

El oleaje es producido por la acción del viento sobre la superficie libre del agua. Este viento provoca que se formen en el mar (en este caso) unas pequeñas ondulaciones llamadas "rides". Si aumenta la intensidad del viento, se acentúa la deformación en el mar, dando origen a ondulaciones de aspecto desordenado, siendo imposible distinguir la dirección de propagación, produciéndose una agitación en tres dimensiones. Ahora bien, si el viento si que soplando, se forma la ola y avanza en la dirección que sopla el viento, produciendo una agitación en dos dimensiones.

La propagación de las olas, se debe a la energía cedida por el viento, que les permite seguir desplazándose hasta llega a la playa, donde al romper la ola libera la energía que traía consigo.

Los registros del oleaje hechos en un punto fijo, muestran que la ola no se presenta en forma regular y continua, sino que se presenta en trenes de ondas más o menos regulares, las cuales contienen olas de alturas, longitud y periodos distintos, lo cual difiere de la teoría, la cual supone una ola armónica simple.

Esta contradicción se ha logrado salvar gracias a la estadística, la cual hace posible encontrar la ola significativa que representa al oleaje estudiado.

El oleaje, atendiendo a sus diferentes periodos se puede clasificar de la siguiente manera:

1) Ondas capilares.- Son aquellas ondas en donde el período es inferior a 1/10 de segundo. En este tipo de ondas las fuerzas capilares de tensión superficial son predominantes y son provocadas por el viento. La velocidad de propagación de estas ondas es aproximadamente de 20 cm/seg., teniendo una longitud de onda de algunos centímetros.

2) Olas ordinarias.- El período oscila de 1 a 20 segundos; normalmente van acompañadas de trenes de onda de diversos períodos, teniendo una amplitud muy pequeña. Cuando estas ondas aumentan su velocidad de propagación, pueden servir como anuncio de tempestades, siendo muy útil su estudio para la predicción del oleaje.

3) Olas de largo período.- Son olas de pequeña amplitud pero de largo período, llegando incluso a ser de varios minutos. Se forma por una oscilación debida al rompimiento de la ola y se conoce con el nombre de "seiches", resacas o resonancia.

4) Olas de más largo período.- Este tipo de olas se deben principalmente a un movimiento sísmico y su período varía entre 15 y 60 minutos, su amplitud es considerable dejando sentir su efecto a miles de kilómetros del epicentro del sismo. Este tipo de olas es más conocido por el nombre dado por los Japoneses, "tsunami".

5) Mareas ordinarias.- Esta clase de ondas es debida a la atracción que ejercen la luna y el sol sobre la tierra, y su duración está íntimamente ligada a la rotación de la misma.

Existe otra clasificación del oleaje en función de las fuerzas que lo provocan y su período (según Munk). Esta clasificación se explica en la figura III-1.

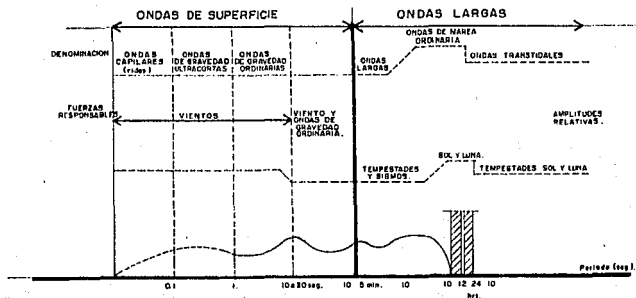


FIGURA III-1. CLASIFICACION SEGUN MUNK

Clasificación del oleaje en función de las fuerzas que lo provocan y su período:

1) Ondas de superficie.- En este tipo de ondas no debidas a la acción - que el viento ejerce sobre ellas, pero el efecto de la gravedad influye notablemente, puesto que el efecto del movimiento ondular desaparece a profundidades relativamente pequeñas. La aceleración y velocidad vertical no es despreciable en éste caso, y la presión en un punto no depende nada más de la presión hidrostática, sino que depende también del movimiento vertical de -- las moléculas del agua.

Las ondas de superficie las subdivide Munk en:

- a) Ondas capilares (rides).- Son aquellas que forma el viento; son ondas muy pequeñas y de gran frecuencia. Estas ondas son debidas a la tensión superficial existente entre el agua y el viento, como se explica en la fig. III-1 tienen un período $t < 0.10$ seg.
- b) Ondas de gravedad ultracortas.- Son producidas por el viento y el efecto de pesantez producido por la fuerza de gravedad, tiene un período de 1 seg. $> T > 0.10$ seg., y se le denomina también oleaje corto.
- c) Ondas de gravedad ordinarias.- Son ondas de similares características a la anterior, con una variación en su período pues éste es de 30 seg. $< T < 1$ seg.
- d) Ondas de gravedad larga.- Estas se presentan cuando la acción del viento y la gravedad hacen variar al período de las ondas de gravedad ordinario, hacia un período que oscila entre 30 seg. $< T < 5$ min.

Para Munk, la frontera que divide las ondas de superficie de las ondas largas, es el equivalente a ondas con período de 5 minutos, es decir, -- que una onda cuyo período es menor de 5 minutos es considerada como una onda de superficie, y las fuerzas que causan estos efectos son tanto el viento como la gravedad.

2) Ondas largas.- En este tipo de ondas las velocidades de las moléculas de agua son despreciables, es decir, que la presión que actúa en un punto, es la presión hidrostática, debido al peso de la columna de agua situada sobre ese punto. En ese tipo de ondas, la fuerza de gravedad es despreciable y solamente se toma en cuenta la fuerza de atracción de los astros. Munk divide las ondas largas en:

- a) Ondas largas.- Son aquellas ondas producidas por tempestades y -- sismos, teniendo un período que varía entre 5 minutos y 3 horas.
- b) Ondas de marea ordinaria.- Son producidas por la fuerza de atracción que ejerce la luna y el sol sobre la tierra, provocando esto una variación en el período de 12 a 24 horas.
- c) Ondas de marea (transtidales).- Son ondas cuyo período es mayor -- de 24 horas. Estas ondas son producidas por la combinación de las fuerzas de atracción de los astros y de las tempestades.

Con la finalidad de describir el oleaje, se ha idealizado la siguiente onda:

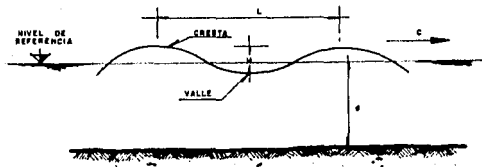


FIGURA III-2. ONDA DE OLEAJE IDEALIZADA

La altura de ola H se define como la distancia vertical entre la cresta y el valle o seno de una ola determinada; por su parte la longitud L es la distancia horizontal medida entre dos crestas o valles consecutivos. Otra característica importante de la onda de oleaje está dada por su período T , el cual se define como: el tiempo que tardan en pasar por un punto fijo dos crestas o dos valles consecutivos; la celeridad C de la onda, es la velocidad con la cual se desplaza la ola, es decir $C=L/T$.

Para definir las características del perfil de una ola, se utiliza la llamada relación de esbeltez $F=H/L$; por su parte, la frecuencia del oleaje queda determinada por el inverso del período: $\omega=1/T$.

GENERACION.

Considérese una superficie líquida en reposo, sobre la cual en un instante dado empieza a soplar un viento de régimen turbulento con velocidad media \bar{u} . Debido a que el régimen es turbulento, la velocidad $\bar{u}(z)$ sobre una vertical variará en módulo y dirección, originando sobre la velocidad media velocidades de fluctuación (u', v', w'), que son aleatorias y cuyo promedio a lo largo del tiempo es cero.

Las velocidades de fluctuación darán origen sobre la superficie líquida a fluctuaciones de tensión (presión y esfuerzo cortantes), que provocarán ondas circulares que se propagan radialmente desde el punto de generación.

Los remolinos de turbulencia serán transportados por el viento medio \bar{u} , correspondiente a una altura (z) dentro de la capa límite, dependiendo su tamaño de esa altura. Como consecuencia, la distribución de velocidades de fluctuación y, por lo tanto la de fluctuaciones de tensión, comprenderá una

amplia gama de frecuencias ($W=2\pi/T$) y de números de onda ($\mu=2\pi/L$).

Siendo los remolinos de turbulencia transportados por el viento medio \bar{u} (2), siempre que esta coincida con la celeridad de la onda al igual que en los períodos, se producirá una resonancia y como consecuencia la energía de la onda crecerá.

A la zona en donde está actuando el viento se le denomina FETCH (figura III-3); si se considera el fetch dividido en una serie de celdas, en cada una de las cuales actúa el viento, se generarán ondas elementales cuya altura, frecuencia, fase y dirección serán aleatorias e independientes y cuya interferencia dará lugar a una disposición caótica de la superficie líquida, conocida como "mar de viento" u "oleaje local" o bien empleando la palabra inglesa universalmente aceptada "Sea".

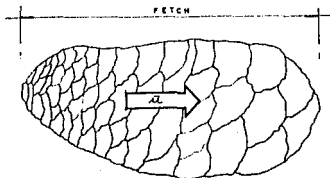


FIGURA III-3. ZONA DE GENERACION OLEAJE LOCAL

Para este estado del mar la superficie líquida es sumamente complicada, formada por una serie de protuberancias que nacen y desaparecen continuamente. Los registros de niveles del mar muestran la más variada gama de períodos y amplitudes, sucediéndose sin orden aparente olas grandes y pequeñas -- (ver figura III-4).

La disposición descrita se simplifica al aumentar la "edad" del oleaje y fundamentalmente al abandonar éste su zona de generación. Esto se debe a dos fenómenos denominados "soldadura" y "filtrado" de las ondas componentes.

Las observaciones en la naturaleza y en experimentos de laboratorio, demuestran que las ondas de períodos cercanos se sueldan en largas crestas de onda cuya longitud depende del ángulo $(\theta_1 - \theta_2)$ su incidencia de las ondas i, j .

Este fenómeno de soldadura va simplificando paulatinamente al oleaje local, tendiendo a concentrar la energía en bandas. Por tal motivo los espectros de energía del oleaje de cierta edad, presentan siempre concentraciones de energía para ciertos períodos (ver figura III-4).

amplia gama de frecuencias ($W=2 \pi/T$) y de números de onda ($\mu=2 \pi/L$).

Siendo los remolinos de turbulencia transportados por el viento medio \bar{u} (Z), siempre que esta coincida con la celeridad de la onda al igual que en los períodos, se producirá una resonancia y como consecuencia la energía de la onda crecerá.

A la zona en donde está actuando el viento se le denomina FETCH (figura III-3); si se considera el fetch dividido en una serie de celdas, en cada una de las cuales actúa el viento, se generarán ondas elementales cuya altura, frecuencia, fase y dirección serán aleatorias e independientes y cuya interferencia dará lugar a una disposición caótica de la superficie líquida, conocida como "mar de viento" u "oleaje local" o bien empleando la palabra inglesa universalmente aceptada "Sea".

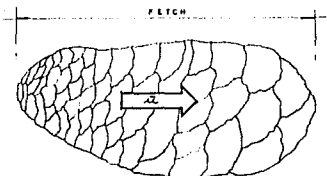


FIGURA III-3. ZONA DE GENERACION OLEAJE LOCAL

Para este estado del mar la superficie líquida es sumamente complicada, formada por una serie de protuberancias que nacen y desaparecen continuamente. Los registros de niveles del mar muestran la más variada gama de períodos y amplitudes, sucediéndose sin orden aparente olas grandes y pequeñas -- (ver figura III-4).

La disposición descrita se simplifica al aumentar la "edad" del oleaje y fundamentalmente al abandonar éste su zona de generación. Esto se debe a dos fenómenos denominados "soldadura" y "filtrado" de las ondas componentes.

Las observaciones en la naturaleza y en experimentos de laboratorio, demuestran que las ondas de períodos cercanos se sueldan en largas crestas de onda cuya longitud depende del ángulo $(\theta_i - \theta_j)$ su incidencia de las ondas i, j .

Este fenómeno de soldadura va simplificando paulatinamente al oleaje local, tendiendo a concentrar la energía en bandas. Por tal motivo los espectros de energía del oleaje de cierta edad, presentan siempre concentraciones de energía para ciertos períodos (ver figura III-4).

Las ondas de mayor período, concentrada su energía por el fenómeno de soldadura sobre una banda muy estrecha de ellos, se adelantan al grueso del temporal. Por el contrario las ondas de corto período se retrasan cada vez más del temporal.

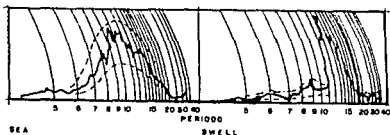


FIGURA III-4. ESPECTROS DE ENERGIA OLAJE LOCAL Y DISTANTE.

El grueso del oleaje, simplificado por los fenómenos de soldadura y filtrado, recibe el nombre de "oleaje de fondo" u "oleaje distante" y en inglés "Swell". Se presenta normalmente en grupos de olas, constituidos por algunas olas (de dos a cuatro) de gran altura relativa, seguidas de otras más pequeñas. El período de estas olas es variable de acuerdo a la longitud del fetch, la velocidad del viento y su duración o persistencia.

El oleaje distante o Swell se hace muy acusado sobre las plataformas costeras, especialmente en profundidades reducidas en donde el efecto de refracción (que veremos más adelante) obliga a las ondas al mecanismo de soldadura.

A pesar de su mayor simplicidad, tampoco el oleaje distante se puede describir por su función analítica, ya que la ritmicidad de los grupos no implica que al cabo de un tiempo se reproduzca otro igual.

TEORIA DEL OLAJE.

Teorías existentes.

Se ha analizado hasta ahora el oleaje atendiendo a su período y a las fuerzas que lo producen; para el estudio teórico del oleaje es necesario determinar los efectos que lo producen como son: la diferencia de profundidades, diferencia de presiones, diferencia de viscosidad, diferencia de velocidades, etc.

También se ha visto que el oleaje se caracteriza por ser irregular y aleatorio, además de desarrollarse prácticamente en tres dimensiones; por ello su descripción matemática presenta ciertas dificultades. Sin embargo, - embargo se han desarrollado varias teorías para analizar matemáticamente el fenómeno, mismas que han ido evolucionando desde que hicieron su aparición - (ver tabla III-1).

La teoría más clásica, desarrollada por Airy en 1845, se denomina "teoría lineal de pequeña amplitud", siendo su importancia notable debido a que se ajusta bastante bien al comportamiento real de las olas cuando se encuentran en profundidades infinitas, siendo, además, de fácil aplicación.

En 1802 Gerstner desarrolló la "teoría trocoidal" que fué la primera en considerar ondas de amplitud finita; para describir el perfil de la onda se considera adecuada, dejando mucho que desear en cuanto al movimiento orbital de las partículas. Por su parte Stokes en 1880 estableció una teoría, también de amplitud finita, la cual en sus aproximaciones de 3° y 4° orden describe adecuadamente el oleaje en mar profundo.

Todas las teorías mencionadas no presentan validez cuando se trata de profundidades reducidas ya que no consideran la influencia del fondo del océano sobre el perfil de las ondas. La teoría de Korteweg o cnoidal merece especial mención en este sentido ya que es la que mejor define el funcionamiento ondulatorio en profundidades someras, aunque su principal obstáculo - lo representa la dificultad práctica para su aplicación.

La teoría cnoidal tiene su límite de aplicación cuando se acerca la rotura del oleaje, en cuyo caso la teoría de la onda solitaria ofrece una buena aproximación y su manejo es relativamente sencillo.

En función del movimiento de las partículas líquidas las teorías se pueden agrupar en tres grupos (figura III-5):

- a) **Oscilatorias:** La partícula líquida describe órbitas cerradas (por ejemplo trocoidal).
- b) **Quasi-oscilatorias:** órbitas no cerradas con ligero movimiento neto - en algún sentido o con pequeños desplazamientos de masa (por ejemplo teoría cnoidal).
- c) **De traslación:** Si el movimiento orbital es una traslación con transporte de masa; fenómeno típico de una ola en rotura (teoría de la onda solitaria).

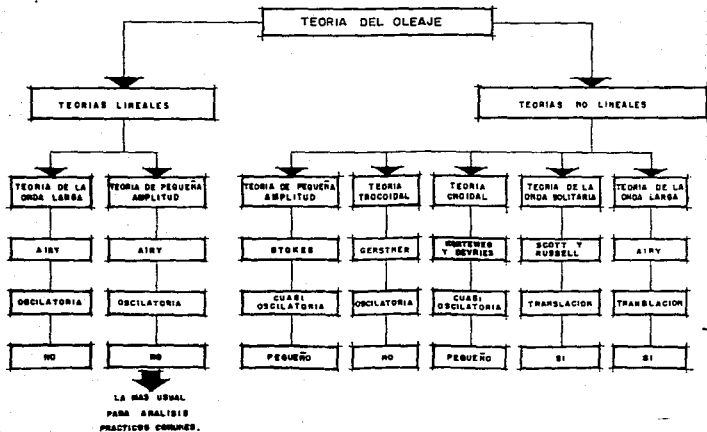


TABLA III-1. TEORIAS DEL OLEAJE.

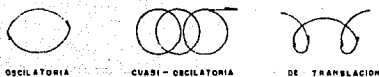


FIGURA III-5. MOVIMIENTO DE LAS PARTICULAS LIQUIDAS

Las teorías también pueden caracterizarse en base a los perfiles que describen las ondas en cada una de ellas; en la figura III-6 se presentan algunos ejemplos:

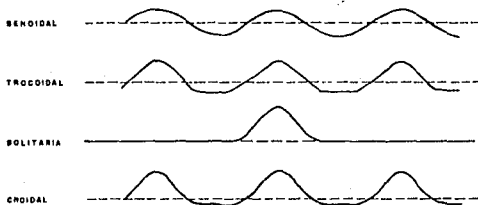


FIGURA III-6. PERFILES DE DIVERSOS TIPOS DE ONDA

Teoría Lineal de Pequeña Amplitud (o de Airy).

Como se mencionó, la teoría de Airy es la que mayor aplicación tiene en los casos prácticos comunes. Las hipótesis de partida de esta teoría son las siguientes:

- a) el fluido es homogéneo e incompresible; por lo tanto la densidad es constante.
- b) se desprecia la tensión superficial ($k=0$).
- c) se desprecia el efecto de Coriolis ($F_c=0$).

- d) la presión en la superficie libre es uniforme y constante ($P = \text{cte.}$).
- e) el fluido es ideal; es decir se desprecia la viscosidad ($\nu = 0$).
- f) la onda considerada no está relacionada con ningún otro tipo de movimiento del agua.
- g) el fondo horizontal, fijo e impermeable; la velocidad vertical en el fondo vale cero ($w = 0$).
- h) la amplitud de la onda es pequeña en relación a la profundidad y su forma invariable en el tiempo y espacio ($H \ll d$; $H = \text{cte.}$).
- i) las ondas son bidimensionales (X, Z).

En las figuras 111-7, 111-8 y 111-9 se presentan las diversas variables utilizadas para describir las características de una onda y en la tabla 111-2 las fórmulas empleadas para su cálculo en base a la teoría de pequeña amplitud.

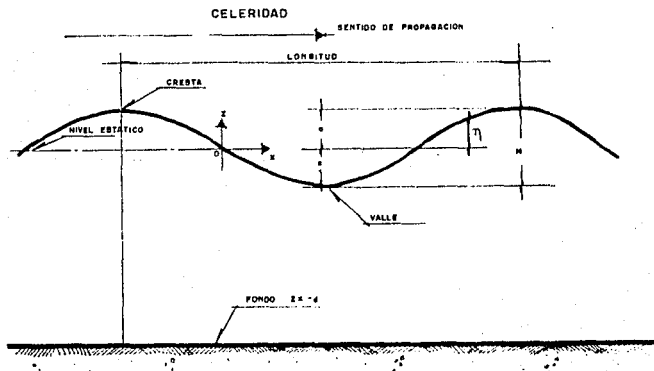


FIGURA 111-7. ONDA SENOIDAL PROGRESIVA

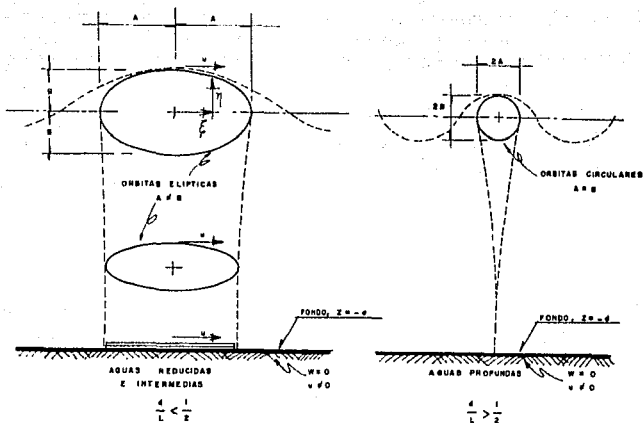


FIGURA III-8. DESPLAZAMIENTOS DE LAS PARTICULAS DE AGUA, AGUAS PROFUNDAS INTERMEDIAS Y BAJAS

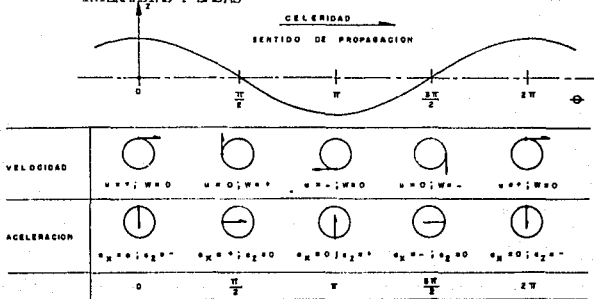


FIGURA III-9. ESQUEMA LOCAL DE VELOCIDADES Y ACCELERACIONES

TABLA III-2. RESUMEN DE FORMULAS DE LA TEORIA DE OLAS PROGRESIVAS (Pequeña Amplitud)

PROFUNDIDAD RELATIVA	AGUAS BAJAS $\frac{d}{L_0} < \frac{1}{25}$	AGUAS INTERMEDIAS $\frac{1}{25} < \frac{d}{L_0} < \frac{1}{2}$	AGUAS PROFUNDAS $\frac{d}{L_0} > \frac{1}{2}$
1.- PERFIL DE LA OLA	La misma que \longrightarrow	$y = \frac{H}{2} \cos 2\pi \left[\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] = \frac{H}{2} \cos \theta$	\longrightarrow La misma que
2.- Celeridad DE LA OLA	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \operatorname{tg} h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$C = C_0 + \frac{L}{T} + \frac{gT^2}{8} + 1.56 T$
3.- LONGITUD DE LA OLA	$L = CT = T \sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{tg} h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$L = L_0 + C_0 T + \frac{gT^3}{2\pi} + 1.56 T^2$
4.- VELOCIDAD DE GRUPO	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\cos h(2\pi d/L)} \right] C$	$C_g = \frac{1}{2} C_0 + \frac{gT}{4\pi}$
5.- VELOCIDAD DE LAS PARTICULAS DE AGUA	$u = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{g}{d}} \cos \theta$	$u = \frac{H g T}{2 L} \frac{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \cos \theta}{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)}$	$u = \frac{H}{L} e^{-2\pi y/L} \cos \theta$
a) Horizontal	$u = \frac{H}{L} \left(1 + \frac{y}{d} \right) \sin \theta$	$u = \frac{H g T}{2 L} \frac{\sin h \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \sin \theta}{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)}$	$u = \frac{2\pi y}{L} e^{-2\pi y/L} \sin \theta$
b) Vertical			
6.- DEPLAZAMIENTO DE LAS PARTICULAS DE AGUA	$s_x = \frac{H}{L} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$s_x = \frac{H g T}{L} \frac{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \sin \theta}{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)}$	$s_x = 2H \left(\frac{y}{L} \right) e^{-2\pi y/L} \sin \theta$
a) Horizontal	$s_y = -2H \left(\frac{y}{L} \right) \left(1 + \frac{y}{d} \right) \cos \theta$	$s_y = -\frac{H g T}{L} \frac{\sin h \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \cos \theta}{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)}$	$s_y = 2H \left(\frac{y}{L} \right) e^{-2\pi y/L} \cos \theta$
b) Vertical			
7.- DESPLAZAMIENTO DE LAS PARTICULAS DE AGUA	$\xi = -\frac{H T}{4\pi} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H \cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \sin \theta}{2 \sin h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)}$	$\xi = -\frac{H}{2} e^{-2\pi y/L} \sin \theta$
a) Horizontal	$\delta = \frac{H}{8} \left(1 + \frac{y}{d} \right) \cos \theta$	$\delta = \frac{H}{8} \frac{\sin h \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \cos \theta}{\sin h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)}$	$\delta = \frac{H}{2} e^{-2\pi y/L} \cos \theta$
b) Vertical			
8.- PRESION SUBSUPERFICIAL	$p = \frac{H \rho g}{2} \cos \theta - \gamma \rho g$	$p = \frac{H \rho g}{2} \frac{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \cos \theta}{\cos h \left(\frac{2\pi d}{L} \right)} \cos \theta - \gamma \rho g$	$p = \frac{H \rho g}{2} e^{-2\pi y/L} \cos \theta - \gamma \rho g$
9.- ENERGIA DE LA OLA (por unidad de área)	La misma que	$E = \frac{\rho g H^2}{8}$	\longrightarrow La misma que
10.- POTENCIA DE LA OLA (por unidad de área)	$P = E C_g = EC = \frac{\rho g H^2 L}{8T}$	$P = E nC = \frac{\rho g H^2 L}{8T} n = \frac{\rho g H^2}{8} C_g$	$P = \frac{1}{2} E C_0 = \frac{\rho g H^2}{16} (1.56 T)$

∇ $L = 1.56 T^2$ en el sistema métrico

∇ VELOCIDAD DE GRUPO (definición).-- Es la velocidad con la cual se desplaza un grupo de olas o tren de olas, la cual en general es diferente de la velocidad con que se desplaza una ola individualmente; siendo su magnitud normalmente inferior.

$$H_1 + H_2 + H_3 \dots \text{etc.}$$

La velocidad de grupo es importante, debido a que es con ella con la que se desplaza la energía del oleaje.

$$T_1 + T_2 + T_3 \dots \text{etc.}$$

Descripción Estadística del Oleaje.

Ya fué mencionado que las olas de un determinado grupo o de un "tren de olas", varían entre ellas; por lo tanto, es necesario hacer uso de procesos estadísticos para definir las alturas así como los períodos del oleaje que lo caractericen. Para tal efecto en la actualidad se utiliza el método denominado como "cruce por cero".

Este método toma en cuenta el momento en que el perfil superficial de la ola cruza el coro imaginario del agua en reposo por donde se desplaza en una cierta dirección. De esta forma se define a la altura de ola como la distancia vertical entre el máximo y el mínimo nivel adyacente al punto de cruce por coro, quedando en forma semejante definido el período (figura III-10).

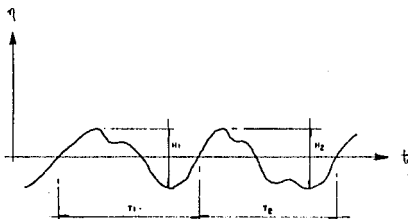


FIGURA III-10. DEFINICIÓN DE ALTURAS Y PERIODOS

A continuación se mencionan las diversas magnitudes empleadas regularmente en la "geometría estadística del oleaje".

H_j y T_j	altura y período de la ola j .
$H_{\text{máx}}^N$ y $T_{\text{máx}}^N$	altura y períodos máximos de ola, para un conjunto de N olas.
$H_{1/3}$ y $T_{1/3}$	altura y período un tercio o significantes los cuales corresponden al promedio del tercio de los valores más altos de un tren de olas dado.
$H_{1/10}$ y $T_{1/10}$	altura y período un décimo, que corresponden al promedio de un décimo de los valores más altos de un tren de olas dado.

\bar{h} y \bar{T} altura y período medios de un tren de olas dado.

H_m altura media cuadrática.

†

FUENTES DE INFORMACION DEL OLAJE ESTADISTICO.

La manera más confiable que existe para conocer las características del oleaje para un sitio determinado, sería el realizar mediciones directas durante un lapso que se recomienda no sea menor de 1 año, para lo cual en la actualidad existen diferentes aparatos que permiten llevarlo a cabo.

De esta forma podrían conocerse todas las variables que definirían al oleaje en el sitio en cuestión. Por ejemplo, a partir de una muestra de un determinado número de olas se estaría en posibilidad de definir la altura --significante H_s o lo que es lo mismo la $H_{1/3}$; si suponemos una muestra de 9 alturas de ola^s que, ordenados de mayor a menor fueran:

$$H_1=3.7 \text{ m.}, \quad H_2=3.5 \text{ m.}, \quad H_3=3.3 \text{ m.}, \quad H_4=3.1 \text{ m.}, \quad H_5=2.9 \text{ m.},$$

$$H_6=2.9 \text{ m.}, \quad H_7=2.8 \text{ m.}, \quad H_8=2.7 \text{ m.}, \quad H_9=2.5 \text{ m.}$$

ya que el número de olas $N=9$, entonces para $H_{1/3}$:

$$\frac{1}{n} 9 = \frac{1}{3} 9 = 3$$

y como, por definición, se deben de considerar las alturas de olas más grandes:

$$H_{1/3} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3} = \frac{3.7 + 3.5 + 3.3}{3} = 3.5 \text{ m.}$$

Claro está que en este caso sería muy discutible la representatividad de una muestra tan pequeña.

Sin embargo, la medición directa casi nunca es posible realizarla, bien sea por motivos de orden económico o por la necesidad de contar con datos rápidamente, por lo que es común hacer uso de fuentes de información que definen las variables de oleaje en cuanto a período y altura. A continuación se presentan 2 de ellas.

Ocean Wave Statistics.

Esta fuente de información fué editada en 1967 por el Laboratorio Nacional de Física, Ministerio de Tecnología de la Gran Bretaña y contiene los datos estadísticos del oleaje, estimados visualmente por barcos voluntarios -- que navegaron en las rutas establecidas en todo el mundo durante los años de 1953 a 1961.

Los datos reportados por los observadores son: dirección, período y alturas de ola, no haciéndose ningún tipo de distinción entre el oleaje local (SEA) y el distante (SWELL). De acuerdo a la captación de datos que realizaron, la información se presenta agrupada en diferentes zonas, tal y como se muestra en la figura III-11.

La forma de presentación de los datos para cada zona es la siguiente -- (ver figura III-12):

- régimen: anual (all seasons), invierno (december-february), primavera (march-may), verano (june-august) y otoño (september-november).
- dirección: azimut con variaciones de 10° y datos agrupados en sectores de 30° (p.e. 020° - 030° - 040°).
- períodos: se presentan los datos de acuerdo a la siguiente codificación:

código	período en segundos
2	≤ 5
3	6 ó 7
4	8 ó 9
5	10 ó 11
6	12 ó 13
7	14 ó 15
8	16 ó 17
9	18 ó 19
0	20 ó 21
1	> 21
x	calma o no determinado

Los períodos reportados corresponden al promedio de los observados - en olas bien formadas.

- alturas: de acuerdo a la siguiente codificación:

código	altura en metros
00	0.25
01	0.5
02	1
03	1.5
04	2
05	2.5
06	3
07	3.5
08	4
09	4.5
10	5
11	5.5
12	6
13	6.5
14	7
15	7.5
16	8

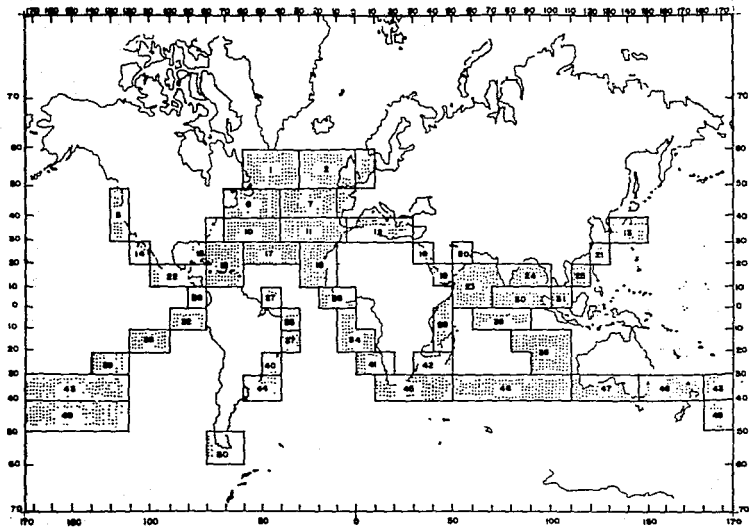


FIGURA III-11. ZONIFICACION OCEAN WAVE STATISTICS

ALL SEASONS

WAVE HEIGHT CODE	WAVE PERIOD FEET	WAVE PERIOD METERS
00		
01	1-1.5	0-2.5
02	2	0-3
03	3	1-3
04	4-6.5	2
05	6	2-3
06	7	3
07	8-9.5	3-2
08	11	4-5
09	12	4
10	14	4-5
11	17-18	5-5
12	19	6
13	21	6-5
14	24	7
15	27-3	7-5
16	30	8
17	33	8-5
18	36	9
19	39-5	9-5
20	42	10
21	45	11
22	48	12
23	51	13
24	54	14
25	57	15
26	60	16
27	63	17
28	66	18
29	69	19

DIRECTION CLASS - ALL DIRECTIONS

WAVE PERIOD CODE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTALS
00	325	271	12		2							600
01	48	1012	104	35	11	2	1	2				1259
02	64	1400	470	123	33	12	0	1				1759
03	73	157	470	160	60	17	0	2				1925
04	6	55	164	60	27	21	4	2				303
05	1	12	44	63	22	6	1	2	1			132
06	2	7	20	25	17	13	1					101
07		1	16	19	6	2	3					40
08			4	2	0	4	2	1				22
09	1	1	0	1	0	4	2	1				20
10			1	1	1	2						6
11	1	1	1	1	1							6
12	1	1	1	1	2							7
13			1	1	1							4
14			1	1	1							4
15			1	1	1							4
16			1	2	1							5
17			1	1								3
18				1								1
19				1								1
TOTAL	664	3176	1361	640	223	62	26	10	3	14	74	6392

WAVE PERIOD CODE	WAVE PERIOD FEET	WAVE PERIOD METERS
1		
2	0 OR LESS	
3	0 OR 1	
4	10 OR 1	
5	0 OR 2	
6	10 OR 10	
7	10 OR 10	
8	10 OR 17	
9	10 OR 19	
10	10 OR 21	
11	OVER 21	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00											
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
TOTAL	45	24	5	1	2	4					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00											
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
TOTAL	178	53	15	10	5	1				2	6

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00											
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
TOTAL	267	157	63	33	6						

FIGURA III-12. OCEAN WAVE STATISTICS, ZONA 22, ANUAL

código	altura en metros
17	8.5
18	9
19	9.5
90	10
91	11
92	12
93	13
94	14
95	15
96	16
97	17
98	18
99	19

Se presentan tablas o matrices que relacionan períodos-olcaje-dirección, por régimen, pudiéndose transformar en matrices frecuenciales de esas mismas variables o deducir los tiempos de acción de ellas.

Tomando como base la figura III-12, en las tablas III-3 y III-4 se presenta el cálculo de $H_{1/3}$ y $T_{1/3}$ para la zona 22, anual y dirección Norte, - sin considerar las calmas.

CODIGO	ALTURA (m)	OBSERVACIONES	FRECUENCIA (%)	FRECUENCIA 1/3 (%)	FRECUENCIA PONDERADA
00	0.25	59	13.86		
01	0.50	102	23.94		
02	1.00	115	27.00		
03	1.50	57	13.38	11.51	17.26
04	2.00	35	8.22	8.22	16.44
05	2.50	19	4.46	4.46	11.15
06	3.00	17	3.99	3.99	11.97
07	3.50	6	1.41	1.41	4.93
08	4.00	5	1.17	1.17	4.68
09	4.50	5	1.17	1.17	5.26
10	5.00	2	0.47	0.47	2.35
11	5.50				
12	6.00	2	0.47	0.47	2.82
13	6.50	1	0.23	0.23	1.49
14	7.00				
15	7.50	1	0.23	0.23	1.72
		426	100.00	33.33	80.07
			$H_{1/3} = 80.07/33.33 = 2.40 \text{ m.}$		

TABLA III-3. $H_{1/3}$, ZONA 22, ANUAL, DIRECCION NORTE.
OCEAN WAVE STATISTICS.

CODIGO	PERIODO (seg)	OBSERVACIONES	FRECUENCIA (%)	FRECUENCIA 1/3 (%)	FRECUENCIA PONDERADA
2	5	259	60.81		
3	7	89	20.89	15.03	105.21
4	9	47	11.03	11.03	99.27
5	11	21	4.93	4.93	54.23
6	13	3	0.70	0.70	9.10
7	15				
8	17	1	0.23	0.23	3.91
9	19				
0	21	2	0.47	0.47	9.87
1	21	4	0.94	0.94	19.74
		426	100.00	33.33	301.33

$T_{1/3} = 301.33/33.33 \approx 9 \text{ seg}$

TABLA III-4. $T_{1/3}$, ZONA 22, ANUAL, DIRECCION NORTE
OCEAN WAVE STATISTICS.

Sea and Swell Charts.

En este caso la información se refiere a las publicaciones denominadas "Atlas of sea and swell charts" tanto del "Northeastern Pacific Ocean" como del "North Atlantic Ocean", ambas editadas por la U.S. Navy Oceanographic Office, Washington, D.C., mismas que fueron procesadas por el Departamento de Estudios y Laboratorio, Dirección General de Obras Marítimas, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Los datos presentados por esta fuente, obedecen a observaciones visuales del estado del mar, realizadas desde embarcaciones durante un período de diez años. Para su presentación el oleaje se agrupa en dos tipos, dando la siguiente definición para cada uno de ellos:

Oleaje local (Sea).- Olas generadas por vientos locales, mismas que son generalmente de períodos cortos, superficie irregular rápidamente cambiante que se desplaza en la misma dirección que el viento generado.

Oleaje distante (Swell).- Olas que han avanzado más allá de la influencia de los vientos generadores. Son más largas en período, de crestas redondeadas más uniformes, de mayor altura y su dirección es independiente de la dirección del viento.

Los datos de oleaje se presentan agrupando las observaciones realizadas en una área o zona determinada. Para el caso de la República Mexicana corresponden 16 zonas de las que 10 son para el Pacífico y 6 para el Golfo de México y Mar Caribe (figura III-13).

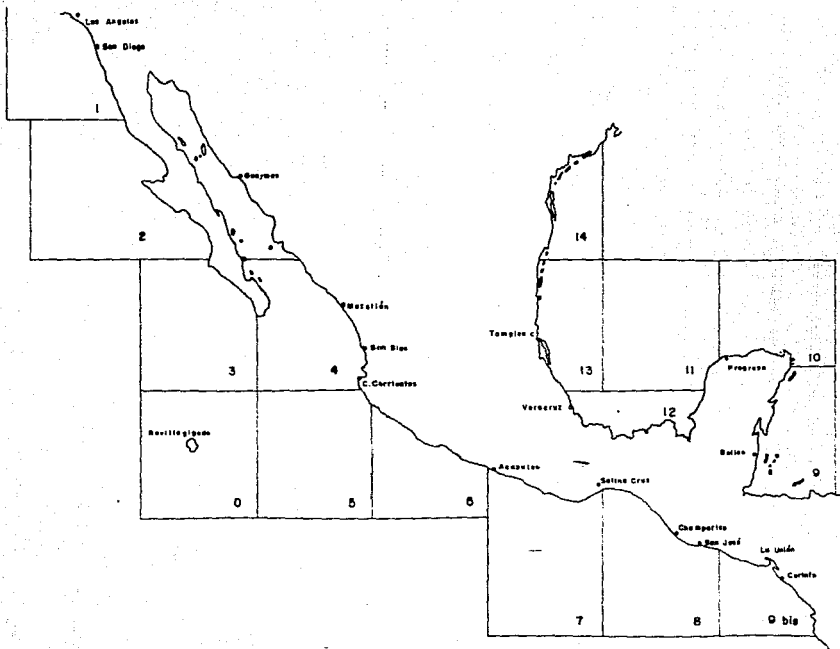


FIGURA III-13. ZONAS DE INFORMACION DEL SEA AND SWELL PARA LA REPUBLICA MEXICANA

Cada rosa de oleaje (figura III-14) es una representación gráfica de la frecuencia mensual resultante de la acumulación de datos durante el período de observación.

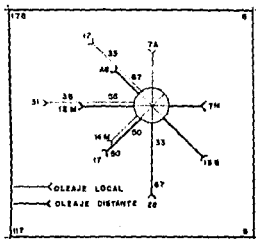


FIGURA III-14. REPRESENTACION GRAFICA MENSUAL DEL SEA AND SWELL

Tanto el oleaje local como el distante, se dividen en 3 rangos de altura de ola, las cuales aparecen en la tabla III-5.

TIPO DE OLEAJE	R A N G O (m)		
	BAJO	MEDIO	ALTO
L O C A L	0.30-0.90	0.90-2.40	2.40
DISTANTE	0.30-1.82	1.82-3.65	3.65

NOTA: En ambos tipos de oleaje se considera calma a las alturas menores de 0.30 m.

TABLA III-5. RANGOS DE ALTURA LOCAL Y DISTANTE

a) El número total de observaciones del oleaje local para todos los rangos y direcciones; aparece en la parte superior izquierda (178); el porcentaje de calmas con respecto al total de observaciones aparece en la parte superior derecha (8).

b) El número total de observaciones del oleaje distante para todos los -

rangos y direcciones, aparece en la parte inferior izquierda (177); el porcentaje de calmas con respecto al total de observaciones aparece en la parte inferior derecha (8).

c) El oleaje local se representa por las líneas más delgadas, sobre las cuales se anotan los porcentajes de observación de cada rango de altura de ola en la dirección respectiva, en relación al porcentaje total de la dirección que aparece en el extremo de la línea. Los porcentajes de los rangos se dan de bajo a medio en el sentido del centro de la rosa hacia el exterior, siendo el porcentaje del rango el complemento al 100% de la sumatoria de los otros dos.

d) En forma semejante aparecen los porcentajes por dirección y por rango para el oleaje distante, pero las líneas correspondientes a este tipo dentro de la rosa son las más gruesas.

e) Cuando el porcentaje total de observaciones por dirección es inferior al 15% pero mayor que el 6%, éste se indica para un solo rango, acompañándose por la letra B, M o A, significando respectivamente la presencia exclusiva de oleaje bajo, medio o alto. Los porcentajes totales por dirección iguales o inferiores a 5% no son anotados en la rosa de oleaje.

Dado que, como se mencionó, los datos se presentan mensualmente, para obtener la altura de ola significativa para un trimestre o estación, se hará el promedio pesado de los tres meses considerados, tomando sus tiempos de acción como peso para cada uno de ellos. Lo mismo puede hacerse si se desea obtener la ola significativa anual.

Para aclarar lo anterior, a continuación se presenta el cálculo numérico de la altura de ola significativa para la dirección Oeste del mes de enero de la zona I, cuya rosa de frecuencia se presenta en la figura III-15.

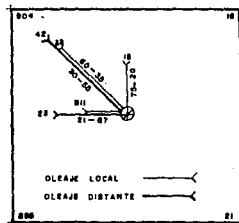


FIGURA III-15. ROSA DE FRECUENCIAS SEA AND SWELL, ENERO , ZONA I

a) Cálculo del número de observaciones y tiempos de acción.

Oleaje distante

DIRECCION	%	OBS.	% RANGOS	OBS.	T (hrs.)
W	23	196.65	B 67	131.76	55.73
			M 21	41.29	17.46
			A 12	23.60	9.98
NW	42	359.10	B 55	197.51	83.55
			M 30	107.73	45.57
			A 15	53.86	22.70
OTRAS	14	119.70			50.62
CALMAS	24	179.55			75.95
TOTAL	100	855			361.64

Oleaje local

DIRECCION	%	OBS.	% RANGOS	OBS.	T (hrs.)
N	15	135.60	B 75	101.70	43.02
			M 20	27.12	11.47
			A 5	6.78	2.86
W	11	99.44	B 100	99.44	42.06
NW	33	298.32	B 35	178.99	75.71
			M 60	104.41	44.16
			A 5	14.92	6.31
OTRAS	23	207.92			87.94
CALMAS	18	162.72			68.83
TOTAL	100	904			382.36

en donde:

$$\text{Tiempo de acción} = T = \frac{\text{OBS. X Horas de un mes}}{\text{OBS. LOCAL + OBS. DISTANTE}}$$

b) Cálculo de la altura de ola significativa del oleaje distante para la dirección Oeste.

Número de observaciones reales del oleaje distante = $OBS._R$

$$OBS._R = OBS. - CALMAS = 855 - (855 \times 0.21) = 855 - 179.55 = 675.45$$

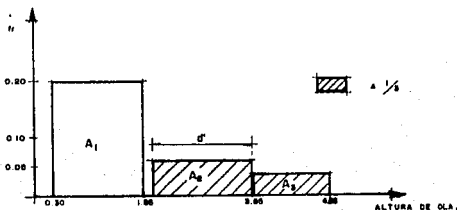
RANGO DE CLASE (m)	PUNTO MEDIO DE CLASE	ANCHO DE CLASE di	FRECUENCIA DE CLASE fi	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA RELATIVA fri
B 0.30-1.82	1.06	1.52	131.76	131.76	0.1950
M 1.82-3.65	2.735	1.83	41.29	173.05	0.0611
A 3.65-4.86	4.255	1.21	23.60	196.65	0.0349

NOTA: Para fines de cálculo, se le asigna frontera superior al rango al to.

en donde:

$$fri = \frac{fi}{OBS._R}$$

A partir de los datos anteriores, se construye el histograma de frecuencias.



$$\text{Area total} = A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$\begin{aligned} A_t &= (d_1 fr_1) + (d_2 fr_2) + (d_3 fr_3) \\ &= (1.52 \times 0.1950) + (1.83 \times 0.0611) + (1.21 \times 0.0349) \\ &= 0.2964 + 0.1118 + 0.0422 = 0.4504 \end{aligned}$$

$$A_{1/3} = A_t/3 = 0.4505/3 = 0.1501$$

$$A_3 = 0.0422 \quad 0.1505 = A_{1/3}$$

$$A_3 + A_2 = 0.0422 + 0.1118 = 0.1540 \quad 0.1501 = A_{1/3}$$

Por lo tanto el del tercio superior será igual al área del rango alto - (A_3), más una parte del área del rango medio (A_2).

$$d' = \frac{A_{1/3} - A_3}{fr_2} = \frac{0.1501 - 0.0422}{0.0611} = 1.766$$

Tomando momentos de las áreas parciales que componen el tercio superior, se tiene

$$M_y = H_{1/3} A_{1/3} = \sum H_i A_i$$

$$\sum H_i A_i = (A_3 \times 4.255) + [(A_{1/3} - A_3) (3.65 - d'/2)] = H_{1/3} A_{1/3}$$

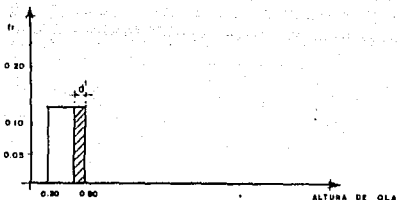
$$\therefore H_{1/3} = \frac{(0.0422 \times 4.255) + [(0.1501 - 0.0422)(3.65 - 1.766/2)]}{0.1501}$$

$$\therefore H_{1/3} = \frac{0.1796 + 0.2986}{0.1501} = 3.18 \text{ m.}$$

c) Cálculo de la altura de ola significativa del oleaje local para la - dirección Oeste.

$$OBS._R = 904 - (904 \times 0.18) = 741.28$$

RANGO DE CLASE (m)	PUNTO MEDIO DE CLASE	ANCHO DE CLASE d_i	FRECUENCIA DE CLASE f_i	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA RELATIVA fr_i
B 0.30-0.90	0.60	0.60	99.44	99.44	0.1341
M 0.90-2.40	1.555	1.50	0	99.44	0
A 2.40-3.60	3.00	1.20	0	99.44	0



$$A_T = A_1 = d_1 f r_1 = 0.60 \times 0.1341 = 0.0805 \quad f$$

$$A_{1/3} = A_T/3 = A_1/3 = 0.0805/3 = 0.0268$$

$$d = \frac{A_{1/3}}{f r_1} = \frac{0.0268}{0.1341} = 0.20$$

$$H_{1/3} = \frac{A_{1/3} (0.90 - d_{1/2})}{\lambda_{1/3}} = 0.90 - d_{1/2}$$

$$H_{1/3} = 0.80 \text{ m.}$$

En conclusión, como se observó de las dos fuentes de información estadística de oleaje analizadas, la correspondiente al Sea and Swell presenta sus datos para zonas mucho más reducidas que las del Ocean Wave, por lo cual se considera que en este sentido la primera de ellas merece mayor confianza.

Por otra parte, se puede considerar hasta cierto punto desfavorable que el Sea and Swell disgregue al oleaje en local y distante, lo que ocasiona mayores dificultades en su propio entendimiento y, más importante, en las aplicaciones prácticas.

Otro aspecto interesante es el hecho de que el Ocean Wave ofrece dentro de su información los períodos de oleaje, lo cual en la práctica es muy importante, no siendo así para el caso del Sea and Swell, al menos para la versión de éste aquí analizada ya que existe otra publicación que data de 1967 en donde sí se incluye la información de los períodos, aunque de una forma que se considera no muy precisa y tan sólo para la costa del Atlántico.

Extrapolación del Oleaje.

Para el estudio de ciertas estructuras de los puertos sujetas a la acción del oleaje, muchas veces es necesario conocer las alturas de ola en relación a un período de retorno determinado.

Para ello es necesario extrapolar los datos estadísticos con que se cuenta y asociarlos con una función de probabilidad. Uno de los métodos conocidos para tal efecto es el de M. Larras, cuya expresión es:

$$H_n = A \log P$$

en donde:

H_n , es la altura de ola esperada (m), para un período de retorno de "n" años.

A, es una constante (pendiente de la recta de regresión).

P, es la probabilidad de ocurrencia (%), igual 1/No. de años, expresados en días.

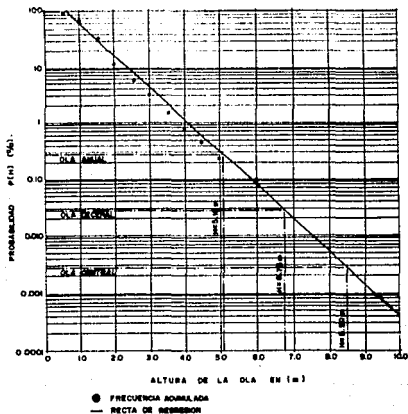
Para la aplicación del método, es necesario graficar en papel semilogarítmico los valores de las frecuencias acumuladas de las alturas de ola, y -obtener la recta de regresión correspondiente y por extrapolación logarítmica se encuentran las alturas de ola para diferentes probabilidades (ver figura III-16).

P anual = 1/365

P decenal = 1/365 x 10

P centenal = 1/365 x 100

FIGURA III-16. EXTRAPOLACION PARA LA OBTENCION DE LA OLA PROBABLE, PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO.



MEDICION DE ALTURA Y PERIODO DEL OLEAJE.

a) Métodos de observación directa.

Se clasifican de acuerdo con el tipo de instrumentación que se utiliza en sumergidos, superficiales y aéreos.

Método sumergido.

Como su nombre lo indica el sensor se encuentra bajo el agua. En uno de ellos el sensor descansa sobre el fondo a una elevación conocida y emite señales de ultrasonido que suben a la superficie y se reflejan únicamente hacia el fondo donde son captadas por el sensor. En esa forma se conoce el tirante de agua sobre el sensor, en la figura III-17 se muestra esquemáticamente este dispositivo.

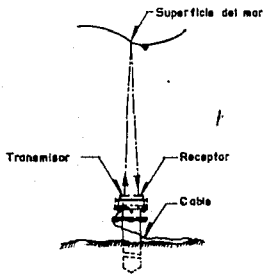


FIGURA III-17. MEDIDOR ULTRASONICO.

Otro método que es el más ampliamente utilizado para medir el oleaje, consiste en colocar una celda de presión que registre tanto la presión hidrostática como la dinámica. La profundidad a la que se colocan varía entre 4 y 40 m. bajo la superficie y de preferencia el fondo debe estar a una profundidad tal, que el oleaje sea de aguas profundas. Sin embargo, por facilidad de instalación, mantenimiento y operación conviene situar estos equipos en lugares donde el fondo esté situado a no más de 15 m. de profundidad; a mayores profundidades se requiere personal de buceo especializado.

El sensor puede ser colocado directamente sobre un soporte que descansa en el fondo, sobre un tubo enterrado y contraventado a tres muertos de concreto o puede estar sostenido por un cable tensado que en su parte superior,

tiene un flotador y en la inferior está amarrado a un muerto de fierro o con croto. El flotador queda situado entre 2 y 5 m. bajo la superficie del mar dependiendo de la amplitud del oleaje.

La señal del sensor de presiones puede ser grabada en un cassette que se encuentra en el mismo aparato; o bien puede ser enviada a tierra por medio de una señal de radio o por medio de cables. En la estación en tierra y con ayuda de equipo electrónico se grafica la señal y/o se graba en cinta.

La grabación en cinta de la señal del sensor permite su procesamiento posterior para encontrar el espectro del oleaje y de él obtener frecuencias o períodos y alturas representativas del oleaje, como se describió en subtemas anteriores.

Método superficial.

Consiste en medir el tiempo que tarda en cambiar la elevación de la superficie del agua en cualquier punto con instrumentos colocados en estructuras marítimas. En el punto de interés se instala una baliza o una regla graduada, siguiendo en ella la variación de la elevación de la superficie, mediante un tránsito, o filmado con ayuda de una cámara situada en tierra firme.

Entre los diferentes métodos superficiales, el más confiable es el método de medidores de resistencia calibrados (Caldwell 1948, Gerhart 1955, Russell 1961). Consiste en unos electrodos colocados a intervalos constantes (10-20 cm.) en una columna verticalmente erigida en el agua. Cuando la superficie del agua se mueve hacia arriba y hacia abajo a lo largo de la columna, los electrodos son sumergidos y descubiertos alternadamente, con lo cual la resistencia eléctrica en el circuito que corresponde a cada electrodo varía proporcionalmente con la elevación de la superficie del agua. De este modo, la fluctuación de la superficie es grabada y medida en forma de una curva discontinua.

Método aéreo.

Este método también llamado esterofotográfico aplica la fotografía a la observación de las olas. Un par de fotografías de la superficie del mar tomadas por dos cámaras permiten conocer el contorno del oleaje y con ello obtener la distribución de las alturas y longitudes de las olas; trabajo que resulta muy laborioso, por lo cual se utiliza en casos muy particulares. Este método es muy útil para conocer la dirección del oleaje, observar dos o tres oleajes superpuestos provenientes de diferentes direcciones y para visualizar la refracción y difracción que sufre el oleaje al desplazarse hacia la tierra.

b) Métodos de observación indirecta.

En ocasiones no es posible efectuar la medición del oleaje por métodos de observación directa ya que no siempre se cuenta con una estructura en donde apoyar los sensores; en tales situaciones se recurre a métodos de observación indirecta, por ejemplo sensores de presión, que permiten registrar las fluctuaciones de presión debajo del agua, causadas por el oleaje.

Las fluctuaciones de presión como función de la altura y período del oleaje y de la profundidad del agua, permiten obtener las características del oleaje, al conocer la relación entre las presiones registradas por el sensor y las presiones producidas por el oleaje a cualquier profundidad.

En las figuras III-18 y III-19 se muestra el tipo de instalaciones utilizadas para los sensores de presión, con o sin registrador integrado al medidor, ya sea de registro discontinuo o continuo, respectivamente.

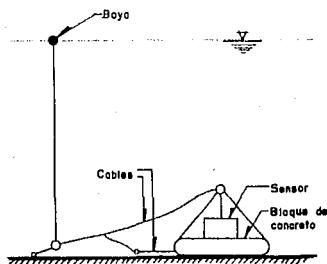
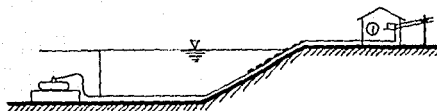


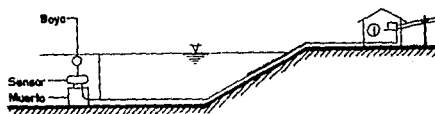
FIGURA III-18. TIPO DE INSTALACION DE MEDIDORES CON GRABADORA INTEGRADA AL SENSOR.



a) Sensor sobre una estructura apoyada en el fondo



b) Sensor sobre un tubo enterrado



c) Sensor sostenido en un cable

NOTAS:

La instalación de un sensor de presión con equipo de grabación incluido puede también hacerse en las formas indicadas; sin requerir cable ni caseta de control.

- 1 Equipo para amplificar, digitalizar, grabar y registrar la señal del sensor.

FIGURA III-19. TIPO DE INSTALACION DE MEDIDORES DE PRESION SIN GRABADORA INTEGRADA AL SENSOR.

III-B. VIENTOS, MAREAS, ASPECTOS MORFOLÓGICOS.

VIENTOS.

Se define al viento, en general, como el movimiento de las masas de aire; sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es: corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre; una variación a esta definición está representada por los "vientos orográficos" que circulan en forma ascendente.

El viento se atribuye a las desigualdades de la densidad del aire, o sea, a las presiones bajas y altas; el excesivo calentamiento del aire hace que este se dilate y se anime de un movimiento ascendente dejando un lugar vacío en el lugar en donde se dilató, o centro de baja presión barométrica; este vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

Atendiendo a su dirección los vientos se clasifican en:

- Constantes o regulares.- Soplan en una dirección todo el año.
- Periódicos.- Invierten su dirección con las estaciones del año o con el día y la noche.
- Irregulares.- Son los que carecen de periodicidad y soplan en una y otra dirección indiferentemente.

Atendiendo a su extensión podemos clasificar a los vientos en:

- Generales o planetarios.
- Locales.

Como ejemplo de los vientos constantes a su vez generales se encuentran los vientos ALISIOS, CONTRALISIOS Y POLARES O VIENTOS DEL OESTE.

El origen de estos vientos se encuentra en la región ecuatorial de la tierra, en donde existen los mayores motivos de calentamiento y humedad; a consecuencia de esto el aire se vuelve más ligero y se establece una corriente ascensional de aire caliente y húmedo; este se enfría a medida que sube y gran parte del vapor que lleva en suspensión se precipita en forma de copiosas lluvias, luego el aire ya más seco y pesado se derrama por las capas superiores de la atmósfera en dirección a los polos; a este flujo de vientos se le denomina CONTRALISIOS. Para llenar el vacío que dicha corriente ascensional deja en extensa zona ecuatorial (de 300 a 1000 km.), acuden por abajo los llamados vientos ALISIOS que llegan del Norte y del Sur y vuelven a elevarse formando por lo tanto, un cinturón carente de vientos horizontales en el ecuador teórico de la tierra que recibe el nombre de CALMAS ECUATORIALES; nombre dado por los marinos debido a la frecuencia con que los veleros se quedan estacionados por falta de viento.

Ahora bien, si la tierra no estuviese dotada de movimiento de rotación y no existiesen perturbaciones en la superficie de la misma, la trayectoria de estos vientos (ALISIOS Y CONTRALISIOS), coincidiría con los meridianos, pero en virtud de este movimiento de rotación de las moléculas atmosféricas al trasladarse de los polos al ecuador, que es el caso de los vientos alisios, éstos van encontrando regiones dotadas de creciente velocidad lineal (la velocidad lineal de la tierra va en aumento a medida que se va acercando de los polos hacia el ecuador) lo que da por resultado que en vez de seguir trayectorias de los polos al ecuador se desvían hacia el Este en el Hemisferio Norte y acia el Oeste en el Hemisferio Sur, lo que dá en la zona ecuatorial vientos del NOROESTE al Norte del ecuador y vientos del SURESTE al Sur de este.

El viento es el principal generador de oleaje y su efecto sobre la costa es permanente, provocando, además, mareas y fuerzas sobre las estructuras; de ahí la importancia de su estudio desde el punto de vista de las obras marítimas y la ingeniería de costas.

Elementos que caracterizan al viento.

Los elementos que caracterizan al viento son tres:

a) dirección del que sopla; b) intensidad o velocidad con que sopla; y c) frecuencia o número de veces que se presenta con determinadas características durante un lapso cualquiera, utilizandose normalmente el día, mes, estación o año.

a) Dirección.- Para definir la dirección se utiliza la denominada "Rosa de los vientos", que no es más que un limbo circular que puede estar dividido en 4, 8, 16 y 32 partes.

b) Intensidad.- Se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo (m/seg, km/hr, nudo); para su medición se utiliza la escala internacional -- llamada de BEAUFORT (modificada) que se presenta en la tabla III-6.

En relación con la intensidad del viento, cabe mencionarl que se usa en las partes meteorológicas y que es la siguiente:

Perturbación tropical: Son circulaciones débiles que se presentan en latitudes entre los 5° y 8°.

Depresión tropical: Circulación sensiblemente cerrada y centro bien definido; velocidad máxima de 40 k.p.h.

Tormenta tropical: Forman nubosidades espesas y algunas perturbaciones se disipan al alcanzar esta clasificación; las velocidades aumentan, -- fluctuando entre 60 y 115 k.p.h.

Huracán: Velocidades de viento superiores a los 115 k.p.h.

TABLA III-6. ESCALA DE BEAUFORT

GRADO	NOMBRE	VELOCIDAD (m/seg)	CONDICIONES DEL MAR
0	calma	0.0 - 0.2	mar llana
1	ventolina	0.3 - 1.5	ondulación pequeña en la superficie, sin producción de espuma
2	flojito	1.6 - 3.3	olas cortas y bajas que no rompen; mar rizada
3	flojo	3.4 - 5.4	oleaje que empieza a romper; poca espuma; mar rizada
4	bonacible	5.5 - 7.9	olas de poca altura pero de mayor longitud; borregos de espuma; marejadilla
5	fresquito	8.0 - 10.7	se acentúa la longitud de las olas; generalización de borregos de espuma; esporádicamente rociones de espuma; marejada
6	fresco	10.8 - 13.8	se inicia la formación de grandes olas, que rompen; rociones de espuma al aire; mar gruesa
7	frescachón	13.9 - 17.1	crece la mar; mar muy gruesa
8	duro	17.2 - 20.7	olas de altura notable; las crestas despiden espuma pulve rizada; mar arbolada
9	muy duro	20.8 - 24.4	olas muy grandes; balances pronunciados; la espuma empieza a afectar la visibilidad
10	temporal	24.5 - 28.4	olas considerables; mar blanca/de espuma, balances fuertes
11	borrasca	28.5 - 32.6	olas extraordinariamente altas; visibilidad escasa a causa de la espuma
12	huracán	32.7 - 36.9	atmósfera y mar completamente llena de espuma; visibilidad casi nula

Fuerzas de Generación.

Para poder definir con exactitud las fuerzas que intervienen en la generación de un viento, es necesario primero conocer algunos términos, mismos - que se presentan a continuación:

Isobaras: Líneas que unen puntos en el espacio en los cuales hay una -- misma presión atmosférica en un momento dado.

Como ley de carácter fundamental hay que mencionar que las líneas isobaras "jamás" se cruzan, si bien pueden correr paralelas muy próximas unas con otras. Los elementos que caracterizan toda formación isobárica son: a) el -- perfil de las isobaras (rectilíneas, curvilíneas, de poco y mucho radio, --- abiertas o cerradas); b) la situación del máximo o del mínimo valor de la -- sión, en relación al conjunto de isobaras; c) el gradiente horizontal de la -- presión.

En este último caso, cabe mencionar que se define gradiente de presión -- lo siguiente: "diferencia de valores de dos isobaras contiguas que se hallan a la unidad de distancia, medida ésta siempre perpendicular a las porciones -- infinitesimales de las isobaras; la unidad de longitud que se utiliza en el -- grado geográfico" (1 grado geográfico = 111.11 km.).

Como unidades para medir la presión se utilizan normalmente los milibares; las isobaras normalmente tienen una diferencia de presión entre sí de 3 ó 5 milibares, siendo un milibar (mb):

1 mb = 0.750 mm Hg; 1 bar = 1,000 mb; 1 mm Hg = 1.33 mb
1 atmósfera = 1,013 mb = 760 mm Hg = presión normal

Áreas de altas presiones. Están constituidas por isobaras cerradas cuyo valor aumenta desde la periferia hasta el centro, en el que se encuentra la zona de máxima presión, la cual se suele denominar con la letra H (del inglés high). Las características de estas configuraciones son: gradientes pequeños, superficie relativamente extensa y una circulación de vientos llamada anticiclónica (figura III-20).

Áreas de bajas presiones. Están constituidas por isobaras cerradas en las cuales disminuye la presión desde la periferia hacia el interior. En las cartas sinópticas suele indicarse con la letra L (del inglés low). Las características de estas formaciones son: superficie relativamente reducida, gradientes horizontales elevados y rotación ciclónica de los vientos (figura -- III-20).

En el hemisferio Norte el sentido de los vientos será al contrario de -- las manecillas del reloj cuando se trata de ciclones y en sentido contrario -- para los anticiclones; en el hemisferio Austral los papeles se invierten.

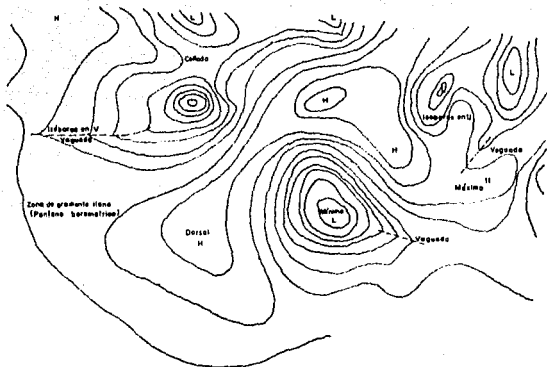


FIGURA 111-20. FORMACIONES ISOBARICAS.

a) Fuerza de presión.

El gradiente de presiones representa una fuerza real de presión y da origen al denominado "viento geostrófico"; esta fuerza está dada por la siguiente expresión:

$$F_p = \frac{P_1 - P_2}{L^\circ} \rho_a$$

en donde:

P_1 y P_2 , presiones en las isobaras consideradas

L° , separación entre isobaras

ρ_a , densidad del aire

b) Fuerza de fricción.

Esta fuerza actúa directamente sobre el viento reduciendo su velocidad al chocar con los diferentes elementos que encuentra en su trayectoria; el viento en contacto con la superficie de la tierra sufre una desviación en su curso de 40° y 45° , y en el agua de 10° a 15° , debidos al coeficiente de fricción.

Las desviaciones originan que el viento circule con cierta inclinación con respecto a las isobaras.

$$E_f = \mu w$$

en donde:

μ , coeficiente de fricción

w , peso de la masa de aire

c) Fuerza centrífuga.

En toda trayectoria curva existen dos fuerzas contrarias que mantienen el equilibrio; una fuerza trata de dirigir a los cuerpos o partículas hacia el centro de rotación, denominándose centrípeta; la otra, equilibrante, trata de sacar al cuerpo de su órbita, llamándose a éste fuerza centrífuga.

Las partículas del viento no escapan a esta ley y así se tiene que con las isobaras curvas, existe la fuerza centrífuga:

$$F_c = m \frac{v}{R}$$

en donde:

m , masa de aire

v , velocidad tangencial de las partículas

R , radio de curvatura de la tierra

d) Fuerza de coriolis.

Esta fuerza aparente se genera debido a la velocidad de rotación de la tierra y es por ella que las partículas sufren desviaciones en su trayectoria, siempre aparentemente hacia la derecha, formándose en teoría una curva cerrada llamada curva de inercia.

$$F_{cr} = 2 \omega v \sin \phi$$

en donde:

ω , velocidad angular de la tierra

v , velocidad del viento

ϕ , grados latitud del punto analizado

Puesto que esta fuerza es directamente proporcional al seno de la latitud, en el ecuador tiende a ser nula y máxima en los polos.

Viento geostrófico y viento real.

Si las isobaras son rectas y paralelas se dice que se trata de un viento geostrófico, el cual se ve influenciado por la fuerza de presión y la fuerza de Coriolis; para su cálculo se utiliza al siguiente expresión:

$$V_g = \frac{1}{2 \rho f} \frac{\Delta P}{\Delta n}$$

en donde:

V_g , velocidad del viento geostrófico (nudos)

ρ , densidad del aire = 1.247×10^{-3} gm/cm³

f , parámetro de Coriolis igual a $2 \omega \sin \phi$

$\Delta p / \Delta n$, gradiente horizontal de presiones

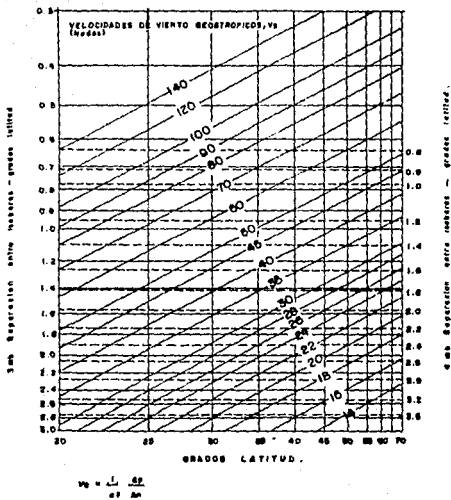
ω , velocidad angular de la tierra = 0.2625 rad/hora

En la figura III-21, se presenta una gráfica que permite también calcular el viento geostrófico.

El viento real V por su parte, es función de las cuatro fuerzas antes mencionadas y se relacionan con el viento geostrófico de la siguiente forma:

$$V = C V_g$$

en donde "C" es un parámetro de corrección que depende de la diferencia de temperatura entre el agua de mar y el aire, dándose sus valores en la siguiente tabla:



para $T = 10^{\circ}\text{C}$ (Temperatura del aire)
 $p = 3$ mb y 4 mb
 $n =$ Separación entre Isobaras medida
 en grados latitud
 $p = 1013.3$ mb
 $a = 1.247 \times 10^{-3} \text{ gm/cm}^3$
 $f =$ Parámetro de Coriolis = $2 \sin \phi$

donde $\omega =$ Velocidad angular de la Tierra, 0.2625 radian
 $\phi =$ Latitud en grados

FIGURA III-21. VIENTO GEOSTROFICOS

TABLA III-7. VIENTO REAL
(shore protection)

Tw - Ta	C
0 ó negativo	0.60
0 - 10	0.65
10 - 20	0.75
20 ó mayor	0.90

Tw = temperatura del agua del mar
Ta = temperatura del aire

NOTA.- Se recomienda que en cálculos prácticos se utilice un valor de C cercano a 0.60.

Diagramas de Lenz.

Los diagramas de Lenz son representaciones vectoriales de las características que definen a un viento, los cuales se grafican comúnmente en "rosas de vientos" de 16 direcciones; la información que se plasma en los diagramas puede ser representativa de regímenes mensual, trimestral, o anual o de un período mayor de observación, para un determinado sitio.

Tradicionalmente se manejan 3 tipos de diagramas, mismos que son:

- diagramas de frecuencia o de "n"
- diagrama de velocidad media o de "nv"
- diagrama de velocidad máxima cuadrática o " $v^2_{\text{máx}}$ "

Diagrama de "n".

Se conoce como diagrama de frecuencias y representa el número de veces (n) con que el viento incide de cierta dirección; al viento que sopla con mayor frecuencia se le denomina "viento reinante".

Diagrama de velocidad media "nv".

Se grafican en este diagrama los productos de las frecuencias por las velocidades medias de presentación; se le conoce como diagrama de agitación de Lenz.

Diagrama de velocidad máxima cuadrática " $v^2_{\text{máx}}$ ".

Contempla los datos concernientes al cuadrado de la velocidad máxima de representación; al viento que sopla con mayor intensidad se le llama "viento dominante".

Como es lógico suponer la confiabilidad que puedan tener los datos de

viento que se expresen, dependerá del período de recopilación de la información, siendo conveniente, en consecuencia, poder contar con una estadística del mayor número de años posible. Las fuentes típicas en nuestro país, en donde se puede recopilar información de vientos son: Servicio Meteorológico Nacional y Servicios Especiales a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano.

En la tabla III-8 y la figura III-22, se presentan la estadística de datos y los diagramas de Lenz correspondientes al Puerto de Manzanillo, para 5 años de recopilación de información por parte del Servicio Meteorológico Nacional.

Aparatos de Medición.

Los aparatos más comunmente usados en la actualidad para determinar las características de los vientos son: anemómetros y anemógrafo.

Anemómetro.

Indica la velocidad y dirección del viento en forma simultánea, logrando tal objetivo por medio de un tacómetro que se liga a través de un tacómetro que se liga a través de un engranaje a un eje vertical en cuyo extremo superior tiene una serie de aspas cóncavas o copas adosadas a una cruceta -- (los hay de 3 y 4 copas); de igual forma, tiene una carátula en donde se -- puede ver directamente tanto la velocidad como la dirección del viento incidente.

Anemógrafo.

Este aparato cuenta adicionalmente con un mecanismo de graficación que imprime sus trazos en un papel graduado, que va colocado en un tambor que se desplaza mediante un mecanismo de relojería. La graduación vertical define la velocidad y la horizontal el tiempo.

Relación Intensidad del Viento-Estado del mar.

Anteriormente se hizo alusión a la escala de Beaufort, la cual relaciona la intensidad del viento con la condición del estado del mar, pareciendo en primera instancia que es una función univoca, lo cual no es del todo cierto.

La mar levantada por el viento, o "mar de viento" es en realidad función creciente de tres variables; la fuerza o intensidad del viento, su persistencia y su fetch.

El fetch es la extensión rectilínea sobre la que sopla un viento de dirección y fuerza teóricamente constantes. Es decir, es una "zona de generación" del estado del mar; el fetch delimita su longitud en forma paralela a la dirección del viento, expresandose en kilómetros o millas y, para un viento dado, la altura del mar es creciente. En otras palabras, la altura del oleaje es mayor, para un viento dado, con fetchs largos que con fetchs cortos.

TABLA III-8.

RESUMEN DE DATOS DE VIENTO
MANZANILLO, COL.

No. de calmas = 2,750

DIRECCION VARIABLE	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
n	106	145	384	218	114	136	370	214	12	3	8	49	1067	1210	87	29
nv	151.4	144.0	474.0	302.2	382.5	510.3	1604.0	970.0	37.0	4.0	19.1	178.7	5108.1	5306.3	217.8	45.8
V _{máx}	14.0	5.8	7.2	7.0	18.5	17.0	21.0	20.0	11.0	4.0	5.0	47.0	19.0	18.4	13.0	9.0
V ² _{máx}	196.00	33.64	51.84	49.00	342.25	289.00	441.00	400.00	121.00	16.00	25.00	2209.0	361.0	338.52	169.00	81.00

NOTAS: Período de observación = 5 años (1957, 1958, 1959, 1961 y 1962).

La velocidad está expresada en m/seg.

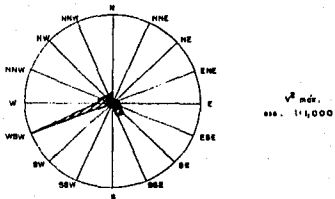
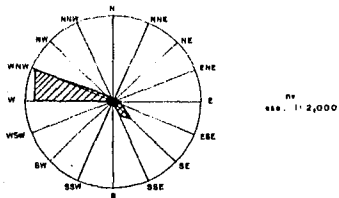
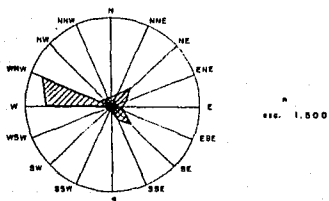


FIGURA III-22. DIAGRAMAS DE LENZ

Internacionalmente se ha adoptado la escala de Douglas para definir el estado del mar, asociado a un nombre característico y correspondiendo a cada uno de los grados de la Beaufort (tabla III-9).

TABLA III-9. ESCALA DE DOUGLAS

GRADO DOUGLAS	DENOMINACION	EQUIVALENCIA BEAUFORT	ALTURA DE OLA (m)
0	Calma	0	0
1	Llana	1	0 - 0.1
2	Rizada	2	0.1 - 0.5
3	Marejadilla	3	0.5 - 1.25
4	Marejada	4	1.25 - 2.50
5	Gruesa	5	2.50 - 4.00
6	Muy gruesa	6	4 - 6
7	Arbolada	7	6 - 9
8	Montañosa	8	9 - 14
9	Confusa	9	más de 14

MAREAS.

La mayoría de la gente viviendo a lo largo del borde de mares y océanos está enterada que existen las mareas, pero rara vez las comprenden.

El primer acercamiento serio al fenómeno fué hecho por Newton en 1687 - en su "Philosophie Naturalis Principia Mathematica", en la cual mostró la -- atracción gravitacional entre el sol, luna y tierra. Es decir, Newton obtuvo la teoría que se conoce como "estática", la cual aunque imperfecta proporcionó la noción esencial de la fuerza de atracción que los astros tienen sobre las moléculas líquidas.

Más tarde en 1977, Laplace presentó más detalles y el panorama fué haciéndose poco a poco más claro (teoría dinámica). Este investigador estableció que el movimiento del nivel del mar en un punto determinado es la consecuencia de: a) oscilaciones libres, en donde las características (período y amplitud), son función de las dimensiones del vaso o recipiente que constituyen los océanos; b) oscilaciones forzadas, producto de la acción (atracción) perturbadora de los astros (Luna y Sol).

Con estas bases, muchos progresos se han hecho en este siglo y así en -- nuestros días el análisis y predicción de las mareas son procedimientos más o menos comunes; en la primera parte de éste, los cálculos se basaron en el uso de métodos semi-analíticos, los cuales fueron ejecutados a mano; para situaciones complicadas se hizo indispensable el soporte de un modelo hidráulico o analógico. Con el desarrollo de las computadoras digitales, esto ha cam

biado completamente y en el presente prácticamente todos los análisis de mareas se hacen con ayuda de ellas. Por su parte, modelos físicos para estudiar exclusivamente la dinámica de las mareas son rara vez realizados en la actualidad. Los métodos analíticos son solamente usados en los casos de una primera aproximación o para propósitos de control.

Cuando se trate con mareas, dos principales preguntas surgirán:

- Por qué es importante tener conocimiento acerca de las mareas?
- Qué es exactamente una marea?

Contestar la primera pregunta es muy simple. Las razones pueden ser:

- Reclamación de áreas costeras
- Cierre o apertura de bocas
- Problemas de seguridad de estructuras
- Problemas de intrusión salina

La segunda pregunta se contesta parcialmente observando la figura III-23 : "Marea es una diaria (o dos veces al día) subida o bajada del nivel del mar; es decir es la oscilación periódica del nivel".

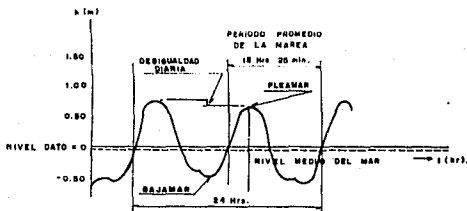


FIGURA III-23. ONDA DE MAREA

Antes de explicar algunas de las características de las mareas presentadas en la figura III-23, se debe primero considerar el origen de las mareas o sea las causas que las originan.

Mareas Astronómicas.

Como fué explicado por Nexton, las mareas están relacionadas con las -- fuerzas de atracción del Sol, la Luna y la Tierra (figura III-24).

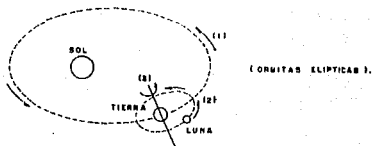


FIGURA III-24. MOVIMIENTOS DE LOS ASTROS

Los movimientos del sistema solar son:

- 1) Tierra alrededor del Sol (≈ 365 días)
- 2) Luna alrededor de la Tierra (≈ 27.3 días)
- 3) Tierra alrededor de su propio eje (≈ 24 horas)

Para simplificar una explicación del fenómeno, sólo se considera el sistema Tierra-luna, haciéndose las siguientes suposiciones:

- a) La Tierra está cubierta totalmente con una capa de agua
- b) La Luna está en el plano del ecuador de la Tierra
- c) No existe rotación de la Tierra

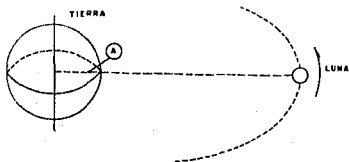


FIGURA III-25. SISTEMA TIERRA-LUNA

El sistema combinado Tierra-Luna tiene su centro de gravedad en el punto A. En otras palabras: el sistema gira alrededor del Punto A en aproximadamente 27 días.

Mientras giran, los dos cuerpos ejercen fuerzas gravitacionales entre ellos y por la razón de equilibrio estas fuerzas deben ser contrarrestadas por fuerzas centrífugas.

Es obvio que estas fuerzas deformarán la capa de agua que cubre a la tierra (suposición a), en la forma indicada en la figura III-26.

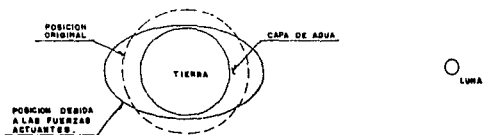


FIGURA III-26. ATRACCION DE LAS MOLECULAS LIQUIDAS

La segunda consideración (la Luna en el plano del ecuador de la Tierra) no se cumple en realidad, debido a que el eje de la Tierra hace un ángulo de 66.5° (valor promedio) con el plano de la Luna. La Tercera (no rotación de la Tierra) no es válida tampoco, ya que como todos sabemos realmente si tiene movimiento.

Si las situaciones reales se aplican el resultado será como se muestra en la figura III-27.

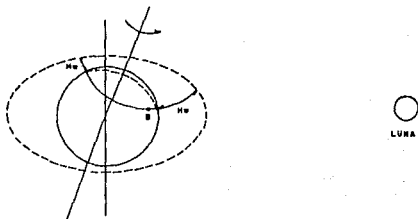


FIGURA III-27 ATRACCION Y MOVIMIENTO DE ROTACION TERRESTRE

En el punto B de la figura anterior, habrá por lo tanto dos pleamares y dos bajamares en un período de alrededor de 25 horas. La marea en el punto B es llamada "marea semidiurna".

Ahora que el principio de la marea lunar ha sido analizado, algunas de las características mostradas en la figura III-23 pueden ser explicadas.

La primera es que el período de la marea semidiurna es un poco mayor de 12 horas, lo cual puede entenderse en base al hecho de que la marea es gobernada por dos movimientos.

- La rotación de la Tierra
- La transladación de la Luna alrededor de la Tierra

Esto quiere decir que un cierto lugar en la tierra de cara a la Luna, - no será visto otra vez hasta después de un giro completo de la Tierra en 24 horas. Dado que la Luna se ha movido también en ese período, un total de $\frac{1}{27.3}$ partes de 360° , lo cual es alrededor de 13° . esto significa, que tarda adicionalmente ($\frac{13}{360}$) 24 horas, o sea alrededor de 50 minutos para estar en fase con la Luna otra vez y, puesto que el período que la marea semidiurna es la mitad de ese tiempo, implica que sea igual a $24 \text{ hr } 50 \text{ min}/2 = 12 \text{ hr } 25 \text{ min.}$ *

Además, debido a la influencia combinada del Sol y la Luna, será un poco menor de 50 minutos en marea viva y ligeramente mayor en marea muerta (las definiciones de estas mareas serán dadas posteriormente).

La segunda característica que se puede observar en la figura III-23 es la que se denomina desigualdad diaria (por qué, tanto los dos subsecuentes pleamares como las bajamares no son de la misma altura?).

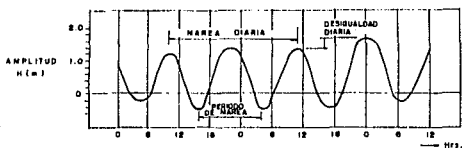
Hasta ahora, debido a las simplificaciones, todo ha sido fácil de entender, pero una consideración no ha sido todavía analizada; la suposición de que la Tierra está cubierta por una capa de agua. Esta aseveración no es completamente cierta, puesto que existen los continentes y las demás zonas terrestres. Como sea, existe una angosta faja de agua alrededor de todo el mundo en las cercanías del Polo Sur (63° a 64° latitud Sur), siendo a través de este canal que las mareas se mueven alrededor del globo terrestre.

Además de las mareas semidiurnas existen otros dos tipos: diurna y mixta (ver III-28).

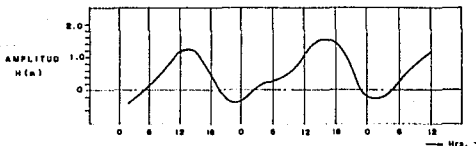
Explicar, por qué en un cierto lugar de la Tierra se presenta uno de los tres tipos es muy difícil. Las mareas, las cuales entran a los océanos por el Sur, son reflejadas por los continentes, amortiguadas debido a los efectos

* Este es un valor promedio que no es constante a lo largo de un mes, debido a la órbita elíptica de la Luna.

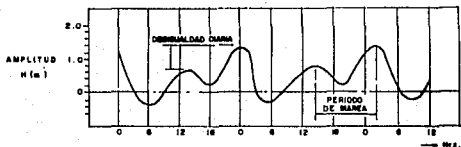
tos de aguas bajas, incrementadas con mareas que provienen de el otro extremo de un continente, etc. Adicionalmente, hasta ahora, solo se ha considerado la influencia de la Luna, pero el Sol tiene un efecto similar sobre las masas de agua de la Tierra, aunque su magnitud es solamente del 46% que la de la Luna. Además, debido a las órbitas elípticas de la Tierra y de la Luna y a que sus declinaciones no son constantes, se tiene que en un lugar especial se puede tener un tipo de marea diferente que en otro, tanto en su tipo, como en su magnitud.



SEMIDIURNA



DIURNA



MIXTA

FIGURA III-28. TIPOS DE MAREAS

Por ejemplo, las mareas en el Golfo de México son del tipo diurno o mixto diurno (amplitud media del orden 0.45 m.), mientras que en el Pacífico Mexicano se encuentran mareas mixtas semidiurnas (amplitud media de 1.10 m. a 1.60 m.) y en la zona del Golfo de California, aunque también son del tipo mixto semidiurno, sus amplitudes son bastante más grandes (superior a 4.00 m)

Dentro de los tipos de mareas mencionados existen, a su vez, dos variantes que se conocen como mareas vivas y mareas muertas, las cuales dependen de la fase de la Luna (figuras III-29 y III-30).

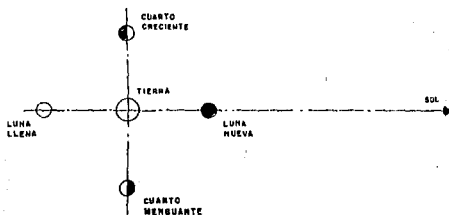


FIGURA III-29. LUNACIONES

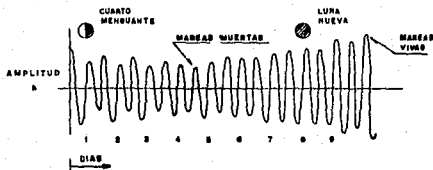


FIGURA III-30. MAREAS VIVAS Y MAREAS MUERTAS

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

De las figuras anteriores se puede observar que:

- En cuarto creciente y cuarto menguante, el Sol y la Luna no se encuentran alineados, no pudiéndose sumar sus efectos de atracción sobre las partículas de agua.
- En Luna nueva y llena, el Sol, la Luna y la Tierra se encuentran alineados provocando más altos niveles de agua que el promedio, mientras que en cuarto creciente y menguante son más bajos los niveles de agua.

Específicamente de la figura III-30, puede observarse que las mareas vivas y muertas ocurren algún tiempo o después que la ocurrencia de la fase de la Luna que las origina. Esto, nuevamente, es debido al tiempo de viaje del área del Polo Sur al lugar considerado y a los efectos de amortiguamiento y reflexión, etc.

Esta diferencia en tiempo es llamada edad de la marea.

Para un período de un año existe un fenómeno adicional, al cual se le conoce como marea de sicigias en el que se presentan los máximos niveles de los 12 meses y ocurre para el caso de Luna llena de equinoccio, ya que el Sol se encuentra lo más cercano a la tierra. A estas mareas (sicigias) se les puede considerar como las máximas mareas vivas durante todo el año, siendo, por consecuencia, las mínimas mareas muertas cuando se presenten el cuarto creciente o menguante en coincidencia con el solsticio.

Recapitulación.

En los párrafos anteriores, se explicaron los principios básicos que dominan el fenómeno mareográfico; a continuación se expone una recapitulación de los aspectos esenciales tratados.

Las mareas pueden ser de los siguientes tipos:

- Diurna: un pleamar y un bajamar por ciclo, en un período de 24 hrs. y 50 min. (valor promedio).
- Semidiurna: dos pleamares y dos bajamares durante dos sucesivos ciclos con período de 12 hrs. y 25 min. cada uno (valor promedio).
- Mixta: es la combinación de los dos tipos mencionados en primer término.

La desigualdad diaria, para mareas semidiurnas y mixtas, es la diferencia en altura entre los niveles de dos pleamares o bajamares sucesivos.

Marea viva es el máximo nivel que alcanza el agua en el mes (en realidad el aumento empieza desde la marea muerta), ocurriendo algún tiempo (la edad de la marea) después de aparecida la Luna llena o nueva.

Marea muerta es el mínimo nivel que alcanza el agua en el mes (decrece a partir de la marea viva), ocurriendo algún tiempo después que han aparecido los cuartos crecientes y menguantes.

Marea de sicigias es el máximo nivel alcanzado por el agua durante todo el año, como producto de la atracción de los astros (mareas astronómicas).

Distribución de las Mareas en los Océanos.

La medición de los valores que toma el nivel del mar en zonas profundas es difícil de realizar; la fuerza de Coriolis conjuntamente con las distintas profundidades del mar, provocan que el agua se mueva con cierta rotación, alrededor de unos ciertos puntos llamados "anfidrómicos". La figura III-31 muestra las "líneas cotidales" en el mundo, que son aquellas que unen los puntos con la marea en la misma fase, o lo que es igual que la presentación de la marea alta sucede al mismo tiempo.

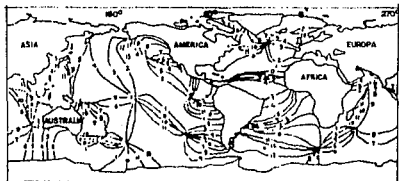


FIGURA III-31. LINEAS COTIDALES Y PUNTOS ANFIDROMICOS

Descripción Matemática.

Cuando se describió el origen de las mareas en párrafos previos, se estableció que una marea no consiste en un sólo movimiento, sino que es una combinación de varias componentes, debido a varias influencias.

Por mucho tiempo, varios investigadores han estado tratando de separar esas diversas componentes de la marea resultante, en primer lugar para poder entender más acerca del mecanismo de las mareas y, en segundo término, para estar en posibilidad de predecir los niveles de marea en el futuro.

Uno de los primeros métodos, el cual funcionó satisfactoriamente fué el del "Análisis Armónico", también conocido como "Método del Almitaltazgo", de sarrollado entre otros por Doodson en los años '30.

Este método describe el movimiento vertical del agua, causado por las mareas, como la superposición lineal de una serie de términos armónicos, llamados "constituyentes".

Cada una de estas constituyentes, para un cierto lugar e intervalo de tiempo, se caracteriza por tres factores:

- La amplitud h_j : La diferencia vertical en altura entre el más alto (o más bajo) nivel y el nivel promedio (m.).
 - El período W_j : El tiempo en horas requerido por el efecto de una componente para recurrir (expresado en grados/horas).
 - El ángulo de fase α_j : El tiempo transcurrido entre el paso de un astro (Luna o Sol) a través del meridiano del lugar considerado y el tiempo real de ocurrencia (expresado en grados).
- j : Tipo o clase de término armónico o constituyente.

A continuación, tabla III-10. se presentan los términos armónicos o constituyentes más frecuentemente usados, aunque el total de ellos asciende a más de 200, pero la influencia de los restantes en la mayoría de los lugares del mundo, cualquier forma, es relativamente pequeña.

TABLA III-10. PRINCIPALES CONSTANTES ARMONICAS

COMPONENTE (SIMBOLO)	C A U S A	W_j (°/hora)	T (hr) ($360^\circ/W_j$)
M_2	marea lunar	28.98	12.42
S_2	marea solar	30.00	12.00
N_2	elíptica larga de la Luna	28.44	12.66
K_2	marea semidiurna Luna/Sol	30.08	11.97
K_1	marea diurna Luna/Sol	15.04	23.94
O_1	marea diurna lunar	13.94	25.83
P_1	marea diurna solar	14.96	24.06

Los valores W_j y T expresados en la tabla son los mismos para cualquier lugar del mundo; los valores de h_j y a_j son únicos para cualquier lugar y se obtiene a partir de observaciones de campo. A continuación en la tabla III-11 se presentan, como ejemplo, los valores de estas dos últimas variables para el caso de Topolobampo en el Estado de Sinaloa.

TABLA III-11
CONSTANTES ARMONICAS PARA TOPOLOBAMPO
(longitud = 105° W)

COMPONENTE	h_j (m)	a_j (°)
M_2	0.300	297.91
S_2	0.212	293.76
N_2	0.065	305.02
K_2	0.068	292.17
K_1	0.256	87.84
O_1	0.174	82.68
P_1	0.087	90.98

* Instituto de Geofísica

De la explicación previa se desprende que, en un cierto lugar y para un tiempo dado cuando se conocen los valores de h_j y a_j , para cada uno de los componentes (M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 y P_1), el nivel ht de marea puede ser expresado como sigue:

$$ht = h_0 + \sum_{M_2}^{P_1} |h_j \cos(wjt - a_j)|$$

en la cual:

- ht , nivel del agua en el tiempo t (m)
- h_0 , nivel del agua promedio; es decir el promedio de una larga serie de observaciones horarias de marea (m)
- t , tiempo considerado (hr)

Cuando los valores de las componentes son conocidos, es también posible determinar el tipo de marea, calculando la relación:

$$f' = \frac{h_{K_1} + h_{O_1}}{h_{M_2} + h_{S_2}}$$

Cuando

$f' < 0.25$	predominante MAREA SEMIDIURNA
$0.25 < f' < 1.00$	predominante MAREA MIXTA
$1.00 < f'$	predominante MAREA DIURNA

Para el análisis de una marea (calculados h_j y a_j), se recomienda contar con un período de 29 días de observaciones horarias como mínimo. Para eliminar posibles efectos de mareas de tormenta, oleaje o errores mecánicos - en los instrumentos de medición, es recomendable también mayor cantidad de tiempo.

Marea de Tormenta.

Se define a la marea de tormenta como el aumento (o disminución) del nivel del agua arriba (o abajo) del nivel esperado, debido a la acción del esfuerzo del viento sobre la superficie del agua.

La marea de tormenta suele ser muy importante en áreas costeras sujetas a vientos ciclónicos o huracanados, ya que puede causar aumento o disminución de los niveles del agua debidos a las mareas astronómicas, por lo que para el caso de algunos proyectos específicos es de vital importancia tomar en cuenta su efecto. En el caso de mareas de tormenta positivas (aumento) el viento sopla contra la costa considerada y en el caso contrario (disminución) el viento sopla en la dirección opuesta (figura III-32).

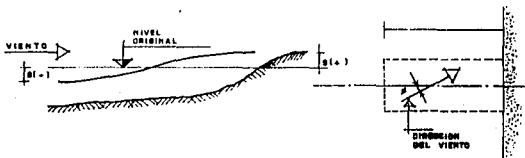


FIGURA III-32. MAREA DE TORMENTA

Una de las formas más simples para calcular la marea de tormenta, para el caso de dársenas cerradas o mares limitados, es mediante el empleo de la siguiente expresión debida a Bretschneider:

$$S = \frac{C V^2 F \cos \phi}{h}$$

en donde:

- S, marea de tormenta o sobreelevación (m)
 C, coeficiente cuyo valor se puede tomar de $0.4 \times 10^{-6} \text{ seg}^2/\text{m}$
 V, velocidad del viento a 6 metros arriba del nivel del mar (m/seg)
 F, fetch o longitud del área de mar sobre la cual el viento está soplando (m)
 ϕ , ángulo entre la dirección del viento y la línea centro o eje de el área considerada (ver figura III-32)
 h, profundidad promedio del área considerada medida normalmente a lo largo del eje del fetch (m)

El efecto de la marea resultante (astronómica y de tormenta), puede ser obtenido por la suma o superposición lineal de los niveles de cada una de ellas.

Los cálculos de S pueden, en muchos casos, ser difíciles ya que se carece de datos, pero cuando se dispone de registros de niveles de agua, es posible determinar de éstos los efectos de la marea de tormenta en esa área, mediante la resta de los niveles generados por la marea astronómica.

Marea Hidráulica.

Se denomina marea hidráulica; al efecto que se produce en la onda de marea al propagarse en un estrecho o en un golfo que se angosta en su extremo. Un caso típico de ella es el fenómeno que ocurre en el Golfo de California, en donde la amplitud de la marea en la parte Norte es bastante mayor que la correspondiente en la comunicación con el Océano Pacífico.

Aparatos para la Medición de las Mareas.

Las estaciones que sirven para obtener los registros de los niveles generados por las mareas, cualquiera que sea su índole, se les puede clasificar en primarias y secundarias. Las primarias cuentan con aparatos y/o instalaciones por un espacio de tiempo relativamente grande, mientras que las secundarias se instalan para cubrir necesidades específicas de algún proyecto de pequeña magnitud, siendo operadas durante corto tiempo.

Por su parte, los instrumentos destinados a la medición de las ondas de marea, se clasifican en dos: mareómetros y mareógrafos.

Mareómetros o regla de mareas.— Son indicadores del tipo más común y corriente, sin ningún mecanismo o dispositivo para realizar un registro automático de los niveles, por lo que es necesario que una persona efectúe las lecturas, en intervalos de tiempo (1 hora generalmente) fijados de acuerdo a las necesidades del estudio y del lugar. Consiste en una escala graduada (puede usarse un estadal), la cual es conveniente que se fije en un lugar apropiado, por ejemplo un pilote de un muelle, algún macizo rocoso, o tien-

do que instalarse en mar abierto se recurre al auxilio de una torre. La longitud de la escala quedará en función de la variación máxima que la marea pueda tener en el lugar que se trate (figura III-33).

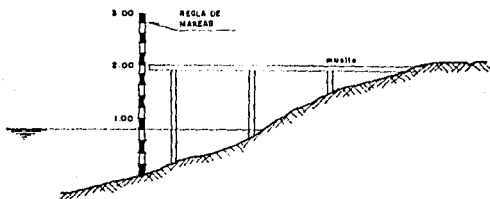


FIGURA III-33. REGLA DE MAREAS

Mareógrafo.— Están constituidos por algún mecanismo o dispositivo, que permite obtener en registro constante o prácticamente constante de los niveles del agua para cualquier fase de la marea. Los mareógrafos, a su vez, se puede subdividir en atención a la naturaleza del dispositivo que usan en: mecánicos, eléctricos, algunos de los cuales de este último tipo operan bajo el agua, es decir, se "fondean" en algunos lugares de la costa y periódicamente se recuperan para recoger la cinta donde gravan los datos registrados.

Sin embargo, los tipos mecánico y eléctrico-digital son los más usados en nuestro País, inclusive es el empleado por el Sistema Mareográfico Nacional; del tipo mecánico en la figura III-34 se presenta el esquema de su constitución. Para el caso de trabajos de medición de mareas durante corto tiempo, por ejemplo un mes, es común el uso de un limnógrafo, el cual viene siendo un mareógrafo mecánico o registrador de niveles.

- 1 CABETA DE PROTECCIÓN
- 2 MESA PARA SOSTENER EL MAREOGRAFO
- 3 MAREOGRAFO STANDARD
- 4 POLEAS FIJAS AL TECHO DE LA CABETA
- 5 CONTRAPESO
- 6 PLOTADOR DE LATON
- 7 TUBO DE 12" Ø TRATADO CONTRA LA ACCIÓN DEL MAR Y CON PERFORACIONES

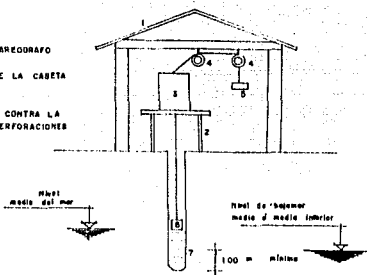


FIGURA III-34. MAREOGRAFO MECANICO

Sistema Mareográfico Nacional.

En México existe un Servicio Mareográfico Nacional, el cual desde el año de 1952 es operado por el Instituto de Geofísica, U.N.A.M., contando en la actualidad con 20 estaciones mareográficas instaladas en los principales puertos (13 en el Océano Pacífico y 7 en el Golfo de México), aunque cuenta con registros de otros lugares en donde alguna vez se operaron estaciones (figura III-35); este Servicio se encarga de la instalación, operación y mantenimiento de las estaciones, así como de la interpretación de los mareogramas, la obtención de los planos de referencia y el pronóstico de los niveles esperados, para lo cual anualmente edita las "Tablas de Predicción de Mareas"

Las citadas tablas contienen las horas a las que ocurren las pleamares y las bajamares, así como la altura de ellas en relación a un plano de referencia; de igual forma presentan la ubicación geográfica de las estaciones, las principales armónicas utilizadas y los diferentes niveles o planos generados por las mareas.

Dependiendo del tipo de marea (diurna, semidiurna o mixta) los planos de marea que se generan son:

Altura máxima registrada: nivel más alto registrado en la estación debido al efecto de un tsunami o ciclón combinado, probablemente con el de la marea astronómica.

Pleamar máxima registrada (PMR o HHW⁺): nivel más alto registrado debido a las fuerzas de marea periódica, o también a que tengan influencia sobre las mismas los factores meteorológicos.

1. Original en Inglés.

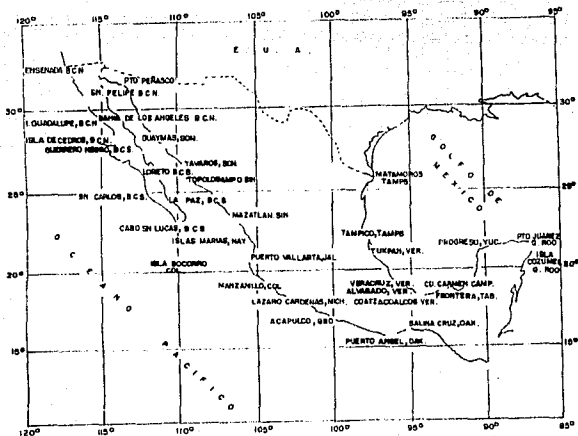


FIGURA III-35. SISTEMA MAREOGRAFICO NACIONAL

Nivel de pleamar media superior (NPMS o NHHM⁺): promedio de la más alta de las dos pleamares diarias, durante el período considerado en la estación (mareas semidiurna y mixta).

Nivel de pleamar media (NPM o NHM⁺): promedio de todas las pleamares durante el período considerado en cada estación; cuando el tipo de marea es --diurna, este plano se calcula haciendo el promedio de la pleamar más alta --diurna, lo que equivale a que la pleamar media en este caso sea lo mismo que la pleamar media superior.

Nivel medio del mar (NMM o MSL⁺): promedio de las alturas horarias durante el período registrado en la estación.

Nivel de media marea (MM o MTL⁺): plano equidistante entre la pleamar --media y la bajamar media; es decir se obtiene promediando estos dos valores.

Nivel de bajamar media (NBM o MLM⁺): promedio de todas las bajamars durante el período considerado en la estación; cuando el tipo de marea es diur

na, este plano se calcula haciendo el promedio de la bajamar más baja diaria, lo que equivale a que la bajamar media en este caso sea lo mismo que la bajamar media inferior.

Nivel de bajamar media inferior (NBMI o MLLW⁺): promedio de la más baja de las dos bajamars diarias, durante el período considerado en la estación (marca semidiurna y mixta).

Bajamar mínima registrada (BMR o LLW⁺): nivel más bajo registrado debido a las fuerzas de marea periódica, o también que tengan influencia sobre las mismas los factores meteorológicos.

Altura mínima registrada: nivel más bajo registrado en la estación debido al efecto de un tsunami o ciclón combinado, probablemente con el de la marea astronómica.

CORRIENTES.

El conocimiento de las corrientes y del transporte litoral es importante en la solución de problemas tales como:

a) En las obras de toma y descarga de plantas termoeléctricas. Conocer las corrientes litorales y sus velocidades permite calcular el descenso de la temperatura del agua descargada a medida que esta se aleje de la salida.

b) En el diseño de espigones, escolleras y rompeolas permite valuar su vida útil como estructura retenedora de sedimentos, antes de que el material empiece a pasar frente a ellas en cantidades similares o cercanas al transporte litoral playa arriba.

c) Para seleccionar el tipo y tamaño de equipos de dragado que se necesitan para pasar arena de una playa a otra separadas por la entrada de un puerto, obras de toma de una termoeléctrica y boca o desembocadura protegida para hacerla navegable. En general, de cualquier obra que haya interrumpido el transporte litoral.

d) Para el diseño y ubicación de obras de protección costera.

En general se puede definir a las corrientes como el desplazamiento de una masa de agua, determinadas por dos características: dirección y velocidad.

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirigen; es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en éstos se considera de donde sopla y no hacia donde sopla. La velocidad de una corriente se expresa tradicionalmente en nudos, cuando se trata aspectos relativos a la navegación (1 nudo = 1 milla marítima por hora = 1,853 m/hr.) o bien en m/seg.

Las corrientes para su estudio se pueden dividir en cuatro apartados: - corrientes oceánicas, corrientes inducidas por el viento, corrientes por marea y corrientes en la costa producidas por el oleaje. Aunque en relación a su ámbito pueden clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su relativa área de influencia, resultando obvia su diferenciación.

Corrientes Oceánicas.

Las causas que generan las corrientes marinas son esencialmente dos: -- viento y gradiente.

El viento como elemento generador opera por efecto del arrastre de las moléculas superficiales, las cuales a su vez, por rozamiento actúan sobre -- las moléculas más profundas, según sea la intensidad y persistencia del viento y, también, dependiendo de que haya o no elementos que se opongan al mantenimiento del flujo de aguas. Por lo tanto, este tipo de corrientes se puede decir que en general son prácticamente superficiales y de poca intensidad. Este tipo de corrientes coinciden en dirección con los vientos generales o planetarios (alisios y contralisios, etc.) y tienen una dirección más o menos constante en el transcurso del año.

El gradiente como elemento productor de las corrientes está determinado por las diferencias de densidad de las masas de agua, la cual es función de la temperatura y la salinidad. Es por ello que algunas corrientes presentan componentes en el plano vertical, que implica el transbase de masas de agua de uno a otro plano potencial o estrato.

Una serie de elementos circunstanciales contribuyen a matizar a las corrientes cualquiera que sea su origen. La configuración litoral y la topografía del fondo son dos de estos elementos; asimismo, influye la inercia de la misma corriente, una vez generada.

La aportación de agua dulce puede ser también un elemento característico de un esquema de corrientes, tratándose de corrientes que involucran una gran cantidad de masa de agua; la fuerza de Coriolis es otro agente que define un determinado comportamiento.

Si se atiende a la temperatura de las aguas, las corrientes, se clasifican como calientes y frías y basan su importancia fundamental en el hecho de que determinan ciertos comportamientos de orden biológico, en relación a la presencia de especies vegetales y animales. Las principales corrientes de este tipo a nivel mundial se presentan en la figura III-36.

Corrientes Locales Inducidas por Viento.

Cuando el viento sopla sobre la superficie libre del mar, se produce un esfuerzo cortante sobre el agua y las partículas que cuando el viento no actuaba describía órbitas elípticas casi cerradas al paso de las olas, ahora -- tendrán una resultante de translación importante.

Considerando la acción de un viento ideal, de velocidad constante, so--

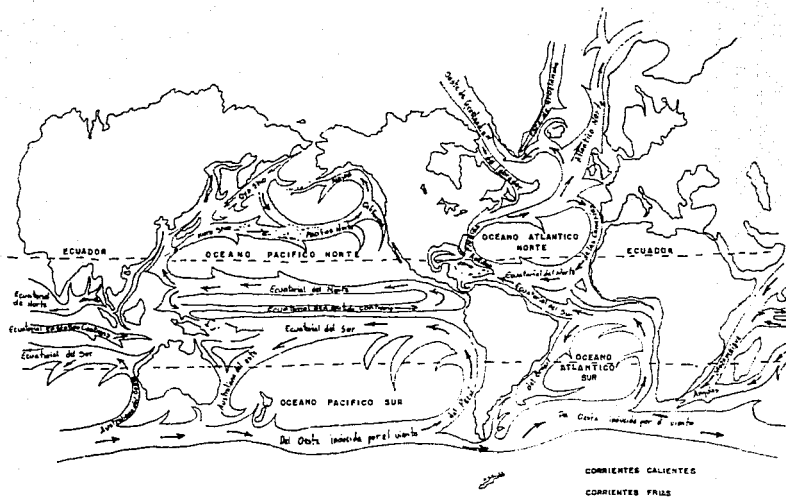


FIGURA III-36. CORRIENTES OCEANICAS EN EL MUNDO

plando sobre una superficie o plano de agua de extensión infinita, y tomando en cuenta las fuerzas de fricción y Coriolis, se dedujeron las siguientes expresiones (Ekman 1905), las cuales son válidas para el hemisferio Norte:

$$U = U_s e^{-az} \cos(45^\circ - az) \quad \dots(A)$$

$$V = U_s e^{-az} \sin(45^\circ - az)$$

en donde:

- U , velocidad del viento
- V , componente de la velocidad de la corriente en la dirección del viento
- U_s , velocidad absoluta de la corriente en la superficie
- z , coordenada vertical con desarrollo positivo hacia abajo

$$a = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\rho_w \Omega \sin \phi}{\mu}}$$

ρ_w , densidad del agua

Ω , velocidad angular de la tierra

ϕ , grados latitud

μ , viscosidad del agua

Si se aplica la expresión A para la superficie del agua ($z=0$), se observará que la corriente en su dirección presenta una desviación de 45° con respecto a la del viento. Para valores crecientes de z ésta diferencia de dirección se incrementa, mientras que la velocidad de la corriente decrece; para una profundidad $z = \pi/a$, el sentido de la corriente es opuesto al correspondiente en la superficie. A la representación gráfica de este comportamiento se le llama "espiral de Ekman" (figura III-37).

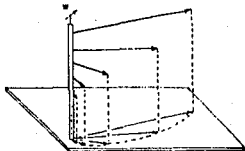


FIGURA III-37. VARIACION CON LA PROFUNDIDAD DE LA DIRECCION E INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE DE ARRASTRE (espiral de Ekman)

Otros autores (Rossby y Montgomery) mediante la aplicación de la teoría, llegaron a los valores que se indican en la siguiente tabla.

TABLA III-12. RELACIONES DE U_s/U_0

LATITUD (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO SUPERFICIAL U_0 (m/seg)			
	5	10	15	20
15	0.0317	0.0291	0.0276	0.0266
30	0.0292	0.0268	0.0254	0.0245
45	0.0280	0.0256	0.0243	0.0234
60	0.0273	0.0249	0.0237	0.0228
75	0.0269	0.0246	0.0234	0.0226
90	0.0268	0.0245	0.0233	0.0225

Cabe señalar que los valores antes presentados, y los que pudieran deducirse a partir de la aplicación de las ecuaciones, deben de considerarse meramente orientativos ya que en la realidad en la generación de corrientes -- por vientos locales son muchos los parámetros que intervienen, siendo lo más conveniente en un caso práctico realizar mediciones directas.

Corrientes por Marea.

La elevación y descenso del nivel del agua genera movimientos notables en las masas líquidas, sobre todo en zonas costeras en donde la comunicación con el mar abierto está relativamente restringida (estuarios, bahías, entradas a puerto, desembocaduras, etc.), genera las llamadas corrientes de marea.

A su vez, este tipo de corrientes se subdividen en: "corrientes rotatorias", cuando su rumbo varía escalonadamente conforme la rosa de los vientos, en uno u otro sentido, a medida que la marea progresa; "corrientes pendulares", cuando el sentido de la corriente cambia según el estado de la marea - (flujo o reflujo); y "corrientes hidráulicas", caracterizadas por el efecto de represamiento de las aguas producido por una especial configuración de la costa.

La característica primordial de este tipo de corrientes es su periodicidad que puede ser diurna o semidiurna-mixta, según sea la marea astronómica. En las entradas la corriente de una marea fluye en dos sentidos; cuando está creciendo hacia la zona interna (flujo) y cuando está descendiendo hacia mar adentro (reflujo); las velocidades máximas obtenidas en estas zonas normalmente están defasadas respecto a los momentos de presentación de las pleamares o bajamares.

Las características de las corrientes de marea, como es fácil de comprender, cambian de un lugar a otro, dependiendo en primer término del carácter de la marea y en función también de la profundidad y configuración del terreno donde se desarrolla. Por lo tanto no son recomendables las expresio-

nes analíticas para su cálculo, haciéndose necesario su medición directa.

Los efectos producidos por las corrientes de marea interesan al ingeniero, por lo general, en las zonas inmediatas al litoral; en zonas de mar profundo estas corrientes mantienen una rotación periódica por causa de la fuerza de Coriolis con velocidades relativamente bajas. Por el contrario, en las proximidades de las costas especialmente en las zonas estrechas, como las antes mencionadas, las velocidades pueden llegar a ser bastante considerables dando lugar a problemas de diversa índole, como pueden ser el transporte de sedimentos, accesos de puertos, transporte de contaminantes, etc.

Corrientes producidas por oleaje.

Como se vió en un subcapítulo anterior que trató el fenómeno del oleaje, para ciertos valores de la profundidad del fondo en relación a la altura de la ola, ésta tiende a romper, modificando sustancialmente las características del transporte de masa líquida y, en consecuencia, provocando corrientes.

La importancia de las corrientes producidas por el oleaje radica fundamentalmente en el hecho de que son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros.

En función de la dirección de su movimiento estas corrientes se clasifican en dos tipos:

- a) corrientes normales a la costa
- b) corrientes paralelas a la costa

a) Corrientes normales a la costa: Son generadas por la necesidad de evacuación del volumen de agua sobrante que ha sido empujado y acumulado contra la playa en el estrán (figura III-38), debido a la acción del oleaje y del viento; este exceso de volumen se manifiesta con una sobre elevación del nivel del mar en la zona de rompientes.

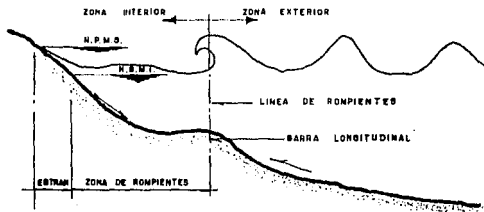


FIGURA III-38. ZONA DE ROMPIENTES Y ESTRAN

Este tipo de corrientes, a su vez, pueden tomar dos formas. La primera se denomina resaca (undertow) y se manifiesta como un flujo difuso que arranca del estrán desplazándose próximo al fondo hacia mar adentro a lo largo de prácticamente toda la playa; esta corriente desaparece a la altura de la línea de rompientes no produciendo, entonces, ninguna renovación apreciable -- del agua.

La segunda forma se denomina corriente de retorno (ripcurrent) y se presenta en forma de chorro concentrado, atravesando la línea de rompientes para expandirse luego (figura III-39).



FIGURA III-39. CORRIENTE DE RETORNO

Las corrientes de retorno presentan gran dificultad para su análisis, dada su movilidad y los múltiples parámetros que en ella intervienen, como son: la topografía del fondo, la interacción entre las olas y las corrientes, etc.

Cuando se tiene una incidencia normal del oleaje a la playa, algunos estudios han indicado que se forman células cerradas de circulación de las corrientes (figura III-40).

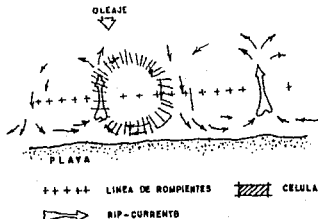


FIGURA III-40. CELULAS DE CIRCULACION CERRADAS

La importancia de este tipo de corrientes estriba en que producen una clasificación en los sedimentos de las playas, la cual interviene en su balance o estabilidad.

b) Corrientes paralelas a la costa: Lo más común en una playa es que el oleaje incida formando un cierto ángulo con ella, es decir oblicuamente, bien sea debido a la refracción que sufre en su acercamiento o por la dirección con que fué generado; debido a ello se formará una corriente paralela a la costa localizada entre la línea de rompientes y la orilla. Esta corriente recibe el nombre de "corriente litoral" o corriente a lo largo de la costa (long shore current).

Se considera generalmente que esta corriente es la principal responsable de transportar a los sedimentos a lo largo de la costa, una vez que el sedimento ha sido puesto en suspensión en la rotura de la ola; por tal razón es muy importante dentro de la ingeniería de costas conocerla cuantitativa y cualitativamente. En tal sentido, se han desarrollado diversas expresiones que permiten su cálculo, algunas de las cuales se presentan a continuación.

i.- LONGUET-HIGGINS (modificada)

$$V = 20.7 m (g/lb)^{1/2} \text{ Sen } 2 \alpha b$$

ii.- INMAN-QUINN

$$V = \left[\left(\frac{1}{4x^2} + y \right)^{1/2} - \frac{1}{2x} \right]^2$$

iii.- GALVIN

$$V = g T \text{ tg } \beta \text{ Sen } 2 \alpha b$$

en las cuales:

- V, velocidad de la corriente longitudinal (pie/seg)
- m, pendiente de la playa en la zona de rompientes
- g, aceleración de la gravedad (pie²/seg)
- lb, altura de ola rompiente (pies)
- αb , ángulo de incidencia del oleaje en la rompiente (grados)
- x, $(108.3 \text{ Hb tg } \beta \text{ Cos } \alpha b) / T$
- β , ángulo de la pendiente de la playa (grados)
- T, período del oleaje (seg)
- Y, $C_b \text{ Sen } \alpha b$
- C_b , $\sqrt{2.28 g \text{ lb}}$

Medición.

Para la medición de las corrientes marinas, se pueden emplear diferentes dispositivos y aparatos.

Las corrientes oceánicas, las de marea y las producidas por el oleaje -

transportan los materiales que forman las costas o que transportan los ríos, depositándolos en las bahías o en los recintos portuarios y contribuyen a -- configurar las playas. Por lo anterior deben medirse con precisión la velocidad y dirección de las corrientes cercanas a la costa.

Cualquiera que sea la forma de medirlas, se debe anotar la hora de la observación para relacionarla posteriormente con la marea.

Flotadores y crucetas.

Dentro de los métodos para medir una corriente, los flotadores constituyen la forma más sencilla de obtenerla. La medición se realiza siguiendo la trayectoria de los flotadores u objetos arrastrados por la corriente.

El uso de los flotadores es conveniente y económico, pero no recomendable cuando la velocidad es pequeña o hay mucho viento; cuando no lo hay y el oleaje es de pequeña altura, los resultados llegan a ser muy confiables.

A diferencia de los flotadores, que solo sirven para estimar la corriente superficial, las crucetas y los objetos lastrados permiten conocer la corriente a cualquier profundidad (figura III-41).

Después de lanzar el instrumento se observa su posición y se sigue su trayectoria con dos tránsitos localizados en la playa al ubicar los puntos en un plano y anotar en cada uno el tiempo de observación se conoce tanto la trayectoria del flotador como la velocidad de la corriente entre puntos.

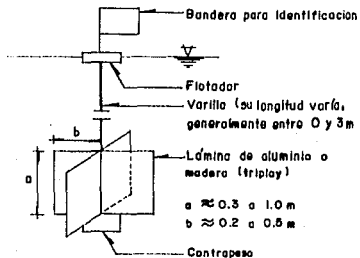


FIGURA III-41. FLOTADOR LASTRADO

Medidores de corriente convencionales.

Existe una gran variedad de ellos, clasificándose en dos: los que ope--

ran bajo la presión de la corriente como es, por ejemplo, el tubo de Pitot, la placa de presión o esfera y los que tienen una propela o hélice y que, generalmente, se denominan como molinetes.

Medidores de corriente automáticos.

Los transductores o corrientímetros para medir flujos son de cuatro tipos de resistencia, de arrastre o empuje, de propela y acústico.

- a) Los corrientímetros de resistencia son sensores que están sujetos a una estructura fija, a los cuales las fuerzas que el flujo produce debido a su velocidad, desplazan o deforman.
- b) Los corrientímetros de arrastre o empuje hacen girar dos o cuatro semicilindros de eje vertical.
- c) Los de propela son aquellos en que esta gira alrededor de un eje horizontal.
- d) Los acústicos miden las diferencias de la velocidad del sonido emitida en direcciones opuestas.

La velocidad de una corriente en el mar puede llegar a valer más de 3m/s. En el estudio de las corrientes marinas conviene efectuar mediciones simultáneas en tiempo y en diferentes posiciones. Un impedimento para lograr mediciones de corriente con cierto éxito es el costo, pues resulta demasiado costoso el disponer de cuatro o más corrientímetros en operación simultánea. Una de las causas que provoca mayor error en la medición de las corrientes es la oscilación del cable del que a veces se suspende al corrientímetro. Por ello -- conviene apoyar estos equipos sobre una estructura más rígida, como puede ser la parte superior de un tubo hincado en el fondo.

Observaciones en la costa.

Los diferentes tipos de medidores presentan ventajas y desventajas, por eso es necesario decidir su uso desde un punto de vista económico, de acuerdo con el objetivo que se pretende (ya sea observaciones de corrientes de las mareas, litorales o estuarios) y del sitio de observación.

Observaciones de corrientes de marea. Las observaciones en un punto fijo tienen como finalidad obtener las propiedades generales de las corrientes de marea. El lugar para establecer dicho punto fijo se escogerá donde los datos sean más útiles, considerando el objetivo de la investigación o de los proyectos, y la situación general del área donde se van a efectuar las observaciones.

Observaciones de corrientes en el litoral. La observación de la corriente del litoral se dificulta a causa de las condiciones particulares del oleaje, y a la excesiva turbulencia. Su obtención se lleva a cabo lanzando objetos o tintes; sin embargo, recientemente se dispone ya de medidores automáticos (figura III-42).

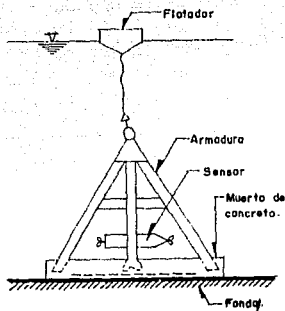


FIGURA III-42. INSTALACION PARA LA OBSERVACION DE CORRIENTES LITORALES

ASPECTOS MORFOLOGICOS.

En las costas se manifiestan los fenómenos del mar que en aguas oceánicas de profundidades indefinidas es difícil captar y medir. Así por ejemplo las albuferas, los esteros y las lagunas en las costas, permiten apreciar la existencia de corrientes producidas por las mareas, que se manifiestan en forma de flujo y que al incidir sobre las costas generan el acarreo de sólidos a lo largo de ésta.

De este modo, es que resulta conveniente tener el conocimiento previo de la morfología de los litorales y las características de las costas, para que en el momento de tomar la decisión de construir una estructura costera como pudiera ser los espigones, los rompeolas, las escolleras, los muelles y los dragados en canales y dársenas, se conozca desde luego qué acción tendrán sobre ella los procesos litorales o de qué manera se alterarán las condiciones naturales del lugar, por la presencia de estas estructuras.

El Oleaje en Aguas Reducidas y sus Peculiaridades.

La influencia de los fondos submarinos en las masas de agua y la presencia de obstáculos en la costa, imprimen a los trenes de olas algunas características que las diferencian de las olas en profundidades indefinidas, dando se los fenómenos de REFRACCION, DIFRACCION Y REFLEXION.

a) REFRACCION.- Las olas sufren modificaciones en sus características -

por el efecto que sobre ellas tiene el fondo del océano; en este caso las ondas, en términos muy generales, tienden a adoptar las características topográficas del fondo del mar (figura III-43).

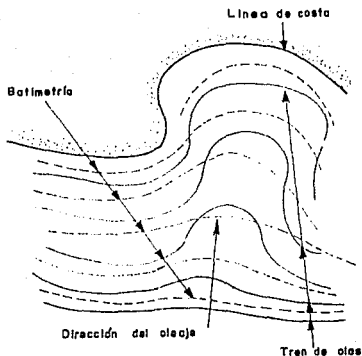


FIGURA III-43. EL FENÓMENO DE LA REFRACCION

b) **DIFRACCION.**- Fenómeno que se presenta cuando un tren de olas se ve parcialmente interceptado en su avance, por un obstáculo, bien sea natural o artificial. El obstáculo produce cambios en la dirección de incidencia (figura III-44), por lo que a este fenómeno también se le conoce con el nombre de Expansión Lateral de la Ola.

c) **REFLEXION.**- Este fenómeno se presenta cuando la ola encuentra a su paso un obstáculo de pared vertical que refleja a la onda, fenómeno en el cual el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia. Este efecto se ilustra mejor cuando se tiene un obstáculo aislado, como se muestra en la figura III-45.

El efecto contrario al que produce un muro reflejante, se tiene con un obstáculo de pendiente suave, en el cual la ola disipa su energía totalmente, haciendo que estas rompa, como se ilustra en la figura III-46.

El rompimiento de la ola se debe al cambio de movimiento de las partículas de agua, de orbital o turbulento, por la presencia del fondo submarino, de ahí que sea importante conocer la posición de la rompiente respecto a la

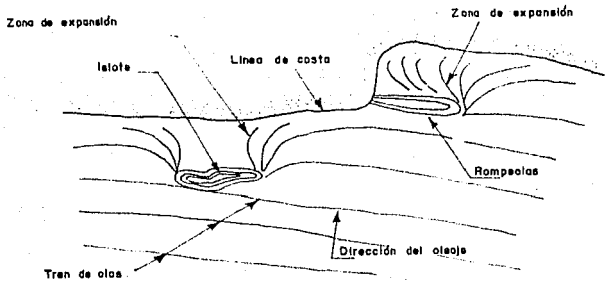


FIGURA III-44. LA DIFRACCIÓN (EXPANSIÓN LATERAL) A LA IZQUIERDA EL FENÓMENO ES PRODUCIDO POR UN OBSTÁCULO NATURAL, Y A LA DERECHA POR UNA ESTRUCTURA.

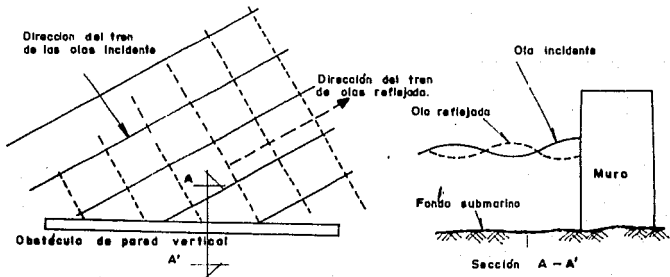


FIGURA III-45. LA REFLEXIÓN, FENÓMENO PRODUCIDO POR UN OBSTÁCULO DE PARED VERTICAL.

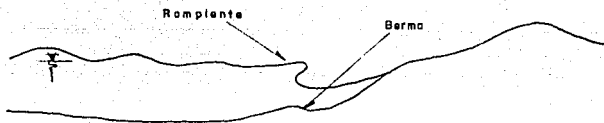


FIGURA III-46. ROMPIMIENTO DE LA OLA SOBRE UNA PLAYA DE PENDIENTE SUAVE.

línea de playa, así como las características del oleaje, datos necesarios para dimensionar las obras marítimas que se construyan en la costa.

Procesos Litorales.

La franja del terreno que está expuesta a la acción del oleaje producido por el viento y las mareas, recibe el nombre de COSTA y a la zona de la costa que queda cubierta y descubierta por el agua, se le conoce con el nombre de PLAYA, si está formada por material suelto y arredondado.

A) CLASIFICACION DE PLAYAS. Las playas se clasifican en función de las características de los materiales que las forman; así se tienen:

a) Playas finas, aquéllas en las que el tamaño de sus elementos componentes es menor a 0.05 mm. y tiene alto contenido de limos y arcillas.

b) Playas gruesas, formadas por boleos, gravas y arenas, el tamaño de los materiales varía desde 0.05 mm. hasta 250 mm.

c) Playas rocosas, que se dan como resultado del aporte de grandes masas de roca que llegan a fracturarse por la acción reiterada del oleaje sobre los acantilados.

Las playas formadas con materiales gruesos son características de costas en proceso de erosión y con poca protección contra el oleaje, en cambio las playas formadas con materiales finos es común encontrarlas en bahías y caletas muy abrigadas.

B) LA FORMACION DE PLAYAS. Las playas se forman cuando los volúmenes de aporte son mayores que los volúmenes que salen del área y se erosionan cuando se presenta el caso contrario.

Las playas deben su existencia a los materiales cuyo origen pueden ser:

a) Playero, si proviene de playas adyacentes transportado por las co

rientes litorales, hasta la playa en estudio.

b) De erosión de la costa, cuando el material es aportado por los acantilados, los cuales son erosionados constantemente por la acción del oleaje.

c) Terrígeno, cuando existe aporte de material acarreado desde tierra adentro, por los ríos y esteros y en menor grado por el viento cuando actúa sobre las dunas que existen a lo largo de la costa y el material es empujado hacia el mar.

Es posible que las fuentes de abastecimiento de una playa, sean en un caso particular más de dos y se tenga heterogeneidad en los componentes del material que la forman, en tal caso solamente el análisis mineralógico y la localización de las fuentes de abastecimiento permitirán conocer cuál o cuáles de las fuentes tiene mayor importancia, por el volumen de sólidos que aportan.

La forma de conocer la existencia de las fuentes de abastecimiento y su dirección de acarreo, puede ser mediante la inspección directa de la costa o mediante la toma periódica de fotografías aéreas (en diferentes épocas del año), para así estar en posibilidad de determinar la dirección de la desembocadura de los ríos, de las lagunas costeras y los esteros, la forma de las costas (cantiles y playas), el ancho de las playas, la presencia de dunas, etc., y poder clasificar cuales pudieran ser áreas de aporte (erosión) y las de acumulamiento (azolve), de material.

Dependiendo de los procesos costeros, las playas pueden estar en equilibrio, o bajo un proceso erosivo o uno de sedimentación.

Si una costa está en equilibrio, puede ser estático o dinámico. El primer caso se presenta cuando el material de la playa no es transportado y el segundo caso cuando la cantidad de material que entra es sensiblemente igual a la cantidad de sólidos que sale de la misma.

C) Los elementos componentes de una playa son: (figura III-47).

a) La zona exterior, considerada a partir de la primera línea de rompiente de la ola hacia el mar.

b) La zona interior, dividida en dos regiones.

i) Zona de rompientes, que es el área definida por la primera línea de rompiente y la intersección de los planos del nivel de bajamar media inferior), con el de la costa. Por efecto de la rotura de la ola, se forman barras longitudinales y a su pie, bermas o depresiones, que sirven de canales a las corrientes que se generan a lo largo de la playa. Se observa que a mayor agitación, más acusada es la forma de las barras y las bermas.

ii) El estrán, definido por la traza del nivel de bajas mareas y la línea de costa, con la traza que define la línea de alcance máximo de la

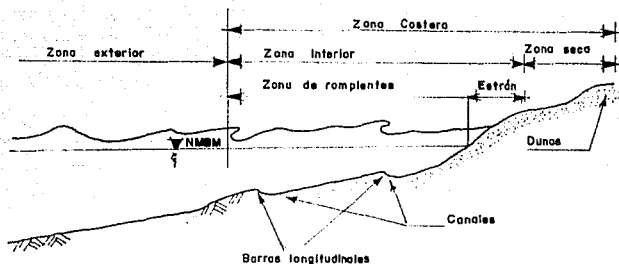


FIGURA III-47. LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UNA PLAYA

ola

Al estrán le sigue la llamada berma playera, formada por el material -- que aportan las olas al romper, el cual se acusa más con la disminución de la agitación y la zona seca, o sea los montículos cercanos a la playa (dunas), cuyas características dependerán de factores tales como la pendiente de la playa, la mayor o menor agitación del mar, la dirección de los vientos, su intensidad y frecuencia y factores como el tipo de vegetación que exista en el lugar y los estabilice.

En un corte transversal como el de la figura III-47, los materiales componentes de la playa, tendrán un tamaño mayor en el estrán y su diámetro disminuirá con la profundidad, esto sin considerar que la pendiente de la playa está íntimamente relacionada con el tamaño de sus componentes.

D) EL TRANSPORTE LITORAL. Es el movimiento de sedimentos en una región determinada de la costa, producido por las corrientes de marea y el oleaje.

La modificación de una costa puede deberse a:

a) La influencia del oleaje y las corrientes que producen el acarreo litoral o que,

b) La pendiente del perfil de la costa no haya alcanzado el ángulo -- que permita el equilibrio de sus materiales componentes.

El transporte de los materiales a lo largo de la costa se produce -- cuando la ola al romper forma un cierto ángulo con la misma, dando por resultado la existencia de una componente paralela al eje longitudinal, que es la

que produce un desplazamiento de masas de agua y una tendencia al acarreo de sólidos en esa dirección.

A la tendencia al acarreo de sólidos se lo conoce con el nombre de potencia transportadora, independientemente de que los materiales constitutivos de la playa sobre los que actúa, sean o no susceptibles de ser transportados.

Cuando una playa está en equilibrio y tiene transporte litoral neto anual en una dirección y en ella se construyen rompeolas o escolleras es indispensable pasar mecánicamente la arena acumulada por la escollera de transporte arriba hacia la playa que queda hacia transporte abajo. La forma de hacerlo es mediante dragado colocando una instalación fija, o utilizando cargadores mecánicos y camiones (ver figura III-48).

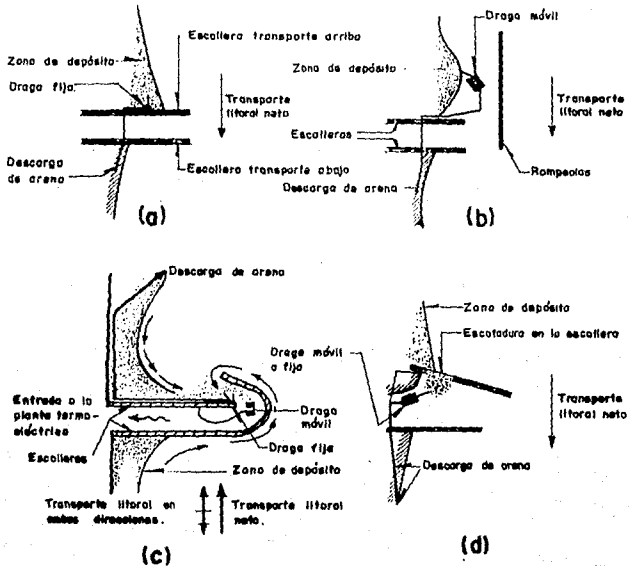


FIGURA III-48. DIFERENTES SISTEMAS DE BY-PASS DE ARENA

Formaciones Litorales.

La conjugación de factores meteorológicos y morfológicos de la costa, da origen a ciertas formaciones a lo largo del litoral, tales como:

a) LAS FLECHAS LITORALES o CORDONES LITORALES, cuya existencia se debe a la presencia de discontinuidades bruscas en las playa donde se deposita el material al decaer notablemente la acción de la corriente por una disminución en su velocidad, propiciando de esta manera su crecimiento acelerado.

Las flechas pueden ser naturales o artificiales; ejemplos del primer caso se tienen en la desembocadura de una laguna o de un estero (figura III-49), y en el segundo caso el ejemplo lo es un ranchoas (figura III-50).

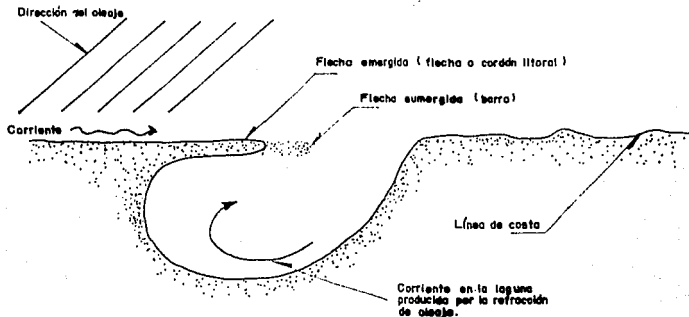


FIGURA III-49. FORMACION DE FLECHAS, PRODUCIDAS POR LAS CONDICIONES NATURALES DE LA COSTA

Las flechas pueden ser: sumergidas y se les conoce con el nombre de barras o emergidas y entonces reciben el nombre de flechas litorales.

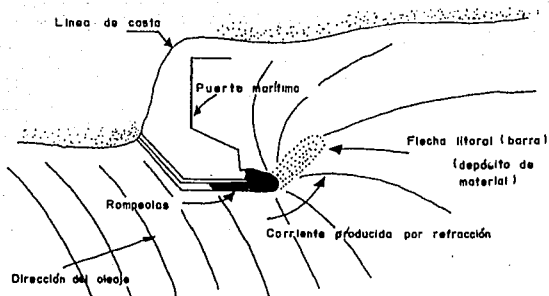


FIGURA III-50. FORMACION DE FLECHAS PRODUCTO DE OBSTACULOS ARTIFICIALES

b) LOS TÓMBOLOS, son formaciones que se presentan cuando el transporte litoral es interpuerto de alguna manera por un obstáculo que se coloca a una cierta distancia y paralelo a la línea de costa, formando así una zona de calma, de modo que al perder capacidad de transporte la corriente, el material comienza a depositarse hasta que el obstáculo se une con la línea de costa.

Los tómbolos pueden formarse en forma natural al existir un islote - que propicie el fenómeno, como se ilustra en la figura III-51 o crearse artificialmente (figura III-52), construyendo un rompeolas paralelo al eje longitudinal de la costa, recurso del que se echa mano cuando se pretende disminuir los volúmenes de acarreo litoral que pudieran tener alguna influencia - en la entrada de un puerto, formada por escolleras en la desembocadura de un río, o el rompeolas de un puerto marítimo.

En la formación de un tómbolo artificial paralelo a la playa se toman en cuenta los siguientes factores:

i) Angulo de incidencia del tren de olas con respecto a la playa, -- que da lugar a que el tómbolo pueda ser simétrico (figura III-51) o asimétrico (figura III-52).

ii) Características de las olas.

iii) Separación del tómbolo de la playa.

iv) Longitud del rompeolas paralelo (tómbolo), a la playa.

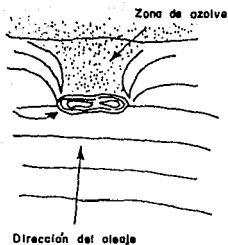


FIGURA III-51. TÓMBOLO NATURAL
(SIMÉTRICO)

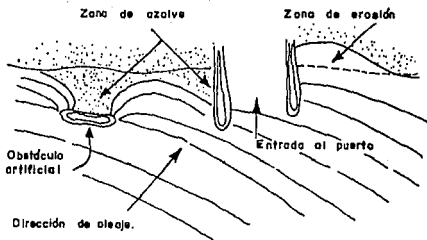


FIGURA III-52. TÓMBOLO ARTIFICIAL
(ASIMÉTRICO)

III-C. INTEGRACION DE INFORMACION.

En un proyecto de desarrollo portuario, la labor de los ingenieros abarca un largo período de tiempo. Comenzando con estudios iniciales del potencial del desarrollo de diversas ubicaciones posibles, se estima en términos aproximados los costos de las propuestas de ingeniería que satisfacen las necesidades de zonas marítimas y terrestres a fin de proporcionar una base para la evaluación de la inversión y para la decisión sobre el proyecto. Luego se preparan los dibujos y especificaciones detallados, se celebran contratos, se supervisa la labor de construcción, y, finalmente, se entregan las nuevas instalaciones a la autoridad encargada de la explotación.

En la labor de los ingenieros en el seno del equipo encargado del proyecto un elemento muy importante es que las estimaciones sean realistas. Para ello debe partirse de un buen conocimiento de las características físicas del lugar y una plena comprensión de las necesidades de los diversos tipos de tráfico marítimos y portuarios.

Pueden utilizarse, como complemento de los estudios sobre el terreno, técnicas especiales con modelos hidráulicos para prever las modificaciones debidas a las obras de construcción portuaria. En el cuadro III-1 figura la lista de investigaciones necesarias en posibles emplazamientos de puertos, junto con sus características y su influencia en el diseño.

CUADRO III-1. LISTA DE INVESTIGACIONES EN POSIBLES EMPLAZAMIENTOS

INVESTIGACION	CARACTERISTICAS FISICAS ESTUDIADAS	INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE PUERTOS
Estudio batimétrico o estudio con el sonar de barrido lateral.	Profundidad de agua Perfil, obstáculos, etc.	Elección del acceso marítimo Ubicación de las instalaciones portuarias.
Estudio topográfico	Topografía del litoral	Tipo de puerto. Facilidad de acceso hacia tierra Superficie de las zonas de tierra disponibles.
Estudio meteorológico	Vientos dominantes (velocidad, dirección, duración de las ráfagas) Frecuencia y fuerza de las tempestades. Visibilidad. Pluviosidad.	Orientación del canal de acceso, entrada al puerto y muelles. Diseño de escolleras. Espacio necesario para las maniobras de los buques. Capacidad perdida por interrupción del trabajo. Ayudas a la navegación.
Estudios oceanográficos e hidráulicos	Olas Estadísticas del oleaje de alta mar Características locales de las olas Olas ciclónicas Amplitud Frecuencia Corrientes Corrientes litorales y esturiales (intensidad, dirección, variaciones) Corrientes de marea Mareas Nivel medio del agua. Fluctuación de las mareas (amplitud-estadística).	Diseño de escolleras Perfil del canal y del fondo del puerto. Perfil de las riberas, playas, muros de muelles. Orientación de canales, malecones, etc. Necesidades en materia de dragado de mantenimiento. Diseño de los muros de muelles Necesidades de esclusas y dársenas Espacio necesario para las maniobras de los buques.

CUADRO III-1. LISTA DE INVESTIGACIONES EN POSIBLES EMPLAZAMIENTOS (CONTINUACION)

INVESTIGACION	CARACTERISTICAS FISICAS ESTUDIADAS	INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE PUERTOS
	<p>Sedimentación Régimen de la deriva litoral Zonas de estabilidad, erosión y sedimentación. Entarquinamiento de los ríos.</p>	
<p>Estudio geotécnico (investigación del suelo)</p>	<p>Geología Sondeo sísmico de los estratos del suelo. Exploración del subsuelo Nivel medio del agua. Propiedades mecánicas de las rocas, etc. Penetrabilidad y resistencia al esfuerzo cortante de los suelos blandos.</p>	<p>Diseño de estructuras portuarias. Diseño y costo de los programas de dragados y terraplenado.</p>
<p>Análisis de las propiedades del agua</p>	<p>Características físico-químicas del agua Salinidad. Contaminación. Turbidez.</p>	<p>Corrosión de estructuras. Completa los datos para las investigaciones sobre sedimentación. Suministra datos para el estudio de las consecuencias sobre el medio ambiente.</p>
<p>Estudio de las consecuencias sobre el medio ambiente</p>	<p>Fauna y flora marinas Usos actuales y futuros de la tierra</p>	<p>Efectos de los trabajos portuarios sobre diferentes especies. Problemas para la pesca. Consecuencia de los trabajos sobre: la agricultura, el desarrollo urbano, las actividades de recreo, los lugares y monumentos históricos.</p>

III-D. ESTUDIOS EN MODELO REDUCIDO.

Las técnicas de construcción de modelos hidráulicos, tanto físicos como matemáticos, están progresando rápidamente. En muchos proyectos no habrá necesidad de estudios en modelos, pero en ciertas situaciones especiales es importante la utilización de modelos para la previsión de las modificaciones debidas a las obras de desarrollo propuestas y para la realización de economías en los costos de construcción y conservación.

Las investigaciones con modelos para la planificación y el diseño de puertos se efectúan generalmente en colaboración con un instituto importante de investigaciones hidráulicas, y normalmente el ingeniero discutirá los requisitos del proyecto con una de esas organizaciones antes de formular un programa de investigación aplicada.

Mediante los modelos se estudian normalmente tres características físicas del medio del puerto: el movimiento del agua y sus efectos sobre los buques; el movimiento del suelo y sus efectos sobre las zonas de navegación y los efectos del medio marino sobre la estabilidad y la seguridad de las estructuras.

Un modelo hidráulico de la disposición propuesta para un puerto permite medir la acción de las olas para varias configuraciones de los espigones y diversos emplazamientos de los muelles y escoger la solución óptima. Los modelos sencillos comparan la altura de las olas por medición directa, pero hay técnicas más complicadas que permiten estudiar el movimiento en maquetas de buques.

En un puerto situado en un río o en un estuario, la construcción de nuevas instalaciones puede alterar la altura y la velocidad de la marea, lo cual influye a su vez sobre el movimiento de los materiales del fondo y sobre la sedimentación y la erosión en los canales de navegación. Hay modelos matemáticos y modelos físicos para la previsión de esas modificaciones que son para el ingeniero un medio valioso de apreciar la mejor solución. Se trata de una labor especializada que necesita una experiencia considerable; a menudo se precisan mediciones muy cuidadosas sobre el terreno y un considerable trabajo de experimentación para obtener resultados útiles.

Los movimientos de la costa causados por un nuevo proyecto pueden estudiarse adecuadamente mediante modelos matemáticos, y también pueden utilizarse técnicas similares para determinar, por ejemplo, la alteración de la acción de las olas provocada por el dragado de un canal o por el hecho de depositar material de dragado frente a la costa. Además de los modelos normales de tres dimensiones, se utilizan frecuentemente modelos físicos bidimensionales para el diseño de espigones, a fin de estudiar la estabilidad de la construcción y la posible erosión del fondo del mar.

A menudo sucede que, aunque pueda haber grandes posibilidades de utilizar la investigación con modelos en un proyecto, no se dispone del tiempo necesario para llevar a la práctica un programa completo de pruebas con modelos durante el período del estudio de viabilidad, especialmente si se necesi

ta un programa largo sobre el terreno y en laboratorio. En este caso, quizá se pueda formular el programa inicial de inversión de manera que las decisiones difíciles desde el punto de vista técnico se dejen para fases posteriores, lo que permitirá hacer una investigación cuidadosa durante los primeros años de ejecución del proyecto.

Se presentan a continuación las consideraciones principales para el diseño de un trabajo experimental sobre un modelo hidráulico, iniciándose para ello establecer en forma amplia el tipo de problema a estudiar, que de acuerdo a las limitaciones de espacio, presupuesto, instalaciones y equipo, materiales y personal, se determina:

- 1).- El tipo de modelo
- 2).- La selección de escalas
- 3).- El tipo de rugosidades
- 4).- El material del fondo

Tipos de modelos.

El modelo de un río, canal, laguna o costero, puede ser construido con fronteras fijas o móviles, mas comunmente llamados: modelos de fondo fijo o modelos de fondo móvil.

Los modelos de fondo fijo, son empleados para reproducir fenómenos en donde la variación de niveles, y las velocidades del flujo sean parámetros determinantes, tal es el caso de proyectos de control de avenidas, de navegación y de irrigación. En otros casos, fenómenos locales sobre estructuras es también importante estudiar, así se puede mencionar, el conocer el comportamiento hidráulico de vertedores, compuertas, obras de toma y de descarga, estructuras sumergidas, etc., en donde el patrón del flujo y niveles del agua son fundamentales.

Los modelos de fondo móvil, son empleados para el estudio de problemas relacionados con la estabilización de cauces de ríos o canales y playas de modo que aquí las variables del fluido y del flujo combinados con los del sedimento y la mecánica del transporte del mismo son importantes a reproducir.

Cuando en un modelo hidráulico las escalas de magnitudes lineales horizontales, verticales e inclinadas son iguales, se dice que el modelo es similitudemente geométrico; mientras que, cuando existen por lo menos dos escalas de líneas diferentes, por ejemplo, una para longitudes horizontales (E_x) y otra para longitudes verticales (E_y), el modelo será distorsionado, denominándose a la relación E_x/E_y como distorsión (Δ), la cual será siempre mayor que la unidad, ya que E_x es mayor que E_y .

Las causas que ocasionan la distorsión, son diferentes, entre otras:

- a).- Cuando la rugosidad necesaria a representar es tan pequeña que físicamente es imposible de conseguirla. Por ejemplo, no es posible -- proporcionar coeficiente de rugosidad de Manning (n) en el modelo inferiores a 0.008.

- b).- Cuando el tipo de flujo en el modelo no corresponda al del prototipo. Por ejemplo, si el flujo en prototipo es hidráulicamente rugoso o altamente turbulento, en el modelo aunque no se cumpla cuantitativamente, si se deberá satisfacer cualitativamente.
- c).- Por razones de espacio; es decir, cuando el modelo resulte muy grande con respecto a la superficie disponible, obligando por tanto, a aumentar (numéricamente) la escala de líneas lo que a su vez implica reducir el tamaño de las magnitudes verticales, haciéndose más fuerte la influencia de otros fenómenos, como es el caso de la tensión superficial que en prototipo no sean de consideración.
- d).- Equipo de medición. En el caso de disponer o construir equipo de medición cuyas proporciones no permitan obtener la información correcta, por ejemplo; si en el modelo de la sección transversal de un río o canal se cuenta con un tirante de 4 cm. y se desea medir la velocidad puntual en la superficie, y a diferentes profundidades con un micromolinete cuya hélice tenga 2.5 cm. de diámetro, esto no será posible.

Selección de escalas.

Generalmente la selección de escalas lineales tanto horizontales E_h y verticales E_v , se hace en forma independiente, buscando siempre que el modelo resulte lo más grande posible; siempre y cuando, el presupuesto, el espacio, el tiempo, la instrumentación, las rugosidades a reproducir y la alineación de agua lo permitan.

En la selección de escalas, es recomendable tomar en consideración, que durante la operación del modelo, el efecto de escala, sea lo más reducido posible.

El efecto de escala, se puede definir, como la diferencia resultante entre las condiciones del modelo y el prototipo, causada por la imposibilidad práctica de modelar simultáneamente todas las fuerzas actuante en el prototipo. Por ejemplo, cuando un modelo se trabaja con el mismo fluido del prototipo, es imposible cumplir con las condiciones de Froude y de Reynolds. Otro ejemplo, es cuando por razones de escalas, la rugosidad de un cauce de un río o canal de un modelo de fondo fijo, resulta mayor que la del prototipo, estableciéndose la necesidad en muchas de las veces, en proporcionar una rugosidad adicional (rugosidad artificial), misma que generará otros fenómenos (fenómenos parásitos) que en el prototipo no ocurren.

Cuando los modelos son de escalas lineales, numéricamente grandes de modo que las magnitudes resulten ser pequeñas, la acción de la tensión superficial crece, situación esta en prototipo no se presenta.

Otro efecto de escala, se presentaría por la presencia de los límites del modelo, si bien estos no pueden evitarse, si deberán ubicarse de tal forma que su efecto sea mínimo, por ejemplo, en el caso de los modelos marítimos, los fenómenos parásitos de reflexión y de fricción pueden ser importan-

tes.

Evidentemente, los efectos de escala, causan sobre la información obtenida de los modelos cierta incertidumbre, por lo que los datos deberán ser cuidadosamente interpretados y corregidos si es necesario para hacer una predicción correcta al prototipo.

Tipos de rugosidades.

Cuando hay necesidad de establecer en el modelo la condición similitud de fricción entre el fluido en movimiento y las fronteras sólidas del flujo, deberá tomarse en cuenta las rugosidades de la superficie de dichas fronteras. El factor rugosidad es una cantidad que depende del tamaño, de la forma, y de la distribución de la propia rugosidad, de manera que resulte ser variable para cada sección siendo realmente difícil de reproducir en el modelo, así como el valor respectivo del factor de fricción que puede este ser traducido en un coeficiente; ya se el de Chezy, Manning u otro.

En la generalidad de los casos de incremento de rugosidad en los modelos, se procede a colocar los elementos discretos de tamaño, forma y distribución específica, los cuales consisten en pequeños montículos de cemento--arena de distinta forma (sección rectangular, circular), malla de alambre y grava entre otras.

Normalmente se procede a colocar los elementos seleccionados en un número exagerado o deficiente, y durante la calibración se colocan o se retiran los necesarios; operación que implica conocimiento del número de elementos necesarios.

Material del fondo.

Para modelos de fondo móvil, es importante emplear material que se comporte similarmente al material del prototipo, para lo cual (de no ser el mismo material del prototipo), se seleccionarán condiciones de similitud específicas, tamaños y distribución de granos, así como densidades de material también específicas. La selección, deberá incluir la facilidad de manipularse y controlarse durante la operación normal del modelo, la disponibilidad en cantidad suficiente y el menor costo.

Como anteriormente se dijo, independientemente de emplear el mismo material de prototipo se usan otros, tales como: arenas, carbón, bakelita, aserrín, cáscara de nuez y plásticos.

Modelos de Puertos.

Los modelos de puertos, son tendientes a cumplir el objetivo siguiente:

Asegurar el acceso y operación de manejo de carga de embarcaciones para casi todas las condiciones de oleaje incidente al puerto.

Para el cumplimiento de este objetivo, es necesario estudiar a través - de los modelos:

- Patrón de oleaje a la entrada y dentro del recinto portuario o agitación (refracción, difracción y reflexión de las olas).
- Maniobrabilidad de embarcaciones.
- Movilidad de embarcaciones en atraque.
- Transporte de sedimentos.
- Estabilidad de rompeolas.

III-E. TIPOS DE OBRA DE DEFENSA.

DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO.

Cuando la protección natural es insuficiente, hace falta construir diques para formar un puerto artificial. Los diques desvían, reflejan o absorben la energía del oleaje y de las tempestades, que de otro modo entrarían en la zona portuaria creando así una zona de aguas relativamente tranquilas.

La principal información necesaria para el diseño de dos diques es la altura y el período de las olas de tempestad que pueden producirse. El método normalmente utilizado consiste en elegir una ola teórica que represente la ola máxima medida durante una tempestad que estadísticamente se produciría una vez cada determinado número de años, por ejemplo una vez cada cien años. La probabilidad de que las olas rompan contra la estructura es también un elemento importante para el diseño. Deben recogerse también datos sobre la ola máxima diaria probable en las zonas de oleaje continuo, ya que esto puede tener importantes consecuencias para el alzado del dique.

Para determinar la ola teórica es necesario estudiar los datos oceanográficos y meteorológicos disponibles. Es preferible realizar directamente el registro de las alturas y períodos de las olas en el emplazamiento de puerto, pero esto no siempre es posible en el tiempo disponible.

Como las olas son generadas por los vientos, pueden hacerse una estimación de su actividad a partir de los datos anemométricos. Los informes locales sobre tempestades también son útiles para la elaboración de una imagen estadística de las olas que pueden preverse. También deben registrarse o estimarse los niveles máximos del agua durante las mareas y las tempestades, ya que la profundidad del agua cerca de las entradas del puerto influye sobre las olas.

El diseño de los cimientos de los diques requiere una investigación geotécnica cuidadosa. Hay que hacer sondeos y tomar muestras de suelo y roca en una zona lo bastante extensa para que puedan considerarse variaciones de la posición del dique, y para que se pueda investigar la posibilidad de una erosión del fondo del mar a cierta distancia frente al dique. La resistencia y

las propiedades de asentamiento de los terrenos situados bajo un dique han de estudiarse hasta profundidades iguales por lo menos a la anchura de la base del dique, ya que los terrenos débiles en profundidad pueden verse sobrecargados por una gran estructura. Puede aumentarse la carga admisible de los terrenos débiles superficiales colocando sobre la superficie una capa de arena o grava antes de construir el dique.

DIVERSOS TIPOS DE DIQUE.

Los diques pueden tener la forma de una isla situada frente a la costa o de un brazo que se proyecta desde la costa. El dique puede presentar un muro vertical o casi vertical o una superficie inclinada compuesta por bloques diversos en tamaño. Los dos tipos se representan en la figura III-53. La estructura puede quedar sumergida por el mar con ciertas alturas de mareas o con todas ellas.

Antiguamente, los diques de muro vertical o casi vertical estaban formados a menudo por dos muros de sillería colocados en hiladas horizontales bien aparejadas, con un relleno de mampuestos entre los muros. Posteriormente, la costosa mampostería fue sustituida por bloques de hormigón y más recientemente se han utilizado cajones de hormigón armado. Los cajones se construyen en un dique y luego se suelen transportar por flotación hasta su posición final y se hunden en el fondo, previamente perforados, o en una capa de escollera. Normalmente es necesario ensamblar de algún modo los cajones. Otro método consiste en prefabricar en tierra los cajones y transportarlos luego por la parte ya terminada del dique, colocándolos en posición mediante una grúa-pórtico en voladizo.

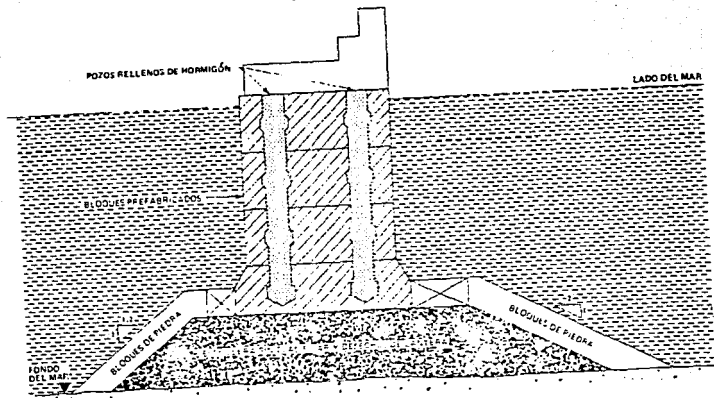
Los diques de escollera difieren en el tipo de manto de defensa. Esos diques tienen una sección transversal de forma básicamente trapezoidal con un macizo de escollera de menor tamaño llamado núcleo. Sobre los taludes y en la parte superior del núcleo se coloca un manto de defensa de piedra clasificada. En la parte exterior del dique, que disipa la energía de las olas de tempestad, se sitúa el manto de defensa principal. Se han construido numerosos diques de este tipo con un manto de defensa de roca natural, y hay mucha información publicada al respecto.

En los casos en que resultaría antieconómico utilizar piedras del tamaño adecuado, se emplean elementos artificiales de hormigón. El estudio detenido del problema ha permitido idear numerosas formas para los elementos, que resisten muy bien los embates del oleaje. En su forma más sencilla (un cubo de hormigón) el manto de defensa artificial sustituye al relleno de escollera, pero muchas de esas unidades especiales se han diseñado para mejorar el enlace entre las unidades, proporcionando al mismo tiempo el máximo de huecos en el manto de defensa para disipar la energía de las olas. En la figura III-54 se ofrecen ejemplos de mantos de defensa artificiales.

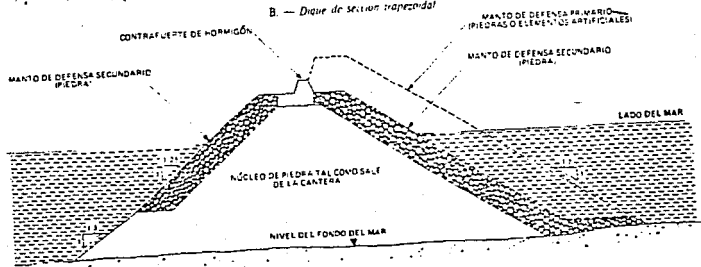
Cuando se diseña la sección transversal de un dique de escollera, hay que investigar la calidad y la producción de la cantera de donde procede la piedra. Conviene hacer una estimación de las proporciones probables de cada tamaño que pueden obtenerse de la cantera para poder combinarlo en la estruc

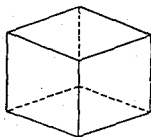
FIGURA III-53. EJEMPLOS DE DIQUES

A.- Dique de muro vertical



B. — Dique de sección trapezoidal

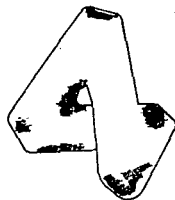




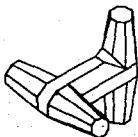
Cubo



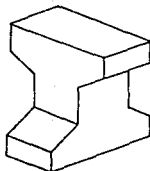
Tetrápodo



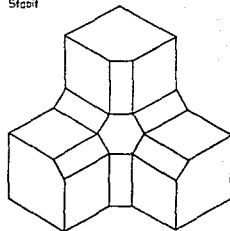
Stabil



Dolos



Acmón



Trípodo

FIGURA III-54. EJEMPLOS DE DIVERSOS ELEMENTOS ARTIFICIALES PARA MANTOS DE DEFENSA

tura terminada y reducir al mínimo el desperdicio de ciertos tamaños.

Además de los diques de muro vertical y de talud existen los de tipo -- mixto. Un dique mixto está formado por un muro de paramento vertical (o casi vertical), desplantado sobre el terreno natural en aguas poco profundas o sobre entrocamiento llevado hasta un nivel que puede ser arriba del nivel de marea baja. Una característica fundamental de este tipo de dique, es que la -- ola es reflejada por el muro en marea alta y en marea baja rompe contra el -- muro o en el entrocamiento sobre el cual el muro descansa.

Hasta aquí hemos tratado los tipos de diques por su forma y constitu--- ción. Sin embargo, los diques también se clasifican de acuerdo a su utilidad y funcionamiento; es entonces cuando son llamados comunmente espigones, escolleras y rompolas.

Espigones.

Definición.

Un espigón es una estructura de protección costera diseñada para dar lugar o conservar una playa protectora deteniendo el acarreo litoral o evitando la erosión en una playa existente. Los espigones son generalmente perpendiculares a la costa y se prolongan desde un punto tierra adentro de posible regresión de la línea de playa, hasta el agua con una longitud suficiente para estabilizar la playa. Son relativamente angostos y pueden variar en longitud desde menos de 100 pies hasta varios cientos.

Los espigones pueden clasificarse como permeables o impermeables, altos o bajos, y fijos o ajustables. Pueden construirse de madera, acero, piedra, concreto u otros materiales, o de la combinación de varios. Los espigones impermeables tienen una estructura sólida o casi sólida la cual evita que el acarreo litoral pase a través de ellos. Los espigones permeables tienen huecos en su estructura de tal manera que permiten el paso de cantidades considerables del acarreo litoral. Algunos espigones permeables de piedra pueden llegar a ser impermeables debido a un aumento considerable de la playa. Una serie de espigones actuando en conjunto para dar protección a una línea de playa larga comunmente se denomina "campo de espigones", aunque es preferible llamarlo "sistema de espigones".

Los espigones difieren de las escolleras estructural y funcionalmente. En general, las escolleras son de mayor longitud con elementos más pesados, y principalmente se emplean para dirigir y confinar una corriente o flujo de marea en la desembocadura de un río o un acceso de marea a una bahía y evitar que el acarreo litoral azolve el canal. En algunos lugares del país, --- erróneamente se hace referencia a los espigones como escolleras.

Funcionamiento de los espigones.

Un espigón interpone una barrera total o parcial al acarreo litoral que se encuentra en movimiento entre el extremo mar adentro del espigón y el límite de roción del oleaje. La extensión hasta la cual el transporte litoral

es modificado depende de la altura, longitud y permeabilidad del espigón. La forma en que un espigón altera el transporte litoral es aproximadamente ---- igual, cuando opera, individualmente que cuando opera dentro de un sistema de espigones, siempre y cuando el espaciamiento entre éstos sea el adecuado. Sin embargo, bajo algunas condiciones, un sólo espigón o el primero de un sistema de acuerdo con el sentido del acarreo litoral, pueden tener una capacidad algo menor que la correspondiente a cada uno de los espigones del sistema.

En la figura III-55 se muestra un espigón típico. En esta figura, el espigón se extiende desde un punto en la costa en la parte alta de la berma, hasta la batimétrica que corresponde con los 6 pies. La dirección neta del ataque del oleaje, tal y como se muestra por medio de las ortogonales dibujadas, es tal que origina un movimiento neto definido del acarreo litoral.

La línea de costa y la batimétrica 6 pies están representadas por e a i, y g c h, respectivamente, durante un estado natural anterior a la construcción del espigón j c. Antes de la construcción del espigón, la pendiente playera se ha estabilizado entre a y c de tal forma que depende del material playero y del tipo de oleaje, como se muestra por medio del perfil d a k c.

El espigón actúa como una presa parcial que intercepta una parte del acarreo litoral normal.

Conforme el material se acumula en el paramento que intercepta el acarreo litoral, el abastecimiento de material a la costa acarreo abajo del espigón se reduce ocasionando una regresión de la playa. Esto da lugar a la formación progresiva de una pendiente playera mayor en el lado acarreo arriba del espigón y una pendiente suave en el lado acarreo abajo, hasta que las pendientes alcanzan una elevación común en el extremo del espigón o cerca de él. Puesto que el tamaño de los granos del material playero normalmente aumenta cuando se establece una pendiente mayor que la normal, el material que estaba en proceso de transporte litoral.

Cuando el aumento de pendiente alcanza la inclinación máxima para esa fracción gruesa del material disponible, cesa el depósito y todo el acarreo litoral pasa el espigón.

Si el espigón es lo suficientemente alto de tal manera que el material no lo sobrepasa, todo el transporte debe llevarse a cabo en profundidades mayores a la correspondiente al extremo del espigón. Debido a la naturaleza de las corrientes de transporte, el material en tránsito no se desplazará hacia la costa después de haber pasado el espigón, y las características del transporte no llegarán a ser normales en alguna distancia en el lado acarreo abajo del espigón. Es por ésto por lo que un sistema de espigones con un espaciamiento reducido desviará el transporte litoral hacia el mar en lugar de crear una playa de mayor amplitud.

El azolve sobre el lado acarreo arriba del espigón, origina un cambio en el alineamiento de la línea de costa, tendiendo a formarlo normal a la resultante de la acción del oleaje. La capacidad de depósito del espigón depen-

Propósitos.

Bajo algunas limitaciones definidas, los espigones pueden emplearse para:

- a) Estabilizar una playa sujeta a períodos intermitentes de avance y regresión.
- b) Proveer de protección la costa por medio de una prevención de movimientos de la playa de protección.
- c) Reducir el transporte litoral que pasa fuera de una zona reorientando un tramo de la línea de costa, hacia un alineamiento más cercano a la perpendicularidad con respecto a la dirección resultante de la incidencia del oleaje.
- d) Construir o ampliar una playa atrapando material litoral.
- e) Prevenir pérdida de material fuera de una zona, dividiendo una playa.
- f) Prevenir el avance de una zona acarreo abajo, actuando como una barrera litoral.
- g) Estabilizar una zona específica reduciendo la cantidad de pérdida de la misma.

Todos los propósitos anteriormente mencionados tienen como objetivo modificar el grado del transporte litoral. A la vez son formas de protección costera.

Limitaciones en el uso de los espigones.

Debido a sus limitaciones, un espigón debe emplearse después de considerar cuidadosamente muchos factores colaterales. Los factores principales a considerar son:

- a) La extensión hasta la cual la playa se daña a partir del paramento acarreo abajo del espigón.
- b) La justificación económica de los espigones en comparación con la estabilización de una playa empleando solamente alimentación artificial.
- c) Lo adecuado del abastecimiento natural de arena para asegurar que los espigones funcionarán como se desea.
- d) Lo adecuado del anclaje de los espigones a la costa para evitar que queden desligados de la misma debido a la erosión en el lado acarreo abajo.
- e) Al intentar dar protección a una costa por medio de espigones, debe recordarse que el alineamiento de la costa adyacente a un espigón variará de pendiente de la dirección del ataque del oleaje. Si no se pueden aceptar fluctuaciones mínimas de la costa deberá encontrarse otra solución diferente al uso de espigones.
- f) En aquellos donde el abastecimiento de material litoral, es insuficiente para permitir el detener una parte para rellenar un espigón o un sistema de espigones, sin perjudicar la zona acarreo abajo, se requerirá emplear alimentación artificial permitiendo así que el abastecimiento litoral natural pase sin interrupción o reducción.

de de ambos factores, pendiente de estabilidad y alineamiento estable. Esto depende de las características del material litoral y de la acción del oleaje.

La figura III-56 muestra la configuración general esperada de la línea de playa para un sistema de dos o más espigones. Esto considerando un transporte litoral bien establecido en una dirección.

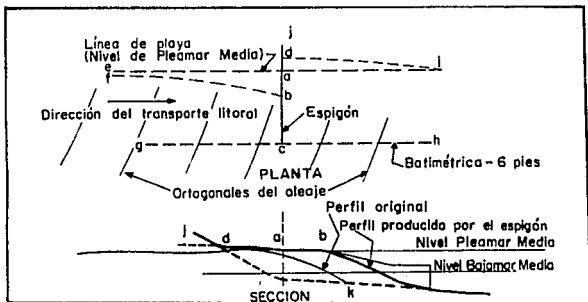


FIGURA III-55. EFECTO DE UN ESPIGON

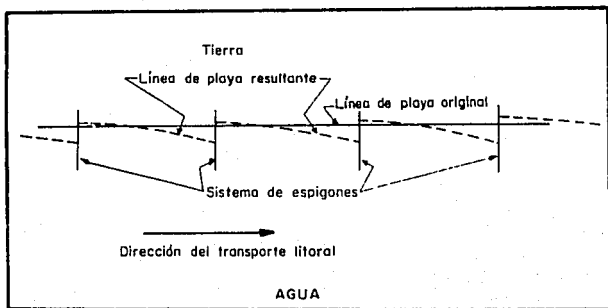


FIGURA III-56. EFECTO DE UN SISTEMA DE ESPIGONES

Escolleras.

Definición.

Una escollera es estructuralmente semejante a un rompeolas que se extiende dentro de un cuerpo de agua para dirigir y encauzar una corriente o flujo de marea, hacia una área determinada y evitar que el acarreo litoral azolve el canal. Las escolleras se localizan en la desembocadura de un río, boca de una laguna, boca de un estero o entrada a una bahía, para mantener y ayudar a profundizar un canal de navegación al provocar el arrastre de materiales hacia aguas más profundas. Las escolleras también protegen el canal de entrada contra oleajes y corrientes cruzadas. Por su localización particular el eje de las escolleras difícilmente puede ser perpendicular a la dirección del oleaje.

Localización.

Son de gran importancia, la localización y el espaciamiento apropiado de escolleras para proporcionar un acceso portuario.

Se debe realizar un estudio cuidadoso de corrientes por marea, y la sección del canal necesaria para la navegación. Las escolleras generalmente deben disponer de tal forma que el canal sea controlado en la posición y dirección correspondiente con el flujo natural de la marea. Su separación deberá ser lo suficientemente grande como para que las escolleras no vayan a estar sujetas a socavaciones y puedan admitir libremente el acceso de las mareas sin originar una reducción en el primario de mareas. En cuanto a la localización y posición de la entrada debe realizarse una investigación de las olas que llegan al puerto para evitar aquellos lugares donde el oleaje es más alto. La elaboración de diagramas de refracción del oleaje es una forma para localizar tales áreas. En el espaciamiento de escolleras, se debe tener la precaución de que las velocidades de las corrientes por marea, no sean demasiado grandes para la navegación. Además, las escolleras deberán estar lo suficientemente apartadas como para permitir un acceso seguro a las embarcaciones aun durante condiciones adversas del tiempo.

Efecto sobre la línea de playa.

Los efectos de las escolleras sobre la línea de playa se ilustran en la figura III-57.

Una escollera interpone una barrera litoral total entre aquella parte de la zona litoral que se encuentra al extremo mar adentro de la estructura y el límite de roción del oleaje. Las escolleras generalmente terminan en una profundidad igual a la correspondiente de proyecto del canal. Tomando en consideración lo anterior, se presenta un acrecentamiento de la playa acarreo arriba de la estructura con un valor igual al del transporte litoral, y una erosión acarreo abajo del mismo volumen. La cantidad acumulada depende de la longitud de la escollera y del ángulo con el cual la resultante del oleaje actúa sobre la playa. Si el ángulo que forma la estructura con la costa es agudo, la capacidad de azolve es menor que si éste fuera obtuso.



FIGURA III-57. EFECTO DE ESCOLLERAS

En el primer caso, el canal requerirá mantenimiento en menor tiempo debido al material que pasa alrededor del extremo de la estructura. En la planeación de entradas de escolleras se debe incluir algún sistema mecánico que permita el paso del material litoral para evitar o reducir, la entrada de azolves en el canal, y la erosión de la costa acarreo abajo.

Rompeolas.

Definición.

Un rompeolas es una estructura que sirve para reflejar y disipar la energía del oleaje y evitar su incidencia sobre un área que se desea proteger. -- También se puede decir que un rompeolas es cualquier obstáculo que se interpone a la propagación del oleaje.

Los rompeolas se construyen para crear puertos artificiales, haciendo seguras las maniobras y operaciones de las embarcaciones. A veces los rompeolas se construyen en el interior de grandes puertos para crear una zona de aguas tranquilas en donde se puedan realizar con facilidad las maniobras de carga y descarga de las embarcaciones, o para crear dársenas protegidas para el amarrado de barcos pesqueros o de placer.

A veces se construyen rompeolas aislados de la costa. Los conectados a la costa actúan como barreras contra el movimiento de materiales a lo largo de la playa causado por el oleaje, provocando azolve en un lado y erosión en

el otro.

También se construyen rompeolas en la entrada a puertos naturales con el fin de protegerlos contra el oleaje, haciéndolos más seguros y facilitando -- las maniobras de las embarcaciones.

Se da el caso en que los "bajos" y arrecifes funcionan como rompeolas su mergidos, creando un área de aguas tranquilas como ocurre en las costas de -- Quintana Roo.

Localización.

Los rompeolas ligados a la costa proporcionan a las embarcaciones protección portuaria. El factor más importante para localizar un rompeolas es el -- determinar el lugar óptimo en el cual se formará una área portuaria con un mí nimo de agitación durante la mayor parte del año. Esta determinación se lleva a cabo por medio de los análisis de refracción y difracción. Otros factores -- relacionados con la localización son, la dirección del transporte litoral y -- la magnitud del acarreo litoral, el área portuaria que se logrará por medio -- de la localización del rompeolas, y las características y profundidad del material del fondo en el puerto propuesto.

Los rompeolas paralelos a la costa se localizan de tal forma que, proporcionen abrigo a un acceso portuaria, originen un depósito litoral, provean -- una zona de relativa calma en la cual hasta embarcaciones pequeñas puedan encontrar refugio, o pueda operar una tubería para bombear arena a las playas -- acarreo abajo. En la figura III- 58 se ilustra un ejemplo de localización o -- uso, el cual muestra un acceso portuario. Los rompeolas paralelos a la costa -- también se han empleado frente a malecones macivos para proporcionar una primera línea de defensa.

Efectos sobre la línea de playa.

El efecto de un rompeolas ligado a la costa sobre la línea de playa, se ilustra por medio de la figura III-59. Como en el caso de una escollera, un -- rompeolas interpone una barrera litoral total en aquella parte de la zona lí toral que se encuentra entre el extremo mar adentro del rompeolas y el límite de roción del oleaje, durante el tiempo en que se alcanza la capacidad de almacenamiento de la estructura y el material litoral empieza a pasarla natu ralmente.

Debido a la construcción de este tipo de estructura se presentan los -- mismos patrones de acrecentamiento y erosión. Sin embargo, el acrecentamiento en este caso no se limita al brazo de costa sino que eventualmente se pro longa después del extremo mar adentro del rompeolas formando una berna sobre la cual el material litoral es transportado para dar lugar a un área de ampli o acrecentamiento. Este tipo de azolve origina una condición ideal para -- llevar a cabo procedimientos mecánicos o hidráulicos de transporte de arena. Se puede tender una línea de tubería de dragado detrás del azolve, y trasla dar el material acumulado mar adentro, hacia la costa acarreo abajo.

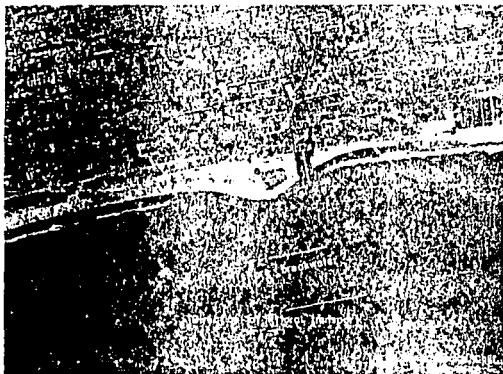


FIGURA III-58. EFECTO DE UN ROMPEOLAS PARALELO A LA PLAYA



FIGURA III-59. EFECTO DE UN ROMPEOLAS LIGADO A LA COSTA

El efecto de un rompeolas paralelo a la costa sobre la línea de playa, se muestra claramente en la figura III-60. Probablemente los rompeolas paralelos a la costa son el medio más efectivo de intercepción total del material litoral.

Generalmente se localizan en profundidades mayores que las correspondientes a los extremos mar adentro de las escolleras o espigones. Esto les hace posible controlar una zona más amplia del transporte litoral que las estructuras ligadas a la costa.

Debido a que el transporte litoral es resultado directo de la acción del oleaje, la extensión hasta la cual el rompeolas intercepta el acarreo litoral, es directamente proporcional a la extensión en la cual se intercepta el oleaje.

CONSTRUCCION.

La construcción de los tipos principales de dique examinados en las secciones anteriores requiere métodos y equipo totalmente distintos.

El núcleo de un dique de tipo escollera se construye por lo general arrojando gradualmente al mar los materiales a partir de la costa, pero hay que tomar precauciones para evitar la fragmentación de las rocas que puede producirse cuando se cargan y luego cuando se arrojan al mar. Luego, una potente grúa puede desplazarse sobre el núcleo y colocar la capa superior de piedra, terminando así el perfil, y colocar después mantos de defensa hechos de piedra y/o de elementos artificiales. Puede utilizarse una grúa flotante, pero esto sólo resulta conveniente desde el punto de vista económico en zonas en las que suele haber poco oleaje. Las piedras que forman la parte inferior del núcleo también pueden arrojarse desde gabarras.

El tipo de dique de cajones requiere unos procesos de construcción que normalmente se desarrollan en otro lugar. Los cajones, que están hechos de hormigón y tienen el fondo cerrado, se construyen generalmente en un dique seco o en una zona de botadura hasta que las paredes del cajón tienen una altura suficiente para que éste pueda flotar. Cuando las paredes han alcanzado la altura necesaria, se remolcan los cajones hasta el emplazamiento del dique y allí se hunden en el fondo del mar, previamente acondicionado. Para esa operación debería elegirse un momento en que las corrientes y el oleaje sean mínimos. Es preciso llenar los cajones, normalmente de arena, lo antes posible después de hundirlos, para que alcancen cuanto antes su peso total y puedan resistir la acción de las olas.

FACTORES ECONOMICOS.

Al seleccionar la forma, el tamaño y la localización de obras de protección costera, no sólo deberá tenerse como objetivo diseñar una obra económica la cual satisfaga los resultados deseados, sino que también considerará sus efectos sobre las costas adyacentes. Siempre deben evaluarse, el costo de mantenimiento, así como el interés y la amortización sobre el capital inicialmente invertido. En el caso de que en la planeación de la solución de un problema en determinada zona se considere una ampliación posterior, ésta tam-

bién debe evaluarse. Es conveniente hacer un análisis económico de las diferentes soluciones propuestas para un problema, determinando en cada una de ellas el costo total anual por pie de costa protegida.

La elección de un tipo concreto de dique depende también de otros factores, como la posibilidad de disponer de materiales, instalaciones y mano de obra. Un dique de muro vertical creará una demanda de esos factores distinta de la de un dique trapezoidal de escollera.

El dique de escollera necesitará un mayor volumen de materiales debido a su forma. Por ello, en una zona donde haya abundantes estratos rocosos que puedan servir de elementos para el manto de defensa, se preferirá ese tipo de dique. Una de las principales partidas de gastos es la grúa de grandes dimensiones necesaria para la manipulación de las piedras, cuyo precio se suele cargar por entero a los costos del proyecto. Tratándose de diques cortos, ello representa un elevado costo unitario. Esta forma de dique no necesita mucha mano de obra especializada.

El dique de muro vertical hecho de cajones requiere menos volumen de materiales. El manto de defensa está hecho de hormigón armado y como material de relleno puede utilizarse arena o grava. El equipo que se requiere es más moderno pero se necesitan medios para remolcar los cajones hasta su posición definitiva. Esos medios, por ejemplo remolcadores, pueden utilizarse normalmente en el puerto. Para preparar los moldes necesarios para construir los cajones se necesita mano de obra más especializada.

MUROS DE CONTENCIÓN, MALECONES Y REVESTIMIENTOS.

Los malecones, muros de contención y revestimientos, son estructuras dispuestas paralelamente o casi paralelamente a la línea de la costa, para separar una zona terrestre de una de agua. Se emplean generalmente en lugares donde es necesario mantener la costa en una posición determinada en relación con las playas adyacentes, donde hay un escaso abastecimiento de material litoral a la zona y casi no existe playa de protección, como a lo largo de un risco erosionado, o donde se desea mantener una profundidad a lo largo de la línea de la costa, como en el caso de un embarcadero.

La planeación de malecones, muros de contención y revestimientos es relativamente simple, ya que sus funciones se restringen a mantener fijos sus límites. Los factores necesarios para obtener una planeación adecuada de tales estructuras son: uso y forma total de la estructura, localización con respecto a la línea de la costa, longitud, altura y en muchos casos el nivel del suelo respecto al muro en su paramento hacia el mar.

Muros de contención.

El propósito principal de un muro de contención es detener o prever el deslizamiento de la tierra y como propósito secundario detener o prevenir la erosión causada por la acción del oleaje en un punto o zona determinada.

Tienen la ventaja de que pueden detener la erosión en un punto dado y --

pueden proteger la playa bajo condiciones de marea alta. No pueden acumular material y tienen la desventaja de incrementar la erosión al pie del muro.

Los muros pueden ser de diversos tipos, según su función principal: tenemos los verticales o casi verticales, de talud, de curva convexa, de curva cóncava, de reentrada o escalonada, como se muestra en la figura III-61.

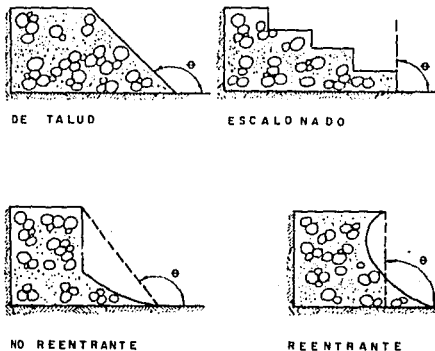


FIGURA III-61. TIPOS DE MUROS DE CONTENCIÓN

Una estructura vertical o casi vertical permite ser usada como muelle, o lugar de ataque, mientras que otras formas necesitan adaptarse con obras adicionales. En lugares donde se requiere construir una estructura relativamente ligera, una sección vertical (de tablestaca, por ejemplo), con frecuencia pueden construirse más rápidamente y económicamente que cualquier otro tipo de estructura.

Una estructura vertical es menos efectiva contra la acción del oleaje, ya que puede ocasionar serios problemas de erosión cuando la base del muro se encuentra en aguas relativamente bajas. El rompimiento de las olas contra un muro desvía energía hacia arriba y hacia abajo. La componente hacia abajo causa erosión sobre el material que se encuentra en la base del muro. Entonces, para prever esta acción erosiva, se debe proporcionar una protección a la base por medio de una coraza de piedras de un tamaño adecuado para evitar su desplazamiento y de tal graduación que evite pérdidas de material en la cimentación a través de los vacíos entre las piedras y, como consecuencia, el asun-

tamiento de las mismas.

Las estructuras de sección convexa y las de taludes lisos son las menos efectivas para reducir la sobreelevación del oleaje y su uso debe limitarse a aquellas áreas en las cuales la sobreelevación no sea un problema; en general las estructuras con talud tienden a reducir la acción erosiva siendo esto una ventaja sobre las estructuras verticales.

Las estructuras cóncavas o las reentrantes son las de tipo más efectivos en la reducción de la sobreelevación del oleaje al mínimo; en aquellos lugares donde se diseñe la corona del muro para usarse como parte de un camino, andador, etc., esta clase de muros serán los tipos más adecuados para protegerlos.

Por último, el muro de sección escalonada proporciona el acceso más funcional a las zonas de playa desde las áreas protegidas y además reduce la acción erosiva de la resaca.

La construcción de este tipo de estructuras, como son de un malecón, muro de contención o revestimiento generalmente se hace a lo largo de aquella línea a partir de la cual se desea impedir el avance de la línea de costa. -- Cuando una zona de agua se desea ganar, se puede construir un muro a lo largo de los límites de dicha zona.

Malecón o Revestimiento:

El propósito principal de un malecón o de un revestimiento es la de proteger la costa y las propiedades cercanas a ésta, evitar la erosión en una zona y mantener fijos sus límites y ocasionalmente pueden funcionar como muro de contención, pero por lo general se diseñan para proteger un terraplén contra la erosión debida a corrientes o a la acción moderada del oleaje y por tal motivo son mucho más ligeros que los muros.

Pueden ser permeables o impermeables; las estructuras permeables tienen la ventaja de que cuando están sujetas a la acción severa del oleaje no están propensas a fallar completamente, ya que se llevará a cabo un proceso de desagregación de los elementos que las constituyen más bien que un colapso total, y la estructura dañada será más fácil de reparar que la impermeable, ya que sólo será necesario reemplazar material.

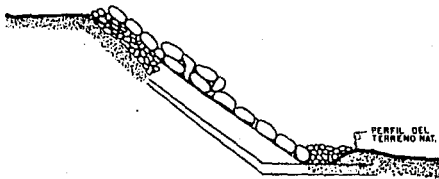
Existen dos tipos generales de revestimientos, el tipo rígido, de concreto colado en el lugar, y el flexible, que puede ser de enrocamiento, de bloques de concreto interconectados o de bolsas de concreto (bolsacreto). En la figura III-62 se muestran estos tipos de revestimiento.

El revestimiento de tipo rígido proporciona una excelente protección marginal, aunque tiene la desventaja de no aceptar asentamientos, por lo que las condiciones de cimentación deben ser las apropiadas.

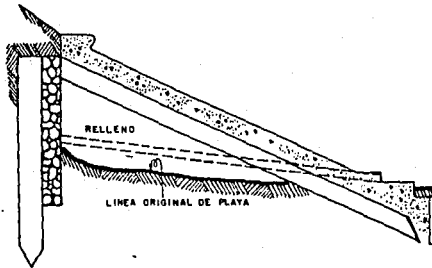
Las estructuras flexibles proporcionan una excelente protección marginal con la ventaja de que pueden presentarse reajustes causados por asenta

mientos, sin originar grandes fallas estructurales. Otra de las ventajas de las estructuras flexibles es que alivian la subpresión cuando el revestimiento está sujeto a la acción severa del oleaje.

Los revestimientos del tipo de enrocamiento son muy efectivos en cuanto a la disipación y absorción de la energía del oleaje y reducen al mínimo la sobre-elevación o roción del mismo.



REVESTIMIENTO FLEXIBLE



REVESTIMIENTO RIGIDO

FIGURA III-62. TIPOS DE REVESTIMIENTO

IV. LA EMBARCACION.

IV-A. CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES. MANIOBRAS.

La embarcación es una estructura diseñada para flotar o para navegar su mergida, con o sin propulsión propia cuyas características fundamentales son la solidez, la estabilidad, maniobrabilidad, velocidad, navegabilidad, autonomía y con espacios para transportar en su interior carga o pasajeros bajo condiciones de seguridad; para esto, deberá contar con las características que exige una y otros. La forma de los barcos es propia para navegar ofreciendo la mínima resistencia al agua con la máxima estabilidad posible.

CLASIFICACION DE LAS EMBARCACIONES.

Las embarcaciones se clasifican por el medio de propulsión en:

A) Autopropulsadas, si tienen medios propios para moverse. El movimiento se obtiene por medio de una hélice que se localiza en la popa y por debajo de la flotación del buque, la cual es accionada por un equipo motriz. Se sub-clasifican en:

a) De propulsión mecánica, si cuentan con equipo mecánico diesel (ca si todos los barcos mercantes), o turbina de vapor.

b) De vela, si usan la energía del viento para moverse.

c) Mixta, si usan máquinas y la vela, como algunos barcos mercantes muy modernos y algunas embarcaciones de recreo, como consecuencia de los cada vez más elevados costos de los combustibles.

d) De energía nuclear (actualmente solo algunos barcos de guerra).

e) Otros, como los de propulsión turboeléctrica, o los diesel-eléctricos, de uso menos común.

B) Sin propulsión propia, son aquellas embarcaciones que no tienen medios para autopropulsarse y reciben en general el nombre de barcazas o chalanas (gabarras). Para moverse lo hacen con el auxilio de los remolcadores, si bien existen algunas embarcaciones de este tipo que poseen medios propios de locomoción.

Las embarcaciones se clasifican también por el tráfico que realizan, en:

A) De Altura, aquéllas que el movimiento de carga lo realizan entre --- puertos de diferentes países, por ejemplo entre Manzanillo y los puertos Japoneses.

B) De Cabotaje, y pueden ser:

a) De Tráfico de Cabotaje Nacional, si lo realizan entre puertos de un mismo litoral y un mismo país, como el que se genera entre Mazatlán en el Macizo Continental y La Paz, en la Península de Baja California, México.

b) De Gran Cabotaje, si el tráfico se realiza entre puertos de un mismo país pero situados en diferente litoral; por ejemplo el tráfico de car

ga entre Guaymas, Son. y Veracruz, Ver. (en México), vía Canal de Panamá.

c) Tráfico Costero, aquél que se realiza con embarcaciones que no se alejan más de 20 millas de la costa.

Se aclara que una embarcación de cabotaje puede realizar un tráfico de altura y viceversa si resulta económico que lo haga.

Por la forma de realizar el tráfico de altura, las embarcaciones se clasifican en:

A) De rutas fijas y se dice que son de tráfico regular o buques de línea. Son barcos que siguen una ruta determinada y tocan puertos de un área geográfica. Estos están sujetos a itinerarios fijos previamente determinados.

B) Cuando las embarcaciones no tienen una ruta fija, se les llama buques "Tramp" (vagabundo) o "voladeros"; son buques que no tienen una ruta fija y el viaje lo realizan para el transporte de un cargamento contratado.

De acuerdo con el trabajo que tienen que desempeñar las embarcaciones, pueden clasificarse como:

A) Mercantes. Son todos aquellos buques destinados al movimiento de carga cualquiera que sea su naturaleza, sus características están en función del tipo de carga que van a mover y el volumen, así como la distancia a la van a transportar y puesto que hay cargas de las llamadas carga general, contenerizada o unitizada, graneles, fluidos y perecederos, algunos autores identifican los navíos con los tipos de carga.

Existen gran variedad de buques y cada tipo se destina a un objetivo. Así se tienen:

a) De carga general también llamados cargueros (carga liner), son los buques no especializados, dedicados al manejo de toda clase de carga fraccionada o paletizada. En ocasiones, transportan en su cubierta principal algunos contenedores. (Figura IV-1).

b) Buques Portacontenedores. El buque portacontenedor es la respuesta a la necesidad de transportar los contenedores en forma expedita y con la celeridad que es requerida, y cuenta para ello con los elementos necesarios. Ha sido el pivote alrededor del cual se han desarrollado las técnicas de manejo de contenedores en las terminales especializadas de carga.

Los buques portacontenedores tienen características distintivas como son:

i) El contar con escotillas extremadamente grandes para facilitar las operaciones de acomodo de los contenedores cuando se trata de buques construidos para tal fin, mismas que llegan a ocupar hasta el 80% del área de la cubierta principal del buque.

ii) Aún cuando el buque tiene grandes aberturas y en cierto modo

la falta de cubiertas intermedias, plantea ciertos problemas estructurales, son resistentes y rígidos y las guías que poseen permiten el acomodo rápido de los contenedores.

iii) Los barcos portacontenedores celulares están diseñados adecuadamente para reducir el balanceo cuando navegan.

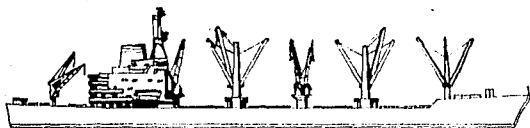


FIGURA IV-1. UN BUQUE DE CARGA GENERAL.

1.- Una primera clasificación de los barcos portacontenedores es la que considera la capacidad de las embarcaciones; en la actualidad los hay de la primera, segunda y tercera generación.

Los buques de la primera generación llegan a transportar hasta 700 TEU (*) y sus características son muy similares a las de un barco convencional.

Los buques de la segunda generación llegan a transportar hasta unos 1 300 TEU y los de la tercera generación arriba de esta cantidad hasta 3 000 TEU. Estos buques pueden navegar a través del Canal de Panamá ya que tienen unos 32.25 m. de manga, 290 de eslora y calan 13 m. (**).

2.- Una segunda clasificación de los buques podría ser por la ruta que cubren, de este modo se tienen:

i) Buques transoceánicos, para cubrir rutas intercontinentales o rutas principales; tienen capacidad para transportar más de 400 TEU. Desarrollan velocidades de 22 a 26 nudos y en general, no disponen de elementos para efectuar la carga y descarga de los contenedores, toda vez que el servicio, lo realizan entre terminales equipadas especialmente para atender

(*) TEU son las siglas de Twenty Feet Equivalent Units y equivalen a un contenedor de 40' de longitud, equivale a 2 TEU.

(**) A manera de ejemplo cabe citar el "Frankfurt Express" es uno de los buques portacontenedores más grandes del mundo, con una capacidad de 3 045 TEU. Tiene 287.70 m. de eslora total; desarrolla velocidades de 23 nudos y tiene 51 540 toneladas de peso muerto.

a este tipo de embarcaciones.

ii) Buques alimentadores (feeders), son aquéllos que cubren los tráficos en rutas secundarias y dejan o recogen un número reducido de cajas en cada puerto, para luego concentrarlas en las terminales principales. Tienen capacidad para transportar de 80 a 220 TEU y varían de 1 500 a 5 000 TRB, pudiendo desarrollar velocidades hasta de 21 nudos. Este tipo de embarcaciones a veces tocan puertos que no cuentan con equipo especializado para realizar la transferencia de los contenedores, razón por la cual se les dota de dispositivos para realizar tales maniobras, como grúas de pórtico montadas sobre la cubierta.

3.- Otra clasificación de los buques portacontenedores es la que a continuación se apunta:

i) Buque convencional de carga general. Es una embarcación común que además de transportar carga fraccionada, transporta contenedores en su cubierta principal, utilizando para su carga y descarga el equipo disponible en los puertos para tales maniobras, haciendo uso generalmente de las terminales no especializadas de manejo de carga general.

ii) Buque semicontenedor, es un buque adaptado para transportar contenedores en sus bodegas y cubierta. Algunos buques modernos, construidos para el transporte mixto (carga general y contenedores), están equipados con una pluma de capacidad tal, que permite subir y bajarlos sin tener que hacer uso del equipo del puerto. Estos buques cubren rutas largas entre puertos que no cuentan con el equipo adecuado, así como de instalaciones no necesariamente especializadas. Cubren también rutas secundarias entre terminales especializadas y no especializadas. La figura IV-2 muestra un barco de este tipo.

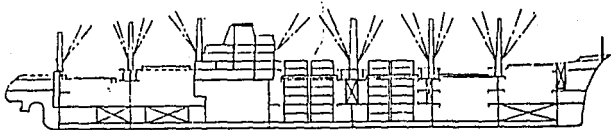


FIGURA IV-2. UN BUQUE DEL TIPO SEMICONTENEDOR

iii) Buque portacontenedor (Full Container Ship). Es un buque especialmente diseñado para el transporte de contenedores; se destaca como característica principal el que tenga guías para el acomodo de las cajas; y para la descarga o carga de los contenedores emplea el equipo que se encuentra en tierra en las terminales especializadas y es usado generalmente en rutas transoceánicas. (Figura IV-3).

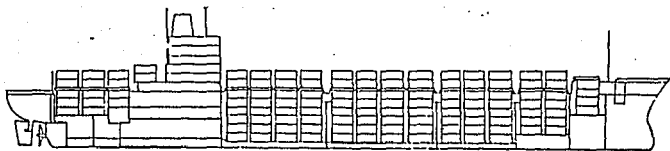


FIGURA IV-3. BUQUE PORTACONTENEDOR

Para cubrir las rutas cortas han sido diseñados buques que -- permiten que el vehículo terrestre entre o salga del barco por medio de rampas, disponiendo además de elevadores para la transferencia del equipo de cubierta a cubierta; son los llamados buques roll on-roll off. (Figura IV-4).

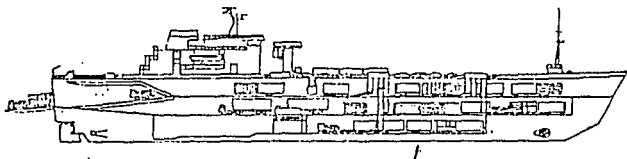


FIGURA IV-4. BUQUE TIPOICO DEL SISTEMA ROLL ON-ROLL OFF, EQUIPADO CON RAMPAS PARA LA TRANSFERENCIA DE LA CARGA.

Las cubiertas están interconectadas con un sistema de rampas que tienen cierta inclinación (12% de pendiente máxima), o con plataformas - elevadoras; como es el caso de los buques que permiten el acceso del trailer y el remolque. El acomodo de los remolques se realiza en las distintas cubiertas (figura IV-5), en tanto el remolque es retirado del interior del buque, de modo que al no viajar se deja el espacio para otras cargas.

Es evidente que con la disponibilidad de rampas se pierden -- áreas que no es posible ocupar con carga, reduciendo el espacio útil de la embarcación; de ahí que para lograr un mejor aprovechamiento de éste hayan sido diseñados buques con grúa a bordo, montada en la cubierta, sólo para el manejo de los contenedores. Los hay de dos tipos:

i) Los que permiten el acceso de los trailers a su cubierta principal por medio de una rampa situada en la popa y que se apoya en el muelle

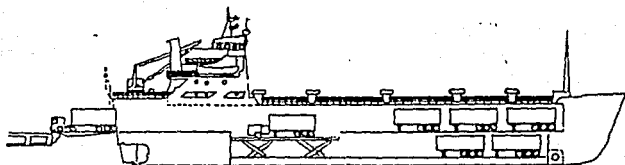


FIGURA IV-5. BUQUE PORTACONTENEDOR CON TRANSFERENCIA DE LA CARGA CON BASE EN PLATAFORMAS ELEVADORAS.

11e. La grúa toma de los chasis el contenedor, y corre longitudinalmente en el barco sobre rieles dispuestos a babor y estribor (figura IV-6), para acomodar las cajas en las guías del buque.

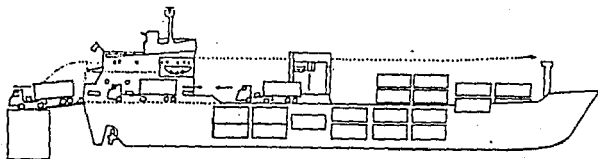


FIGURA IV-6. BARCO PORTACONTENEDOR CON GRUA MONTADA A BORDO.

ii) Los que tienen montada una grúa puente con voladizos (cantilevers), que se prolongan por los costados del barco por sobre la carpeta del muelle, de donde toman los contenedores, permitiendo de esta manera que el barco atracado, los acomode en los trailers estacionados sobre la cubierta del muelle, sin tener que disponer de rampas para que éstos tengan acceso al buque, como en el caso anterior. (Figura IV-7).

La ventaja de estas embarcaciones es que el barco viaja con el equipo y resulta apropiado para puertos que no disponen de grúas de muelle. En general, cubren rutas cortas y son considerados como buques alimentadores.

Existen también los llamados buques mixtos del sistema roll on-roll off y carga general; son embarcaciones que además de permitir el acceso de los vehículos, también posee grúas a bordo y bodegas comunes para el acomodo y almacenamiento de carga no unitarizada, como se ilustra en la

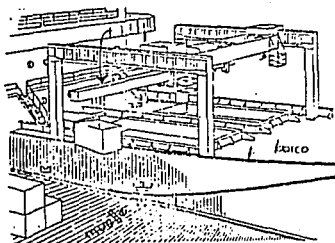


FIGURA IV-7. BARCO PORTACONTENEDOR CON GRUA MONTADA EN SU CUBIERTA Y VOLADIZOS A LOS LADOS

figura IV-8.

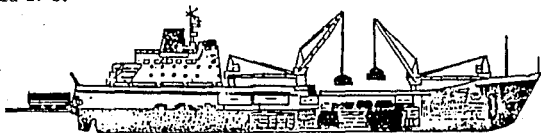


FIGURA IV-8. BUQUE MIXTO ROLL ON-ROLL OFF Y CARGA GENERAL

El transporte marítimo de las cargas requiere el más apropiado tipo de barco, es así que los barcos cubren rutas oceánicas largas, no es recomendable que distribuyan parte de su carga en diferentes puertos situados a distancias cortas, del mismo modo que no es económico operar en rutas oceánicas con barcos pequeños.

c) Buques portabarcasas (portagabarras), del sistema Float on-Float off, son el LASH (Lighter Aboard Ship), de la primera generación (figura IV-9) y del sistema SEA BEE (de la segunda generación). Este sistema adaptado a los barcos consiste en elevar las barcasas desde el nivel del mar hasta la bodega del mismo, utilizando para ello potente grúa montada en la proa. También son llamados buques nodriza. Y existen diferencias marcadas entre estos dos tipos de barcos. Baste decir que alrededor de esta idea se han desarrollado otras técnicas, algunas aún en vías de experimentación.

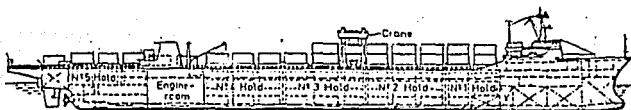


FIGURA IV-9. PERFIL DE UN BUQUE PORTABARCAZAS DEL TIPO LASH

d) Buques Mixtos. Son barcos que lo mismo transportan carga, que pasajeros. En rutas cortas los transbordadores son un ejemplo clásico de este tipo de buques; en ellos, la carga entra rodando, montada sobre vehículos -- con ruedas, por medio de rampas que se localizan en la proa, la popa o en -- los costados del buque y los pasajeros disponen de alojamientos y servicios en el mismo buque. También se les llama "Ferry's". En el caso en que el buque deba transportar carga solamente, la nave recibe el nombre genérico de "barco roll on-roll off" (Ro-Ro) y disponen de varias cubiertas y rampas para la transferencia de los vehículos de carga. (Figura IV-10).

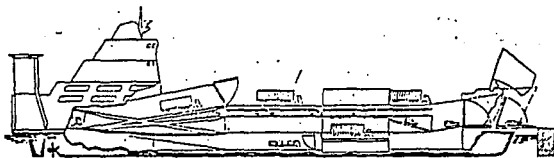


FIGURA IV-10. BUQUE ROLL ON-ROLL OFF

e) Frigoríficos, son los buques que tienen bodegas con refrigeración para el transporte de percederos tales como la carne en canal, frutas, etc.

f) Transportador de automóviles.

g) Transportador de madera en trozos.

h) Transportador de rollos de papel.

i) Transportador de palets.

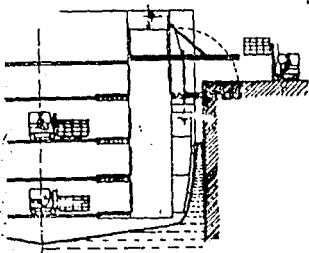


FIGURA IV-11. BUQUE TRANSPORTADOR DE PALETS.

B) Buques Graneleros, (figura IV-12), son los llamados "bulk carriers", llegan a tener pesos brutos hasta de 150 mil toneladas; -- los hay que tienen pesos comprendidos entre 60 y 70 mil T.P.M. -- llamados Panamax (aquéllos que -- por sus dimensiones pueden cruzar el Canal de Panamá); y otros de menores dimensiones, como los llamados "handy size".

a) Buques graneleros destinados al transporte de productos agrícolas, (trigo, sorgo, maíz, azúcar, etc.), disponen de tolvas y sistemas mecanizados a veces interconectados, para efectuar la descarga (la carga la realizan con los sistemas mecanizados de las terminales).

b) Buques mineraleros, tienen características similares a los buques graneleros, sólo que éstos están destinados al manejo de minerales, o productos a granel diferentes a los cereales, tales como la roca fosfórica, cemento a granel, roca caliza, carbón, yeso, etc.

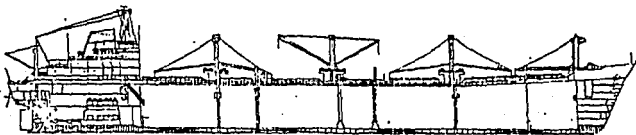


FIGURA IV-12. PERFIL DE UN BUQUE GRANELERO

Es conveniente señalar que la subdivisión tiene poca importancia y que en general un barco granelero puede ser destinado al transporte de minerales y viceversa, sólo que la limpieza constituye un factor de importancia cuando el buque se destina a un propósito específico y viene de otro muy distinto, por ello se procura ocuparlo siempre en el transporte de un solo producto.

C) Buques Tanque o Cisterna (Tankers).

a) Buques cisterna, diseñados para el transporte de fluidos tales como hidrocarburos y sus derivados, azufre, líquidos, mieles incristalizables

y una gran variedad de sustancias que requieren de sistemas más o menos complejos para su manejo y transporte tales como: maleza, vino, leche, etc. (Figura IV-13).

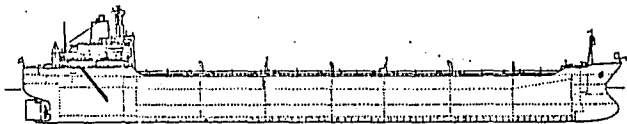


FIGURA IV-13. UN BUQUE TANQUE

Según su tamaño los de más de 300 mil TPM se les llama ultra large crude carriers (ULCC); si van de 150 a 300 mil TPM se les llama very large crude carriers (VLCC) y si tienen más de 60 mil TPM y menos de 150 mil -- TPM se les conoce como "medium size ship".

b) Buques transportadores de gas, usado para el transporte de gases en forma líquida, lo cual se logra con bajas temperaturas (-45°C), que permiten disminuir en grado sumo el esfuerzo de los tanques. A los tanques de este tipo se les llama también transportadores de gases licuados (fully refrigerated tankers).

No obstante que los buques tienden a especializarse en el transporte de un solo tipo de carga, los hay que lo mismo transportan minerales -- que cargas líquidas; son los llamados "ore-oil carriers" y transportan minerales o crudos.

D) Buques de Turismo. Son los que se dedican al transporte de pasajeros y se tienen así:

a) Cruceros. (Figura IV-14).

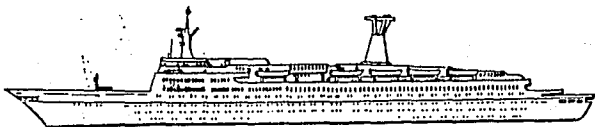


FIGURA IV-14. VISTA LONGITUDINAL DE UN CRUCERO

b) Yates de recreo.

E) Barcos de pesca. Son los barcos destinados a la captura de especies marinas, y el nombre lo reciben según la especie que capturan: balleneros, atuneros, sardineros, camaroneros, etc. Es común clasificarlos en: (*).

a) Menores, con menos de 4 m. de calado (camaroneros, huachinangeros, algunos sardineros, etc.).

b) Mayores, con más de 4 m. de calado (atuneros, balleneros, etc.) - (*).

c) Buques fábrica, son aquéllos que se dedican al procesamiento de las especies marinas en el lugar mismo donde son capturadas. Estos buques acompañan a las flotas destinadas a la captura de las especies y son llamadas también barcos madrina.

F) Buques para Fines Especiales, (**) tales como:

a) Remolcadores, embarcaciones destinadas a remolcar buques en alta mar o empujar y jalar barcos en los puertos de difícil acceso, dársenas reducidas, o bien, a remolcar trenes de barcazas a lo largo de los ríos.

b) Barco Hospital, con servicios para el tratamiento y traslado de enfermos y heridos.

c) Buque Escuela, son aquéllos que permiten completar la capacitación de los oficiales de marina mercantes; también los hay de práctica para el trabajador portuario.

d) Barcos de Investigación, son los dedicados al estudio de la oceanografía biológica y física.

e) Dragas, son las embarcaciones destinadas a dar las profundidades necesarias en los puertos, para facilitar la navegación de los buques. Las hay autopulsadas (de tolva) y estacionarias.

De acuerdo con su función cada barco tendrá sus características en cuanto a capacidad, medios de locomoción y en función de lo anterior, necesidad de una tripulación que lo opere cuando se encuentra navegando.

PARTES PRINCIPALES DE UNA EMBARCACION.

En esta parte del trabajo, sólo se hará referencia a los componentes más generales del buque mercante que se muestra en la figura IV-15.

a) Proa, es la parte frontal del barco, y es de una forma tal, que su geometría ofrece el mínimo de resistencia al agua cuando navega. En los buques modernos la proa tiene forma de bulbo.

b) Popa, es la parte posterior del barco, con la que se cierra la construcción de la nave. En esta parte del navío se localizan los elementos que permiten su propulsión (hélice) y gobierno (timón).

(*) La clasificación es arbitraria y tiene carácter cualitativo.

(**) En esta clasificación no se considera los buques de guerra.

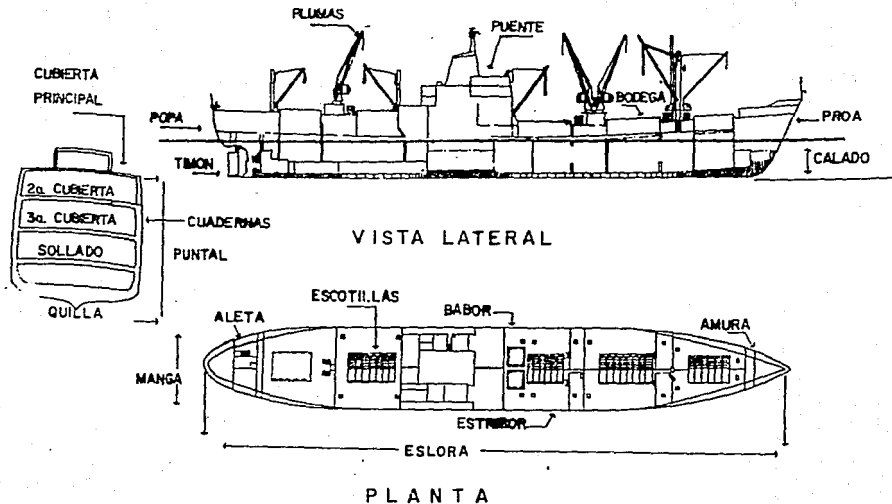


FIGURA IV-15. LOS PRINCIPALES ELEMENTOS COMPONENTES DE UN BUQUE

c) Banda de babor, es el costado izquierdo del buque, visto de popa a proa.

d) Estribor, es el costado derecho del buque.

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

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

g) 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:

i) Roda, forma la proa del barco y es de acero.

ii) Codaste, forma la popa y también es de acero.

h) Cuadernas, son cada una de las costillas que forman el esqueleto del buque, se localizan perpendicularmente a la quilla y sobre estas se aplican los forros que constituyen el casco.

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

j) Bulbo, se localiza en la proa, al pie de la roda, es de forma aerodinámica para dar mayor velocidad al buque, con la misma potencia de máquinas.

k) Cubiertas, son los diferentes planos de construcción que cierran los espacios del buque formando niveles, las 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.

l) Palos, son los mástiles verticales, generalmente de acero, que soportan las plumas.

m) Pluma, es un soporte de acero o de madera que sobresale del costado del buque y sirve para arrear o izar la carga. Se encuentran generalmente asociados a los palos del buque que les sirve de soporte.

n) Escotillas, son las aberturas en las cubiertas por las que se introduce 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 de los llamados transportadores de automóviles.

o) Punte, es la estructura más elevada del buque.

p) Bodegas, los espacios del buque para el almacenamiento y guarda de -

las mercancías objeto de transporte.

q) Obra viva o carena, es la parte sumergida del buque por debajo de la línea de flotación normal.

r) Timón, es la pieza de madera o acero, que puede girar alrededor de su eje vertical, para dar al buque la dirección deseada y se localiza en la popa.

s) Hélice, es el elemento propulsor y produce una fuerza de reacción -- que es la que hace marchar a las embarcaciones.

t) Bitas, pieza de acero que se utiliza para enrollar los cables y demás amarras que aseguran al buque a los atracaderos.

u) Ancla, pieza metálica de forma especial que sirve para evitar que -- los barcos sean arrastrados por los vientos y las corrientes marinas.

DIMENSIONES DE UNA EMBARCACION.

a) Eslora total (E), es la longitud del buque medida de proa a popa, en tres 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, hasta 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.

b) 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 cuaderna maestra.

La relación de la eslora a la manga es: $\frac{E}{M} = 7$ a 8 veces.

c) Puntual, es el peralte o la altura total 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.

d) Calado (C), es la amplitud 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 y se efectúa en el centro del disco de franco bordo.

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

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

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 colocan en la proa y en la popa.

CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES.

A) Desplazamiento. El desplazamiento de un barco es el volumen de agua que desplaza un buque al flotar, y se mide en toneladas de peso (1 ton. métrica es igual a 1000 kg. y una tonelada inglesa son 2000 libras a 907 kg. - aproximadamente); una tonelada métrica es equivalente también a 40 pies cúbicos (aproximadamente 1.13 m³).

a) Desplazamiento en rosca, es el peso del buque con sus pertrechos pero libre de carga y dotación como lo son: aceite, combustible, agua y vítuallas; también recibe el nombre de desplazamiento ligero.

b) Desplazamiento en lastre, es el peso del buque con todos sus pertrechos y su dotación de aceite, combustibles, agua y vítuallas pero sin tripulación ni sus enseres.

c) Desplazamiento a plena carga, es el peso del buque con todos sus pertrechos, sus dotaciones y la máxima carga que es capaz de transportar sin rebazar la línea de flotación. Debe tomarse en cuenta que la densidad de un metro de agua de mar equivale a 1.026 Ton., de modo que un buque al pasar de agua dulce a agua de mar disminuye su calado por el aumento en el valor de la densidad.

B) Arqueo. Es el volumen interno del buque. Dicho de otro modo, es la medida de la capacidad de carga de los buques y se expresa en toneladas Moorson o de arqueo, medida adoptada por el Gobierno Británico desde mediados del siglo XIX. La tonelada Moorson no es una medida de peso sino de volumen y equivale a 100 pies cúbicos y en el sistema métrico a 2.83 m³.

a) Arqueo bruto (Gross tonnage), es la medida de todos los espacios interiores del buque, sin distinción de uso.

b) Arqueo neto (Net tonnage), son los volúmenes del buque destinados a la carga exclusivamente (se descuenta del arqueo bruto los espacios que por sus características no están capacitados para transportar carga, tales como los espacios de los cuartos de máquinas, tanques de agua, combustible, alojamiento de la tripulación, etc.).

C) Porte. Es el peso de la carga que transporta el buque y se mide en toneladas métricas, así se tiene:

a) Porte bruto (Peso bruto), es el peso del volumen de agua desplazada al pasar el barco, de las condiciones de buque descargado (desplazamiento en rosca), a las de plena carga (desplazamiento en carga), es decir, es el peso total que es capaz de transportar un buque. De otro modo, es la diferencia entre los desplazamientos a plena carga y en rosca.

b) Porte neto, es el peso del volumen de agua desplazada al pasar el barco de las condiciones de buque descargado pero con sus pertrechos y dotación de agua, aceite, combustible y vituallas (desplazamiento en lastre), a las de plena carga; es decir, es el peso de la carga propiamente dicho que es capaz de transportar el buque, cantidad que resulta ser variable por virtud de que está en función de la cantidad de agua y combustible que el barco tenga en sus compartimientos correspondientes.

D) Tonelaje. El tonelaje de un barco es un concepto ligado al de arqueo, es una medida de la capacidad del buque y se mide en toneladas Moorson. Es la base para efectuar el pago de los derechos portuarios, hacer uso de los canales del puerto, así como para efectuar en general la operación de la nave.

a) Tonelaje de Peso Muerto (Dead Weight Tonnage, DWT), es el peso de la máxima carga que es capaz de transportar un buque y se mide en toneladas largas (1 tonelada larga = 2,240 libras = 1,016 kg).

b) Tonelaje de Registro Bruto (TRB), es también la medida del arqueo bruto, es el volumen total del buque; de otro modo, es la capacidad cúbica del buque y se mide en unidades de 100 pies cúbicos.

c) Tonelaje Neto de Registro (TNR), es el arqueo neto, o dicho de otro modo, son los espacios susceptibles de ser aprovechados para alojar carga o para el transporte de pasajeros.

E) Discos del franco bordo y líneas de máxima carga. Los barcos tienen un límite de carga que no se puede sobrepasar que se marca en los costados del buque con un círculo (disco de franco bordo o disco de Plimsoll), (figura IV-16), que se encuentra cruzado por una línea horizontal. Si las condiciones fuesen iguales en todos los mares y estaciones, sería suficiente la línea trazada por el centro del disco para indicar la línea de máxima carga; pero en realidad no es ésta, sino que las aguas del mar tienen distinta densidad, que varía según la estación y el lugar, por lo cual se pintan líneas que definen el límite de máxima carga para diferentes mares y en distintas estaciones del año, como se muestra en la figura siguiente, en la que T = regiones tropicales, V = verano; I = invierno; ANI = Atlántico norte en invierno; D = agua dulce en verano; TD = agua dulce tropical.

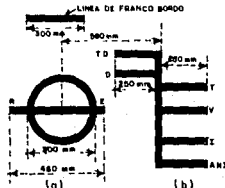
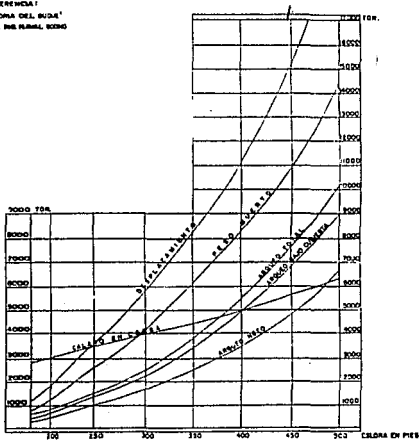


FIGURA IV-16. DISCO DE FRANCO BORDO.

DIAGRAMA IV-1.

CARACTERISTICAS DE BUQUES -

REFERENCIA:
"TEMA DEL BUQUE"
DEL MAR PLAZA, BOGOTA



PARA LA LEY DE VARIACION DEL CALADO CON LA ESLORA
LA SEPARACION ENTRE DOS HORIZONTALES DEL DIAGRAMA, -
EQUIVALE A CINCO PIES.

1 PIE = 0.305 M.
1 METRO = 3.28 PIES

BUQUES DE
200 PIES DE
ESLORA $\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{P} = 12.5 \\ \frac{M}{P} = 1.5 \end{array} \right.$

BUQUES DE
400 PIES DE
ESLORA $\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{P} = 13 \\ \frac{M}{P} = 1.63 \end{array} \right.$ E = eslora
P = puntal
M = manga

MANIOBRAS.

(Aspectos Náuticos de la Planificación Portuaria).

Consideraciones Generales.

En el desarrollo de un puerto desempeñan un papel importante los aspectos náuticos: el movimiento de los buques en las zonas de aproximación y acceso, las maniobras dentro del puerto y las operaciones de atraque en las terminales. A la hora de determinar la ubicación del proyecto de desarrollo hay que elegir el lugar más económico y seguro. Los aspectos náuticos a tratar tienen por objeto promover la planificación, realización y ejecución sistemáticas de las medidas necesarias para una navegación segura y rápida en los puertos y al entrar y salir de ellos. Tratando principalmente la recepción de los grandes buques, porque éstos tienen una influencia dominante en la forma y las dimensiones de la infraestructura de un puerto.

Respecto de los puertos de agua profunda que tienen que ser aptos para recibir grandes buques, se plantea el problema de que la trayectoria efectiva de esos buques, para distinguirla de la trayectoria ideal, puede ser muy diferente de la que siguen los buques de tipo corriente. Esto se debe a que, en el caso de los grandes buques, como los superpetroleros, es mayor el tiempo de reacción, por ejemplo, a los movimientos del timón o a los cambios de las revoluciones de la máquina. Esas características de maniobra diferentes, pueden llevar a la adopción de nuevos criterios operacionales limitativos para el tráfico en las cercanías del puerto y en otras zonas de navegación. Con los cambios pertinentes, las disposiciones que hayan de adoptarse para la seguridad de la navegación al entrar y salir de los puertos pueden ser amplias en comparación con las adoptadas para los buques de tipo corriente.

En el transporte marítimo se han producido cambios importantes que no se limitan a los últimos decenios; los cambios están siendo estimulados continuamente por el progreso tecnológico y por la evolución de la demanda de transporte. Si un puerto y sus instalaciones no se adaptan a esta evolución o no siguen su ritmo, las demoras, la congestión portuaria, los accidentes y las colisiones traerán consigo el funcionamiento inadecuado del puerto. La sanción que esto conlleva para la economía nacional y regional siempre es grave.

La adaptación de un puerto a las nuevas necesidades suele ser una tarea difícil, cara y que lleva mucho tiempo, si no se dotó al proyecto original de flexibilidad suficiente. Por consiguiente, cuando se trata de construir nuevos puertos, primero habrá que efectuar una evaluación a fondo del tipo, el tamaño y el número de buques que utilizarán el puerto, inicialmente y en el futuro, y de si esos buques llegarán y partirán cargados o descargados. En segundo lugar, dados los inevitables defectos y errores de estas evaluaciones y previsiones, en el proyecto ha de preverse que en el futuro los accesos y las zonas de maniobra del puerto puedan adaptarse con la máxima facilidad a los nuevos tipos de buques. Un estudio de las características de los accesos evaluará los movimientos del tráfico local, los efectos del clima y del horario, las operaciones de pesca y las características de los posi

bles canales.

En general, el paso de un buque de la mar abierta al atraque en una terminal puede dividirse en tres fases. Esa división refleja el tipo de maniobras que han de realizarse, según la configuración de la zona costera de que se trate. La primera fase es la preparación para la maniobra, la segunda fase comprende las maniobras propiamente dicha de acceso al puerto, la desacele- ración y la detención final, y la tercera fase es la aproximación y el amarre al puesto de ataque. Al salir de un puerto los buques tienen que pasar - por fases similares, pero a la inversa. La naturaleza de esas maniobras viene determinada por las velocidades típicas máximas y mínimas a las que pueden realizarse estos movimientos dentro de unos criterios de seguridad aceptables. Por ejemplo, hay velocidades máximas y mínimas de entrada en el puerto a las que el buque podrá detenerse dentro del puerto sin tener que recurrir a una parada violenta.

Estas consideraciones llevan a la cuestión de las dimensiones horizontales y verticales del acceso al puerto y las zonas de maniobras. Las características de maniobra de los buques cuya inercia es considerable exigen mucho espacio para las maniobras en comparación con los buques corrientes. Esos buques requieren la ayuda de remolcadores cuando navegan a poca velocidad o -- por canales estrechos; habitualmente la eficiencia del remolcador aumenta a medida que disminuya la velocidad del buque. No hay que olvidar la posibilidad de que falle el servomotor del timón o la unidad de propulsión de los buques durante los movimientos en el puerto. Esos incidentes se producen durante las maniobras en el puerto con más frecuencia que en el mar abierto debido a los cambios bruscos del régimen de los motores. Los efectos potenciales de esos fallos deberían reducirse lo más posible, particularmente cuando se trata de cargas peligrosas, mediante una planificación adecuada del puerto. La desviación de la trayectoria ideal en las maniobras en puerto puede deberse a muchos factores, uno de los cuales es el elemento humano. Los marinos -- seres humanos y no hay dos que respondan de la misma manera a una ins-- trucción dada. Al fijar las dimensiones de las zonas de tránsito y maniobra en el puerto deben tenerse en cuenta esa diversidad de las reacciones huma-- nas.

En términos generales, la trayectoria real seguida por el buque depende de sus características de maniobra y del estado de las aguas por las que navega. A su vez estos factores influyen en las decisiones que se toman en el puente para dirigir el buque en las subsiguientes maniobras en el puerto. En el puente, la actividad de control comprende tres tipos diferentes de acciones: a) mantener el rumbo; b) corregir prontamente las desviaciones respecto de la trayectoria deseada; c) evitar todo movimiento inestable del buque que pueda producir una pérdida de control de la dirección del buque. Los movi-- mientos inestables del buque se deben a fenómenos de resonancia, que varían según los tipos y dimensiones de los buques. Los marineros pueden controlar algunas formas de resonancia, pero otras no se pueden controlar o no en forma suficiente. Por consiguiente, el planificar los accesos al puerto es muy importante investigar el comportamiento de los buques en condiciones que --- sean representativas de la zona costera de que se trate, siempre con objeto de garantizar la seguridad de la navegación al entrar y salir del puerto.

Evidentemente para el piloto de un buque es esencial disponer de información; por ejemplo, información sobre la posición del buque en relación con la trayectoria que debe seguir, información que permita coordinar los datos relativos a la vigilancia y/o dirección del tráfico en las zonas de navegación del puerto, e información sobre las condiciones ambientales (viento, visibilidad, oleaje, corrientes, mareas). El grado deseable y factible de integración de esos sistemas de información, el alcance, la exactitud y la fiabilidad de la información requerida, la densidad máxima del tráfico, así como las condiciones atmosféricas locales, determinan los tipos y la ubicación del equipo que ha de adquirirse.

Los nuevos métodos de estudio permiten la investigación sistemática de la dinámica de los movimientos y de las corrientes del tráfico marítimo. -- Esas investigaciones proporcionan datos básicos para determinar, entre otras cosas, los procedimientos a que han de atenerse los pilotos durante las maniobras en el puerto. Con la introducción de modernos sistemas electrónicos de navegación, esos datos permiten la navegación segura y eficiente de los buques grandes y vulnerables al entrar y salir del puerto.

Maniobrabilidad del buque.

Considerando los factores que influyen en el comportamiento maniobrero del buque, las propiedades básicas del propio buque se denominan aquí características de maniobra del buque. Esas características están determinadas -- por el casco del buque, su masa, el sistema y las dimensiones del timón, el sistema de propulsión y la potencia de las máquinas; son las siguientes: a) la forma en que el buque responde al timón y a las variaciones de las revoluciones de la hélice; b) la capacidad de virada; c) la distancia que necesita el buque para detenerse.

La relación eslora/manga, y el coeficiente de afinamiento, junto con la relación manga/calado y la superficie del timón son los principales elementos que determinan las características de maniobra. Cuando el buque tiene relación manga/calado pequeña y un alto coeficiente de afinamiento necesita un tiempo relativamente largo para responder al ángulo de caña que se aplique, pero, una vez que el buque empieza a virar, su capacidad de virada es buena. Es evidente que esas características son importantes para la capacidad de maniobra de un petrolero en un canal. No obstante, es igualmente esencial la forma en que el piloto, en el puente, utilice esas características de maniobra para gobernar el buque.

En aguas encerradas, el tiempo necesario para que el buque responda al ángulo de caña aplicado puede reducirse gracias a una acción simultánea del timón y de la hélice, esta última sólo durante un tiempo breve para evitar que aumente la velocidad del buque. El efecto de esa maniobra es mayor cuando disminuye la velocidad del buque. En general, la estabilidad del rumbo indica en qué medida el buque responde a las perturbaciones externas. En aguas poco profundas, la estabilidad del rumbo tiende a ser mejor que en aguas profundas.

En aguas profundas el diámetro de giro a la velocidad de servicio y con

un ángulo de caña de 35° varía considerablemente según los tipos de buques e incluso según los distintos buques de una misma categoría. Muchos buques portac contenedores tienen poca capacidad de maniobra, particularmente los portac contenedores construidos, o concebidos originalmente, para navegar a velocidades de servicio elevadas de 26 ó 27 nudos. Para esos buques el diámetro de giro es del orden de 6 a 8 esloras. El diámetro de giro de los grandes petroleros o graneleros de carga seca, a velocidades de servicio de 15 a 17 nudos, es del orden de 3 a 4 esloras, a veces incluso de menos de 3 esloras. El diámetro de giro de los metaneros es en la mayoría de los casos de 2 a 2.5 esloras, lo mismo que el de muchos buques corrientes de carga general y polivalentes.

Muchas veces la capacidad de virada a poca velocidad mejora gracias al uso de dos hélices o de hélices de empuje lateral (bow thrusters) o de una combinación de ambas. Ahora bien, esas medidas no son una panacea contra una capacidad inadecuada de maniobra; por ejemplo, muchos buques portac contenedores están equipados con hélices gemelas, pero debido a la forma del casco, la distancia entre las hélices es pequeña en comparación con la eslora del buque que el momento de giro es virtualmente inexistente. Las hélices de empuje lateral son útiles para las operaciones de atraque y desatraque, pero a velocidades de 4 ó 5 nudos particularmente pierden gran parte de su eficiencia.

Evidentemente, la distancia que un buque necesita para detenerse depende en gran parte de la relación entre la potencia en marcha atrás y la masa del buque. Además, la potencia en marcha atrás, expresada como fracción de la potencia instalada, varía según los sistemas y puede ir desde el 50% en un buque con turbina de vapor y hélice de palas fijas hasta el 100% en un buque de motor diésel y hélice de paso variable. Como consecuencia, la distancia D recorrida durante una detención violenta varía considerablemente, incluso si se expresa como función de la eslora del buque, E . En aguas profundas y partiendo de la velocidad de servicio, las cifras aproximadas son las siguientes: grandes petroleros y graneleros de carga seca ($=200,000$ TPM): $D=$ de 15 a 20 E ; buques portac contenedores: $D=$ de 6 a 8 E ; grandes metaneros: $D=$ de 10 a 12 E ; buques corrientes de carga general y buques polivalentes: $D=$ de 4 a 7 E .

El buque que está haciendo una maniobra de detención violenta tiene poco o ningún control sobre su trayectoria debido a la configuración del flujo junto al timón y por lo general se apartará mucho de la línea recta. La trayectoria efectiva es muy imprevisible. Puede mantenerse un cierto control de la trayectoria dando avance intermitentemente y metiendo caña para corregir el rumbo. No obstante, esa maniobra provoca inevitablemente un aumento de la distancia de detención.

Efecto de las condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales influyen poderosamente en las características de maniobra y el comportamiento de los buques. Esos efectos se dejan sentir, en particular:

- a) En aguas poco profundas: aumento de la resistencia, asentamiento de

popa, escora, modificación de la respuesta del timón;

b) Con oleaje y marejada: desviaciones de trayectoria estables o inestables, aumento de la resistencia, a veces reducción de la respuesta al timón;

c) Con corrientes y vientos: movimientos de deriva. Las corrientes o vientos de costado imprimen a los buques una deriva lateral. Para mantener el rumbo del buque, habrá que gobernar a un cierto ángulo respecto del rumbo teórico. Como ese ángulo de deriva tiene limitaciones prácticas, el fenómeno adquiere particular importancia en las maniobras en los puertos, tanto más cuanto que el efecto de las corrientes de costado aumenta cuando disminuye el calado bajo la quilla. El oleaje y la marejada influyen considerablemente en la estabilidad de rumbo y en los márgenes de desviación respecto de la trayectoria ideal cuando se navega por canales.

La influencia de la profundidad del agua sobre el buque en movimiento se empieza a advertir a la profundidad de unas cuatro veces el calado del buque. La influencia comienza a ser importante a la profundidad aproximada de 1.5 veces el calado del buque. Así pues, por aguas poco profundas se entienden generalmente las vías navegables cuya profundidad es igual o inferior a 1.5 veces el calado del buque.

Un efecto importante de la poca profundidad del agua es el aumento del asentamiento de popa del buque, es decir el hundimiento resultante de la acción de las corrientes inversas a lo largo de los costados y bajo la quilla. El asentamiento es esencialmente proporcional al cuadrado de la velocidad del buque.

Los efectos de la poca profundidad del agua en las características de maniobra del buque son un aumento de la estabilidad de la trayectoria y una disminución de la eficacia del timón. Es decir, disminuirá la tendencia del buque a zigzaguear en torno a su trayectoria ideal. Además, el radio de giro aumentará y será más lenta la respuesta al ángulo del timón. Al aumentar la resistencia en las aguas poco profundas disminuirá relativamente la distancia que necesita el buque para detenerse, aunque no en forma espectacular.

Un aspecto especial de los efectos de la poca profundidad del agua es la navegación sobre cieno de poca densidad (sedimentos en suspensión). En diversos puertos esos aspectos tienen consecuencias directas para su política de mantenimiento de los canales de acceso o normas de accesibilidad (Rotterdam, Shangai, Bangkok, Paramaribo, Cayena). En general cabe afirmar que, al aumentar la eficacia del timón debido a la mayor velocidad de las hélices cuando se navega en aguas cenagosas, los movimientos dinámicos, como son los cambios de rumbo, se iniciarán más directamente, mientras que se necesitarán menos tiempo y menos espacio para su ejecución, debido a la acción amortiguadora del cieno.

Consecuencias para la Planificación Portuaria.

A continuación se exponen de forma indicativa, las consecuencias que to a esto tiene para la planificación portuaria, en la medida en que más o me-

nos pueden generalizarse. Hay que observar que no hay dos puertos iguales y que, por consiguiente, no pueden darse soluciones uniformes.

1. Calado de los canales de acceso.

En la figura IV-17 se indican esquemáticamente el calado bajo la quilla y los márgenes de seguridad requeridos. La figura presenta de forma simplificada las condiciones reales. El movimiento vertical de un buque provoca por el oleaje y la marejada es de hecho un parámetro estocástico, cuya -- probabilidad de rebasar un valor determinado puede determinarse si se conocen con suficiente detalle las condiciones locales del oleaje y las características de la respuesta del buque. A su vez, esas características pueden variar mucho entre buques de las mismas dimensiones y clase. Además, el fondo real del canal, como consecuencia de las inexactitudes del dragado y de la sedimentación, no forma un plano horizontal, ni tampoco hay unas tolerancias fijas para determinar un nivel nominal.

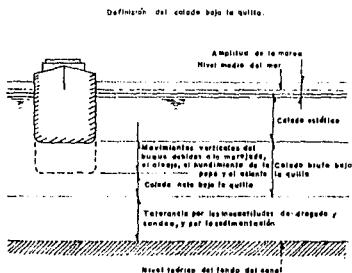


FIGURA IV-17. DEFINICIÓN DEL CALADO BAJO LA QUILLA

La AIPCN* sugiere que, a modo de aproximación, se tomen para el calado bruto bajo la quilla los siguientes valores:

- a) En zonas de mar abierto expuestas a una fuerte mar tendida de popa o de aleta, a gran velocidad del buque: 20% del calado máximo;
- b) En canales y zonas de espera expuestas a una fuerte mar tendida, 15% del calado;
- c) En canales menos expuestos, 10% del calado.

Es evidente que esos porcentajes pueden variar considerablemente según los lugares y según las características físicas. Además, hay que insistir en

* Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación.

que las cifras se refieren estrictamente a los grandes buques, que a estos efectos la AIFCN* define como buques de 200,000 TFM o más. Para los buques corrientes, o incluso para los metaneros, en muchos casos, esos porcentajes serían muy insuficientes.

Se subraya que tratándose de canales sujetos al movimiento de la marea, no todos los buques tienen que poder entrar o salir del puerto en todas las fases de la marea. Al contrario, muchas veces resulta más económico restringir la navegabilidad del canal, por lo menos para los buques mayores, a un período limitado de la marea. El tipo y número de buques a que afecte la restricción y el grado en que se aplique, es decir, la amplitud del espacio útil entre mareas, se han de estudiar en cada caso. Normalmente se determinarán tratando de reducir al mínimo el costo de la construcción del canal, el costo de su mantenimiento y el costo del tiempo de espera de los buques. En la práctica, la espera conlleva a menudo unos costos ocultos considerables, ya que los buques tienden a reducir la velocidad mucho antes de la entrada en el puerto en vez de tener que esperar en un fondeadero.

2. Anchura de los canales.

Por lo general, un buque no podrá navegar por un canal en una posición paralela al eje del canal. Las fuerzas que ejercen sobre el buque los vientos y corrientes de costado obligan a gobernar según un cierto ángulo — el ángulo de deriva— a fin de seguir su enfilada. De esta forma se llega a un estado de equilibrio entre el momento creado por las fuerzas externas y el que crean la resistencia del agua y el timón. Es posible determinar ese ángulo de deriva en diversas circunstancias mediante ensayos con modelos reducidos. En aguas encerradas, y en las condiciones mencionadas, el buque también necesitará un ángulo de caña para mantener más o menos su trayectoria. Especialmente si navega siguiendo el eje de un canal con corrientes de costado, el ángulo de caña tendrá que ser relativamente grande para corregir el rumbo de modo que el buque no se aparte aún más de su trayectoria ideal. El ángulo de deriva repercute en la anchura de la vía utilizada por el buque, que con 10° ya es aproximadamente el doble de la manga. La limitación del ángulo de deriva puede influir en la velocidad mínima del buque en el canal.

La anchura que deberá tener un canal de una sola dirección comprende la anchura de la vía del buque, la anchura precisa para compensar los desplazamientos del buque respecto de la derrota teórica, la anchura para compensar las inexactitudes de la información sobre las características del canal y un margen de seguridad. Traducir todo esto en dimensiones reales no es tarea fácil. Los métodos que se utilizan para ello son:

a) El Método empírico: aprovechar la experiencia adquirida en otros canales y traducir en términos cuantitativos las opiniones cualitativas de los pilotos;

b) Investigaciones con modelos físicos;

c) El método de la desviación máxima: cuantificar los efectos de las respuestas correctas y especificadas del piloto en buques con determinadas características de maniobra después de que se haya producido cierta desviación mínima respecto del rumbo ideal;

d) Modelos de simulación matemática de la navegación que incorporan en un modelo computarizado las reacciones de los pilotos en el comportamiento o del buque;

e) La simulación de la navegación en tiempo real: utilizar con pilotos o marinos un simulador comparable a los simuladores de pilotaje empleados para la formación de aviadores.

Los métodos d) y e) pertenece a los métodos de investigación de probabilidades y de diseño y, cuando se utilizan juntos, cabe esperar de ellos resultados muy convincentes. Su fiabilidad aumentará cuando se mejoren los modelos de la respuesta de los buques a las complejas fuerzas externas que actúan en las aguas cerradas.

Hasta ahora la investigación y la experiencia han mostrado que la anchura del canal necesaria depende particularmente de las condiciones del medio tales como las corrientes transversales y los gradientes de esas corrientes (variación de esas corrientes por unidad de longitud del canal), el oleaje y la marejada, el viento, la visibilidad, y también de la exactitud de la información relativa a la posición del buque y la facilidad con que los pilotos puedan "leer" esa información. El valor mínimo de la anchura de un canal de una sola dirección (anchura a pleno calado) sería cinco veces la manga del buque más grande, en ausencia de corrientes transversales. El valor medio en condiciones medias sería más bien de 7 a 8 veces la manga. La anchura efectiva de los canales de una sola dirección varía en los puertos actuales entre 4 y 10 veces la manga.

En lo que concierne al tráfico en dos direcciones, hay que hacer una distinción entre los tipos de buques que se pueden cruzar. Si ha de haber un tráfico en dos direcciones para los buques más grandes, la anchura del canal debería aumentarse, en relación a la del canal de una sola dirección, de 3 a 5 veces la manga, más la compensación del ángulo de deriva. En las curvas de sería preverse un ensanchamiento amplio y gradual. A su vez, la amplitud de ese ensanchamiento depende mucho, además del radio de la curva, de las corrientes y en particular de las variaciones de las corrientes.

3. Trazado de los canales.

El trazado de un canal de acceso a menudo viene impuesto en gran parte por la topografía del fondo del mar y por otras condiciones locales. Hay que tener debidamente en cuenta los siguientes aspectos para evaluar los distintos trazados posibles:

a) Un canal debe tener la menor curvatura posible. En particular, -- hay que evitar las curvas cerca de la entrada del puerto, porque náuticamente es ya un punto difícil.

b) Una sola curva es mejor que una serie de curvas más pequeñas; la distancia entre las curvas debe ser de 10 esloras como mínimo.

c) El radio de la curva debería ser \geq 10 esloras, y en casos excep--

cionales ≥ 5 esloras.

d) En la medida de lo posible deben evitarse las corrientes transversales, muy especialmente si los gradientes de las corrientes son elevados, - por ejemplo cerca de la entrada del puerto y en las curvas.

e) A lo largo del canal deben preverse fondeaderos (de emergencia), - el último de los cuales debe estar ubicado cerca de la entrada del puerto.

4. Principales zonas de maniobras dentro del puerto.

El estudio de las maniobras de un buque está íntimamente relacionado con el dimensionamiento de las áreas de agua de un puerto, ya que éstas dependen, en gran parte, de las primeras, por lo que citaremos únicamente las maniobras o evoluciones de los buques en un puerto a partir de su entrada.

Para desarrollar el estudio del dimensionamiento de las áreas de agua necesarias para los buques, tomando en consideración sus maniobras, es preciso, en cada caso, tener conocimiento de las condiciones locales de viento, oleaje, corrientes y mareas; de las dimensiones de las embarcaciones que usarán los puertos y de las partes que intervienen directamente en las maniobras propias del buque, que son: la potencia de sus máquinas, número de hélices, timón y anclas además de las embarcaciones auxiliares, que en ocasiones ayudan a las maniobras de los barcos (remolcadores).

Las condiciones que prevalecen en la entrada al puerto, en el fondeadero o antepuerto, en el área de círculo de maniobras, en los canales de acceso (que ya vimos anteriormente) y en las dársenas internas, son diferentes, por lo que estudiaremos cada caso en particular.

Antepuerto.- Por regla general, en los puertos se dispone de una zona de agua abrigada, que sin ser el área de trabajo propiamente (dársenas), tiene su función perfectamente bien definida y que consiste en:

Proporcionar espacio suficiente para que las embarcaciones, en caso de mal tiempo, entren rápidamente y puedan tener su marcha sin peligro alguno y contar con determinada superficie de agua para que las embarcaciones se fondeen en espera de muelle (figura IV-18). Para ello es necesario disponer de un espacio de 5 a 7 esloras para frenar la embarcación, condición que deberá tenerse presente al proyectar, considerando siempre el máximo barco que se espera arribe con frecuencia.

Fondeadero.- Es un área de agua perteneciente al antepuerto, donde las embarcaciones quedan sujetas por sus anclas, esperando entrar a la parte del puerto destinada a realizar sus operaciones; o bien en espera de buen tiempo para salir. El fondeadero ha de reunir ciertas condiciones referentes a superficie, abrigo, acceso y naturaleza del fondo, que se estudian enseguida.

La superficie necesaria para un fondeadero está supeditada al tráfico marítimo del lugar, pudiendo determinarse el número aproximado y tipos de

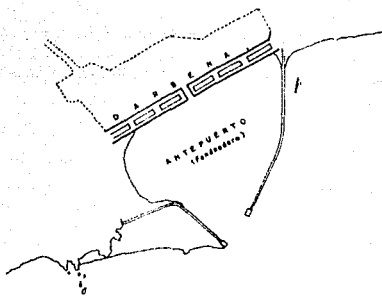


FIGURA IV-18. ZONAS DE ANTEPUERTO Y DARSENAS DEL PUERTO DE SALINA CRUZ, OAX.

barcos que han de frecuentar al puerto y los que eventualmente puedan buscar refugio en esa zona. Los buques fondean con una ancla por proa, o bien con 2 anclas: una en proa y otra en popa.

En los buques fondeados con una sola ancla, es decir, "a la gira", - es necesario dejar a la cadena cierta longitud para minorar los tirones. La flecha que toma la cadena le permite actuar como amortiguador entre el punto fijo constituido por el ancla o "muerto" y la masa móvil del buque. En general, el cateto horizontal del triángulo cuya hipotenusa (catenaria) es la cadena, es de 3 a 5 veces la profundidad, según corresponda a un barco pequeño o grande. Si se fondea con poca cadena, la componente vertical de la tensión podría elevar el ancla permitiendo su arrastre o "garreo". Cuando se presenta mal tiempo es frecuente dejar correr (filar) la cadena para disminuir su trabajo.

El buque fondeado está bajo la influencia del viento, de las corrientes y del oleaje. Si éstas cambian de dirección, el buque gira alrededor del ancla como centro y la popa describe lo que se denomina círculo de evitación, cuyo radio debe cumplir lo que se ha indicado acerca de la longitud de la cadena y con un conveniente margen de seguridad, que pudiera ser el 10 o el 20% de la eslora, según corresponda a un barco grande o pequeño. Por lo anterior el radio varía entre $R=1.1E + 5h$; y $R=1.2E + 3h$; siendo E la eslora del barco y h la profundidad en pleamar.

Para conocer la capacidad de un fondeadero, se traza en un papel --- transparente los círculos de evitación de las embarcaciones con los radios - determinados por las fórmulas, de modo que los centros de los círculos de evitación queden en los vértices de triángulos equiláteros, cuyos lados ten--

gan igual longitud que el radio determinado.

Si los barcos no fondean a la gira (caso más frecuente), para mejor aprovechamiento del área, se anclan de proa y popa y la superficie estricta - que ocuparía cada barco, si permaneciese fijo, sería un rectángulo de área $E \times M$, para tener en cuenta el juego de cadenas y el movimiento que siempre tiene un barco, se emplea la fórmula $S = EM\alpha$; que da la superficie ocupada por un buque y en la que α es un coeficiente con valor de 1.5 a 5, tanto menor cuando más pequeño sea el barco y más eficaz el abrigo. Como valor medio se puede aceptar $\alpha = 3.5$.

La naturaleza del suelo en el fondeadero debe ser tal que permita la buena sujeción del ancla sin temor a que garree, es decir, que resbale. Son buenos fondos para anclar los de arena y arcilla dura, y malos los de roca y fango blando.

Si el fondeo se hace mediante muertos y boyas de amarre, en vez de anclas, se tienen menos exigencias y la roca es aceptable.

En los fondeaderos de algunos puertos es frecuente que los barcos realicen operaciones de carga y descarga, ya sea mediante chalanes que transportan la carga al puerto (si el barco no puede hacerlo directamente en los muelles), o bien cuando un barco de altura trasborda su mercancía a otro de cabotaje, el cual se encargará de distribuirla.

Área de Ciaboga. - Es llamada también círculo de maniobras, o sea el área de agua que necesita un buque para virar en redondo, invirtiendo el sentido de su marcha. Esta operación puede efectuarla el buque por sus propios medios, utilizando las anclas, o sirviéndose de remolcadores.

En el primer caso, la maniobra es la que se indica esquemáticamente en la figura IV-19, de la que se deduce: $r = R \tan 30^\circ = 0.58R$.

Como esta maniobra ha de efectuarla el buque en zona abrigada, el radio de giro R variará, según se ha indicado en párrafos anteriores, entre $R = 1.5E$ para los barcos pequeños y $R = 3.5E$ para los barcos de grandes dimensiones (los valores de R para zonas en calma corresponden a la mitad de los obtenidos para zonas agitadas), por lo que el diámetro del círculo de maniobra con los propios medios del buque, estará comprendido entre:

$$2 \left(r + \frac{1}{2}E \right) = 2 (0.58 \times 1.5E + 0.5E) = 2.75E$$

$$2 \left(r + \frac{1}{2}E \right) = 2 (0.58 \times 3.5E + 0.5E) = 5E$$

pudiéndose interpolar los radios correspondientes para los casos de embarcaciones de dimensiones intermedias.

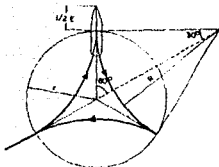


FIGURA IV-19. MANIOBRA DE CIABOGA CON LOS PROPIOS MEDIOS DEL BARCO

Si el buque lleva a cabo la maniobra-utilizando el ancla, ha de fondearla por la banda en cuyo sentido se efectúa el giro, dar máquina adelante - describiendo el círculo con centro en el ancla y radio aproximadamente de -- una eslora (figura IV-20), conviniendo adoptar un margen de seguridad de media eslora.

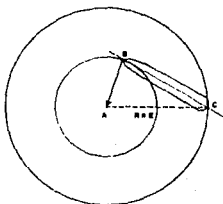


FIGURA IV-20. CIABOGA CON ANCLA DEL BARCO

En caso de que la maniobra se efectúe con 2 remolcadores, de los cuales uno empuja por popa y el otro por proa, el buque gira sensiblemente sobre sí mismo y el diámetro del círculo de maniobras se aproxima a una eslora del buque conviniendo también aumentarlo prudentemente en media eslora (figura IV-21).

Actualmente existen también sistemas de propulsión y dirección, como el llamado "Timón activo", con el que el buque tiene mucha más libertad de movimiento, permitiéndole virar casi sobre sí mismo sin auxilio de remolcadores. Para la fijación de dimensiones del fondeadero o antepuerto no se deben tener en cuenta estos casos especiales, que están poco generalizados, siendo más conveniente adoptar como mínimo las dimensiones antes indicadas.

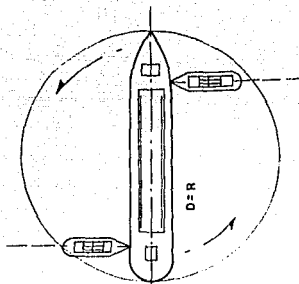


FIGURA IV-21. MANIOBRA DE CIABOGA CON AYUDA DE 2 REMOLCADORES

El área de maniobras o ciaboga se ubica en la proximidad de los muelles y en ocasiones en los antepuertos.

Dársenas de Operación.— Las dársenas de operación son obras interiores de los puertos destinadas a la recepción de barcos que llegan a atracar en los muelles que las limitan. Las diversas formas y dimensiones de las dársenas están regidas por: el tipo, dimensiones y frecuencia de arribo de los barcos que visitan al puerto y por la topografía del lugar.

Se define a la dársena como un área de agua contigua a los muelles, que permite a las embarcaciones atracarse para efectuar sus operaciones de carga y descarga. Pueden estar abiertas directamente al antepuerto o separadas de él por medio de esclusas; esta última disposición se usa en el caso de puertos situados en mares donde la amplitud de la marea es grande y en los cuales, en marea baja no sería posible que embarcaciones de cierto calado permaneciesen a flote. Este fenómeno es común en los puertos europeos y poco frecuente en los mares de México, exceptuando la zona norte del Golfo de Cortés, donde se presentan mareas del orden de los 7.5 m. Por lo tanto nos ocuparemos únicamente del tipo de dársenas que no requieren esclusas.

La longitud y área de una dársena se dimensiona de acuerdo con el tipo y número de barcos que lleguen a atracar a los muelles, considerando como factor principal para definir la longitud, la eslora (E) de igual a una manga (M) de los mismos. Estos espacios dependerán del número de embarcaciones atracadas, siendo el objeto permitir una fácil maniobra de atraque o desatraque; o bien, evitar averías entre las embarcaciones al ceder por alguna circunstancia sus amarras.

Ejemplificando lo anterior (figura IV-22), supóngase que se va a di-

mencionar una dársena, que en uno de sus lados necesita espacio para dos barcos tipo Liberty, con eslora de 135 m. y manga de 17 m.; se tendrá entonces que la longitud necesaria para la dársena será igual a $2E + M = 270 + 17 = 287$ m.; siendo ésta la longitud mínima, conviene dejar un espacio (M) en los límites de la dársena, quedando entonces la longitud total $2E + M + 2M = 321$ m.

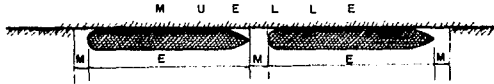


FIGURA IV-22. DARSENAS DE MUELLE MARGINAL.

Cuando las dársenas están dispuestas una frente a otra, (figura IV-23) el criterio a seguir es el antes indicado en cuando a su longitud.

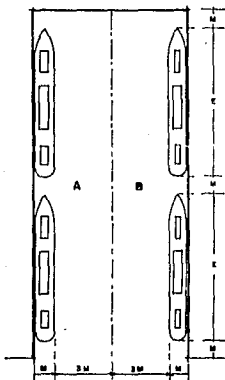


FIGURA IV-23. DIMENSIONES DE DARSENAS

Para dimensionar el semi ancho de la dársena, se debe tomar en cuenta la manga máxima (M) del tipo de barcos considerado, más un espacio de agua correspondiente a $3M$, en el que se incluye la zona de tránsito para las embarcaciones de servicio tales como: remolcadores, chalanes, pontones grúa, barcos cisterna, etc. La suma de estos espacios, definirá la semi anchura de la dársena necesaria para entradas y salidas accesibles. Ejemplificando nuevamente con el tipo de barco "Liberty", tendremos que la semi anchura mínima de la dársena será:

$$1M + 3M = 17 + 51 = 68 \text{ m.}$$

por lo que obtendremos un ancho total para esta dársena de tipo rectangular de $A + B = 136$ m.

La relación aproximada de L (longitud de muelles en metros), con respecto de S (superficie en hectáreas de la dársena) o sea L/\sqrt{S} , varía de 100 a 200, pudiendo tomarse como promedio 150.

La localización de las dársenas en los puertos obedece a las facilidades a accesos terrestres y marítimos.

Es importante que las dársenas estén orientadas en tal forma que los barcos atracados presenten la menor superficie a la acción del viento para q

uitar el movimiento de bandeo en el barco, que obstaculiza las maniobras de carga y descarga; además de que se presenta un frecuente golpeteo en los parramentos de los muelles o en sus defensas.

Se puede hacer una clasificación general de las formas de dársenas más comunes, en función de las características y condiciones que se requieran dar al puerto, a saber:

- a).- Dársena simple o inmediata a los atracaderos de tipo malecón.
- b).- Dársena doble, de forma rectangular, limitada por muelles.
- c).- Dársenas de muelles dispuestos en forma irregular, adaptada según los accidentes topográficos en donde se localice.
- d).- Dársenas que obedecen a las características de algún tipo especial de buques.

Puertos sometidos a la influencia de la marea y dársenas de esclusa.

En el diseño teórico del puerto una decisión importante que hay que adoptar es la de si los muelles del puerto han de estar expuestos a la influencia de la marea o si puede justificarse una dársena de esclusa. Una dársena de esclusa es aquella en la que se mantiene fijo el nivel del agua, normalmente al de la pleamar fuera de la dársena. El acceso a la dársena se realiza a través de una esclusa. Esta disposición se ilustra en la figura IV-23A.

Cuando la amplitud de la marea sea tal que serían necesarios un puerto de profundidad excepcional y unos muelles igualmente altos para que los buques pudieran permanecer a flote en bajamar, parece indicada la construcción de una esclusa en la entrada a la dársena. Las fluctuaciones de la marea también pueden crear problemas en relación con la carga y la descarga como por ejemplo los buques ro/ro. Así pues, al considerar la posible necesidad de una dársena de esclusa, debe tenerse en cuenta el tipo de tráfico.

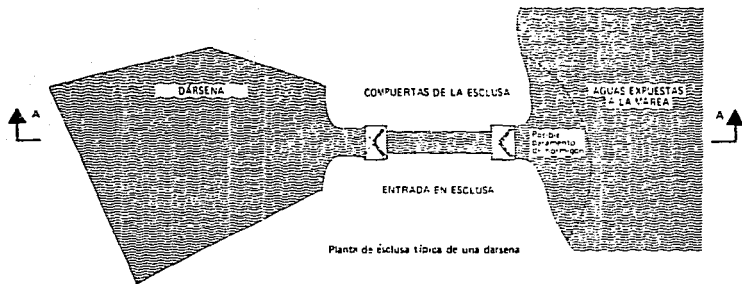
Los inconvenientes de las dársenas de esclusa son:

a) El elevado costo de la construcción del dique y de la propia esclusa, que es una obra de ingeniería complicada, aunque cuanto mayor sea el número de puestos de atraque entre los que pueda repartirse el costo del dique y de la esclusa, más viable resultará la propuesta;

b) Los retrasos debidos al funcionamiento de la esclusa;

c) La limitación estricta del tamaño máximo del buque admitido.

Tomemos un ejemplo concreto: en un puerto con un número considerable de puestos de atraque y una amplitud de marea de unos tres metros, resultó económico construir instalaciones para los buques de mayor tonelaje, cerrando toda la dársena para mantener más alto el nivel del agua. El costo de la nueva esclusa fue inferior al que hubiera representado aumentar la profundidad del --



Planta de esclusa típica de una darsena



Sección transversal A-A

FIGURA IV-23A. EJEMPLO DE UNA DARSENA DE ESCLUSA

puerto. Un factor crucial en ese caso fue la posibilidad de seguir utilizando el puerto durante la construcción de la esclusa. En algunos casos es posible reducir los costos prefabricando una esclusa de hormigón compuesta por una o varias secciones en un lugar distinto del de su emplazamiento definitivo y -- trasladarla luego flotando hasta su puesto, con una interrupción limitada de las operaciones portuarias. La decisión de ampliar o de mejorar un puerto depende a menudo de que se pueda o no seguir utilizando las instalaciones existentes.

La elección depende pues, en cada caso, del análisis económico, operacional y técnico, pero la tendencia moderna, en la medida de lo posible, no parece favorable a las dársenas de esclusa. Se considera generalmente que la flexibilidad operacional que permite el libre acceso al mar abierto compensa el inconveniente del aumento de los costos de capital que lleva consigo esa opción.

IV-B. AYUDA A LA NAVEGACION. SEÑALAMIENTO Y DRAGAS.

SEÑALAMIENTO.

Una ayuda a la navegación, es cualquier artificio u objeto que permite al navegante determinar la posición de su embarcación y/o reconocer los peligros u obstrucciones en cualquier punto de su trayecto. El señalamiento marítimo es el conjunto de ayudas diseñadas con el fin de proporcionar la información que favorezca el tráfico confiable de las embarcaciones, permitiendo al navegante, contar con referencias que acorten sus rutas y disminuyen sus riesgos.

La forma de transmitir la información, agrupa a las ayudas en visuales, audibles y electrónicas. Una ayuda visual transmite la información en forma óptica, por medio de señales perceptibles a simple vista; por su forma y color en el día o por medio de luces y destellos en la oscuridad. Una ayuda audible transmite la información por medio de ondas sonoras, utilizándose en lugares en donde una señal visual puede ser cubierta por nieve, lluvia, niebla o marejada. Las ayudas electrónicas consisten en emisiones de radio y pantalla de radar, utilizándose para cubrir distancias fuera del alcance de señales visuales o luminosas y en condiciones de visibilidad escasa o nula.

Clasificación de las señales.

A continuación se presentan diferentes clasificaciones, hechas en base a la función de la señal, su carácter diurno o nocturno, al tipo de estructura de soporte, a sus dimensiones y por último una clasificación de uso práctico para señales luminosas.

A) En base a sus funciones las señales marítimas pueden clasificarse de la siguiente manera:

SEÑAL DE APROXIMACION. -- Es la primera señal que una embarcación per-

cibe al dirigirse a un punto de la costa, generalmente a un puerto.

SEÑAL DE REFERENCIA.- Señalan los puntos de la costa que dirigen al navegante de un punto a otro, marcando también los puntos fuera de la costa que le indiquen cambiar la ruta.

SEÑALES DE AVISO. Sirven para marcar rocas peligrosas, puntos salientes de la costa, los límites de los canales de navegación, las obstrucciones que tengan carácter permanente y las obstrucciones transitorias.

SEÑALES DE ENFILACION.- Informan acerca de la posición que la embarcación debe de guardar a la entrada de los puertos o estuarios y en el tránsito por canales de navegación, ya que señalan los límites de las obras de protección y arrecifes, así como los obstáculos interiores y los ejes de los canales.

Una señal puede tener funciones múltiples, por ejemplo, una señal de peligro puede usarse con fines de enfilación o de referencia; las señales de enfilación en los límites de las obras de protección y de los muelles, sirven de aviso de la misma manera que una señal de referencia puede marcar un peligro y servir de enfilación.

B) El hecho de contar o no con dispositivos luminosos, clasifica a las señales en señales diurnas y señales nocturnas:

SEÑALES DIURNAS.- En la navegación diurna, la principal ayuda la constituyen las referencias naturales, complementándose con señales artificiales, cuya forma y color sirve de identificación.

SEÑALES NOCTURNAS.- En la navegación nocturna se utilizan señales luminosas; estas señales se agrupan atendiendo a caracteres particulares, lo que permite las siguientes subclasificaciones:

El arreglo luminoso de las señales las subdivide en destellantes y ocultantes.

Señal destellante: Son luces con período luminoso más corto que el de oscurecimiento.

Señal ocultante: Son luces con período luminoso igual al de oscurecimiento.

Otra subclasificación de las señales luminosas atiende a la posición de las lentes con respecto al foco luminoso, agrupándolas en señales de eje vertical y de eje horizontal.

Señal de eje vertical: Utiliza lentes cilíndricos en que los elementos de cristal están en el eje vertical de la luz.

Señal de eje horizontal: Se utilizan lentes concéntricas dispuestas con centro en el eje del haz proyectado.

La forma de hacer aparecer los destellos las subclasifica en los -- dos siguientes tipos:

Luz de horizonte: Se les denomina luces fijas y la reaparición del - destello se logra mediante la interrupción automática de la luz. Con estas - luces se logran combinaciones sencillas de destellos y ocultamientos, inclu- sive destellos muy prolongados, pudiéndose utilizar ópticas de eje vertical_ u horizontal.

Luz giratoria: Se consiguen combinaciones más complejas de destellos y ocultamientos mediante la rotación del aparato óptico, utilizándose ópti- cas de eje horizontal.

C) Existe una clasificación que atiende más a las dimensiones que a la_ condición de fija o giratoria, y ésta es en faros y fanales.

FARO.- Es una señal que por sus dimensiones, permite la permanencia_ en su interior del personal en servicio.

FANAL.- Es una señal cuya linterna es de dimensiones reducidas.

D) Por la condición de la estructura de soporte, las señales pueden ser fijas o flotantes.

SEÑALES FIJAS.- Son estructuras que pueden servir para soportar seña_ les luminosas, transmisores de radio, reflectores de radar o ayudas de tipo_ audible. Pueden ser de muy variadas formas, sirviendo a la navegación diurna_ por el color de que estén pintadas o por estar provistas de miras o panta--- llas de forma y colores característicos.

SEÑALES FLOTANTES.- Las señales flotantes utilizadas son boyas, cuya forma y color están reglamentados según la función a cumplir. Generalmente - se utilizan para el señalamiento y demarcación de canales y en peligros ais- lados, pudiendo además al igual que las señales fijas, cumplir funciones de_ aproximación, referencia, enfilación y/o aviso.

E) La navegación nocturna independientemente de las clasificaciones an- teriores, en la práctica acepta la siguiente clasificación:

SEÑALES DE RECALADA.- Son señales de gran alcance para fines de apro_ ximación y aunque generalmente se trata de ayudas luminosas, pueden estar do_ tadas de equipos electrónicos que amplían su alcance.

LUCES DE COSTA.- Son señales de referencia para la navegación costea_ ra y se considera que prestan un buen servicio cuando se logra la percepción simultánea de las dos luces más próximas.

LUCES DE PUERTO.- Marcan los extremos de rompeolas y obras interio--- res, por lo que son tanto de aviso como de enfilación.

LUCES DIRECCIONALES.- La alineación de éstas luces indica la posi---

ción que la embarcación debe de guardar al entrar a un río, a un estero o al navegar por canales.

El señalamiento del eje del canal se logra mediante el uso de dos luc ces conjugadas visibles separadamente, una colocada en la parte delantera -- del eje (anterior) y la otra más alta en la parte trasera (posterior).

LUCES DE SITUACION. - Se colocan en los muelles, para fijar sus límites.

LUCES DE SECTOR. - Se utilizan en el señalamiento de canales de navegación, tránsito a través de archipiélagos y en la entrada de los ríos. Funcionan mediante lentes que producen sectores de colores y el paso de un sector a otro indica al navegante que se encuentra fuera de la ruta.

LUCES DE AVISO. - Su uso es de advertencia en los peligros aislados y de demarcación de los canales de navegación; en el caso de obstrucciones --- transitorias o maniobras se utilizan barcos faros. En canales se utilizan generalmente boyas y en peligros permanentes se utilizan estructuras fijas que pueden tener fines de enfilación, referencia o inclusive de aproximación.

Para ejemplificar los diferentes casos de ayuda a la navegación, a continuación se presenta un croquis con las señales más utilizadas (figura IV--24).

Utilización del Señalamiento.

Para interpretar y utilizar la información que el señalamiento proporciona, se utilizan unas guías llamadas derroteros o cuadernos de faros, las guías complementan las cartas de navegación y consisten en una relación descriptiva de las señales existentes en los mares por donde el navegante transite.

En la figura IV-25, se presenta un fragmento del cuaderno de faros -- O.S.M. 201 editado por la Dirección General de Oceanografía y Señalamiento - Marítimo. Dicha publicación cubre la información sobre las costas de México, América Central y Colombia.

En el trayecto de su viaje, el navegante buscará referencias que le permitan confirmar su ruta y para ello deberá de identificar las señales que a su paso se presenten. La identificación nocturna de las señales se puede hacer utilizando (auxiliándose) las dos últimas columnas del cuaderno de faros y la identificación nocturnas se hace de acuerdo con características descritas en la cuarta columna, donde se menciona su condición de fija o destellan te, el color de la luz y el período de iluminación y eclipse.

Una vez identificada la señal, el navegante puede ubicarla en las cartas de navegación por su nombre (2a. col.) o por su número (1a. col.) y utilizar los datos de la tercera columna como referencia para precisar la situación geográfica de su embarcación.

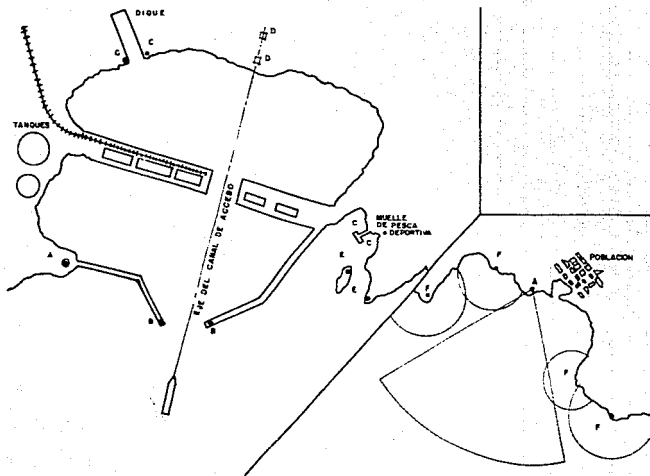


FIGURA IV-24. SEÑALES MAS UTILIZADAS EN LA AYUDA A LA NAVEGACION

El alcance geográfico (6a. col.) y la altura sobre el nivel del mar (6a. col.) y la altura sobre el nivel del mar (5a. col.) son los datos que se viran para calcular su posición y hacer correcciones en el rumbo.

FIGURA IV-25.

TAMAULIPAS

No.	NOMBRE Y LOCALIZACIÓN	Sit.		CARACTERÍSTICAS	Alt. LARZ	Alcance Geog.	DESCRIPCIÓN	DIRECCIONES COMPASADAS
		Lat. N.	Long. W.					
1-180 J-4236	TAMPICO LA BARRA	22° 16'	97 48	3 D.B. 4,000,000 B.I. 700 mm. Acot.	43	18	Torre octagonal de hierro pintada de aluminio de 40 m.	Reflector de color — con horizonte de 180°
1-200	Isla de Sanilobasco	22° 16'	97 45	D.B. Período 3m.	...	...	Torre metálica pintada a franjas horizontales — blancas y azules.	.....
1-220 J-4242	Isla de Anulab 2 1/2 millas de la costilla N.	22° 16'	97 43	D.B. 130 B.I. 200 mm. Acot.	6	9	Una torrecilla en la parte superior con 40 m y pedestal de rojo 9 m.	Visible en todo el horizonte con reflector de color.
1-240	Esollera Norte en el extremo.	22° 16'	97 46	D.B. Período 5s. Luz 0.3 Ec. 4.7 215 B.I. 375 mm. Acot.	10	11	Torre cuadrangular de concreto cubierta de azulejos blancos.	Visible del 180° al 322°.
1-240.1 J-4246	Esollera Sur en el extremo.	.....	.....	D.V. Período 5s. Luz 0.3 Ec. 4.7 172 B.I. 300 mm. Acot.	10	11	Torre de concreto de 7 m.	Visible del 180° al 322°.

Consideraciones preliminares de diseño.

El diseño de las obras de señalamiento marítimo, consiste en la selección de los tipos de estructuras y de los dispositivos para señalar, así como el cálculo de los elementos estructurales de soporte de los dispositivos y de las obras complementarias que la operación de los dispositivos requiera. Por tanto es necesario observar las restricciones que el servicio y funcionalidad de las señales imponga, para éste efecto se atenderán los siguientes puntos:

- a).- Característica de la señal.
- b).- Alcance deseado.
- c).- Localización.
- d).- Operación.

A) Característica de la señal.- La identificación de las señales permite interpretar la información que el señalamiento proporciona. A los rasgos propios de identificación; es decir, a la forma como el navegante debe percibir las señales, se le denomina característica.

En las ayudas visuales de uso diurno, la característica consiste en el arreglo de formas y colores con que se dispongan las señales. Generalmente las señales son postes, torres, o flotadores, que se pintan con colores blanco, anaranjado o rojo, que son los mas visibles desde el mar. En ocasiones sobre la señal se coloca una mira, es decir, una pieza rectangular o triangular de madera, metal u otro material en la que se indica la información (un cambio de ruta en los canales de navegación; profundidad existente en una zona; alineamientos, etc.), según el código internacional de señales o como lo indiquen los reglamentos en los puertos de un país determinado.

En la figura IV-26, se presenta el sistema de balizamiento o señalamiento en canales que se utiliza en nuestras costas. En dicha figura se ilustra la reglamentación tanto de colores y formas como de luces, siendo válida esta reglamentación para las señales flotantes y para las miras que se colocan en postes y torres.

En cuanto al uso diurno de las estructuras de soporte de las señales luminosas o de otro tipo, su forma y color se refieren en los derroteros o cuadernos de faros (cap. 1.2).

En las señales sónicas, el timbre y frecuencia de operación, constituyen la característica.

En las señales electrónicas a base de transmisiones de radio, la característica será la frecuencia de operación y el arreglo de las emisiones. La operación con poca visibilidad será continua en todo tiempo y con tiempo despejado los equipos operarán por períodos de diez minutos. El arreglo de las emisiones es una combinación sencilla de puntos y rayas, y en virtud de no utilizarse clave morse, la identificación no requiere especialistas en este código.

La característica de las señales visuales de uso nocturno, es un a--

FIGURA IV-26.

**SISTEMA DE BALIZAMIENTO CON BOYAS
EN LOS
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**

Significa de la forma, color y numeración de la boya. Los símbolos son idénticos con los que se utilizan en los Estados Unidos de Norteamérica.

SISTEMA LATERAL

SISTEMA DE LATERAL CANAL

Estados de la Mar

Para marcar el centro del canal de navegación se utilizan las boyas de Punta y de Boca de Puerto. Estas boyas tienen las siguientes características:

BOYA DE PUNTA Y BOYA DE BOCA



Estados de la Mar

Para marcar el centro del canal de navegación se utilizan las boyas de Punta y de Boca de Puerto. Estas boyas tienen las siguientes características:

BOYA DE PUNTA Y BOYA DE BOCA

DESEÑANTES

DESEÑANTES

HABOHO
Estados de la Mar
Para marcar el lado de la parte del canal o de otro canal que quedan expuestas por el lado de la boya.
Numeración: Igual.
Forma: Cilíndrica o cónica.
Características luminosas: Igual.
Ejemplo: Estado de la Mar. Boya de Boca de Puerto.

DESEÑANTES

DESEÑANTES

DESEÑANTE RAPIDA

Marcan cambios de rumbo, hundimientos, etc. Se debe de tomar mucha precaución.



DEFINICIONES

Para marcar las bifurcaciones y abstracciones, las estacas pueden pasarse de uno al otro lado del canal de navegación en un lado por el color de la banda superior.

Color: Franjas horizontales rojas y negras.
Numeración: No llevan. Pueden llevar letras.
Forma: Cilíndrica o cónica. (Boyas luminosas de Sonido o de Punta, no tienen significación).
Color de la luz: Blanco, rojo o verde.
Características luminosas.

DESEÑANTES RAPIDAS INTERMEDIAS



Cuando el canal de navegación está a HABOHO la banda superior es roja.

Cuando el canal de navegación está a BOCA la banda superior es negra.



BOYAS QUE NO SE UTILIZAN EN EL SISTEMA LATERAL, PERO QUE PUEDEN EMPLEARSE PARA PROPOSITOS ESPECIALES

Color: Como aparece. **Numeración:** No llevan. Pueden llevar letras. **Características luminosas:** Como se indica. **Color de la luz:** Cualquiera, excepto rojo o verde.

FIJA DESEÑANTE DESEÑANTE



Fija Especial Puntos Cascahuena Fondo Boca de Puerto Dragado

rreglo luminoso a base de colores y destellos. Los colores utilizados son: - blanco, ámbar, rojo y verde. El color blanco permite mayor alcance luminoso y se utiliza en señales de aproximación, luces de costa y el señalamiento del eje de canales. El color ámbar se utiliza en lugares donde el uso de varias luces blancas puede provocar confusiones. El color rojo, en forma aislada se usa para señales de aviso o peligro. El color verde se usa conjugado con el color rojo, señalando el lado derecho e izquierdo respectivamente a la entrada de los puertos, en los canales de navegación y los extremos de muelles y obras interiores. También se acostumbra el uso de arreglos alternados de varios colores en una misma luz, para facilitar la identificación; o el uso de combinaciones sectoriales que marcan el rumbo correcto con un color y donde el cambio de sector indica la pérdida del rumbo.

La identificación de las señales se facilita mediante el uso de destellos que se seleccionan atendiendo al conjunto de luces perceptibles simultáneamente, procurándose siempre evitar cualquier confusión.

B) Alcance deseado.- Es la distancia a la que la señal debe de ser percibida, está condicionada a la función que ésta habrá de desempeñar. Se fija de acuerdo con las rutas de navegación y con los peligros u obstáculos a señalar. Mediante la siguiente clasificación se podrá apreciar la forma de selección.

Señales de largo alcance.- Para fines de aproximación, se requiere - que el radio de acción sea amplio, haciendo uso de luces o señales electrónicas.

Señales de medio alcance.- Agrupa señales de costa y de enfilación, - teniendo un rango variable que se define de acuerdo con el señalamiento existente, limitándose de tal forma, que no provoque confusiones. Normalmente se trata de señales visuales o luminosas.

Señales de corto alcance.- Son señales de aviso o de enfilación, cuyo rango se restringe a los requerimientos de maniobra, pudiéndose tratar de ayudas visuales o luminosas y en casos de escasa visibilidad, utilizarse ayudas auditivas o electrónicas.

Aunque el rango de alcance es variable, según las condiciones particulares de cada caso, se puede asociar una distancia a los diferentes tipos de señales. Solamente para ejemplificar se presenta la tabla IV-1, y basada en la información del cuaderno de faros (cap. 1.2).

C) Localización.- La ubicación de las señales en el terreno se debe de hacer en base a dos casos: señales de localización obligadas y señales cuya localización admite alternativas.

Para el primer caso, la ubicación de la señal se hace atendiendo a las siguientes recomendaciones. Las señales de demarcación en canales, se colocarán en los límites de los mismos; en el señalamiento de obstrucciones o peligros sumergidos, se colocará la señal por encima de éstos; las luces de entrada a un puerto, se colocarán en los límites de los morros o de las o--

TABLA IV-1

SEÑAL	FUNCIONES	ALCANCE (millas)
De recalada	Aproximación, a un puerto o a un punto importante de la ruta que marque cambio de rumbo.	18-30
De costa	Referencia en la navegación costera - señalando el litoral o puntos de cambio de ruta.	14-20
De puerto	Enfilación; marca los límites de las obras de protección en la entrada de los puertos.	8-12
Direccionales	Enfilación; su alineación indica el eje de los canales de navegación.	10-15
De situación	Enfilación o aviso; fijan los límites de los muelles u obstáculos interiores.	7-9
De sector	Enfilación en tránsito por canales.	7-16
Balizamiento	Enfilación o aviso, demarcación en canales.	7-9
Aviso	Señalan peligros permanentes, obstáculos y maniobras, pudiendo servir de referencia.	7-20

bras de protección, de la misma manera se marcarán las obras interiores y -- los límites de los muelles. La localización de las balizas de enfilación que marcan los ejes de los canales de navegación, se hará lo más cercano posible a la orilla, pero de resultar inconvenientemente alejada, se planeará la --- construcción de una plataforma en una zona de poco fondo y bajo la influen-- cia de la marea.

El segundo caso lo comprende la localización de las señales de recalada y de costa, donde las alternativas se generan de los objetivos a cum--- plir. En señales de recalada se pretende destacar un punto para la aproximación del navegante a la costa o a un puerto y en las señales de costa se habrá de señalar puntos sucesivos de la costa e islas, que permitan seguir una ruta de tal forma que al abandonar la zona de percepción de una señal, se en-- tre a la influencia de la siguiente. Las alternativas que se presenten se evaluarán desde un punto de vista económico, en cuanto a la construcción de -- la estructura de soporte, a las obras accesorias que se generen y a los proble-- mas de mantenimiento.

Para hacer los estudios de localización, se deberán recabar los si-- guientes datos:

- Datos geográficos.
- Datos del terreno.
- Recursos.
- Estudios climatológicos y oceanográficos.
- Estudios geológicos.

D) Operación.- Bajo este concepto atenderemos los requerimientos de per-- sonal, tanto de supervisión y mantenimiento en señales automáticas. Se re--- quiere información sobre el equipo y el personal con que se cuenta para la -- supervisión y mantenimiento de las señales existentes, las rutas de servicio y la periodicidad de las visitas; así también se debe conocer el sistema de -- permanencia, ya sea que se utilicen relevos frecuentes o permanencia prolon-- gada del personal de servicio.

DRAGAS.

La remoción de materia del fondo del mar o del río para tener un mayor -- calado en los accesos a los puertos y junto a los muelles tiene una larga -- historia. A medida que ha aumentado el tonelaje de los buques, el dragado de -- los puertos existentes ha asumido cada vez más importancia.

En los últimos años se han logrado grandes avances en la tecnología del -- dragado, y en próximos párrafos se describen diversos tipos de dragas que -- hoy se utilizan.

El dragado en sí es esencialmente una operación de excavación, pero la -- elección del equipo adecuado es vital para realizar economías. Cualquier ope-- ración de dragado requiere un examen especial del tipo de suelo que ha de -- dragarse, del mejor medio de extraer los materiales y del programa óptimo de

trabajo. Deben considerarse tanto la operación principal de dragado como el dragado de mantenimiento.

Características del lugar dragado.

Las investigaciones sobre el lugar de dragado especialmente necesarias para las obras deberían proporcionar datos sobre las mareas y la batimetría, sobre los vientos, las olas y las corrientes, sobre el tipo de materiales que han de dragarse, su resistencia estratigráfica, la disminución granulométrica, el grado de compactación y, en el caso de los cienos, características de sedimentación cuando han sido perturbados. En todos los casos, deberían utilizarse clasificaciones normalizadas de los materiales que hayan de dragarse.

En el subcapítulo III-C (Integración de información) se describe la realización de investigaciones generales, de las que forman parte las efectuadas para las operaciones de dragado.

Tipos de draga.

Generalmente se puede disponer, para las obras de dragado contratadas, de los siguientes tipos de dragas, cuyo funcionamiento se ilustra en la figura IV-27:

a) La draga de cangilones.- La draga de cangilones moderna está compuesta de una cadena continua de cangilones montada sobre una escala que se ajusta a la profundidad de trabajo. En el extremo superior de la escala, cada cangilón descarga su contenido en vertederas que conducen los materiales hasta un gánguil de compuertas.

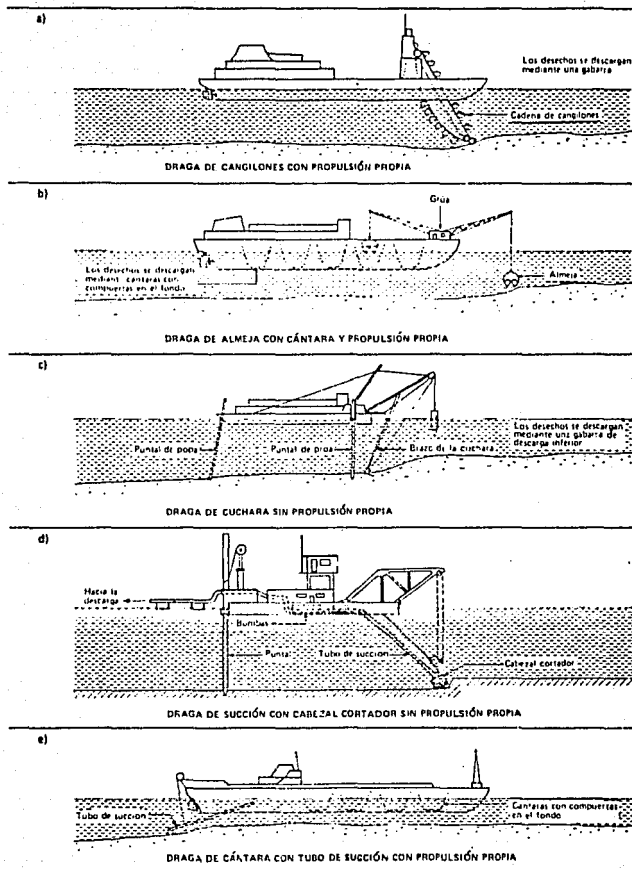
Es preferible limitar la utilización de las dragas de cangilones a los lugares protegidos. Este tipo de dragas resulta útil para igualar con bastante precisión el fondo. Pueden utilizarse con algunos materiales duros, pero si los cangilones cargan pedazos grandes pueden producirse considerables retrasos.

b) La draga de almaja.- Las dragas de almaja son normalmente embarcaciones autopropulsadas provistas de una cántara y una grúa de almaja. Una versión más sencilla, que requiere la utilización de gabarras, es simplemente una grúa montada sobre un pontón.

c) La draga de cuchara.- La excavación se realiza mediante una pala situada en el sentido de la marcha o en sentido contrario, montada en un brazo suspendido del pontón, que funciona excavando los materiales del fondo.

d) La draga de succión.- Los componentes básicos de este tipo de draga son un casco de pontón que contiene las bombas y los motores, un tubo de succión que desciende desde la embarcación hasta el fondo del mar y una tubería de descarga, desde las bombas hasta una zona de descarga o, en algunos casos, hasta una gabarra.

FIGURA IV-27. Cinco tipos de draga de uso común



Sólo los materiales granulares pequeños pueden dragarse por succión, y es corriente que este tipo de draga esté equipada con un cabezal cortador giratorio situado en el extremo del tubo de succión. Los cabezales cortadores pueden diseñarse para ajustarse al material concreto que haya de dragarse y las dragas de succión con cabezal cortador pueden extraer arena y grava, arcillas de dureza media y, añadiéndoles cortadores especiales, arcillas duras y rocas blandas o fragmentadas. Sin embargo, el rendimiento varía considerablemente según el tipo de material y las condiciones. No obstante, esta draga de succión con cabezal cortador constituye en la actualidad el equipo de dragado más utilizado para las obras principales y resulta especialmente adecuado para ganar tierras al mar.

e) La draga de cántara con tubo de succión.- Las dragas de cántara con tubo de succión son embarcaciones con propulsión propia dotadas de tubos de succión suspendidos a uno o a ambos lados. Los materiales dragados flotan a la cántara a través de los tubos de succión. Cuando la cántara está llena, la draga se traslada a la zona de descarga.

Este tipo de draga se utiliza mucho para el mantenimiento de canales, en los que su capacidad para maniobrar como un buque presenta una ventaja -- evidente. Otra ventaja de este tipo de embarcación, en comparación con los otros examinados, es que puede seguir funcionando con eficacia en aguas agitadas y en mar abierto. Sin embargo, sólo es adecuado para materiales relativamente fragmentados, como los que se encuentran en los dragados de mantenimiento.

Utilización de las dragas.

La elección de la draga más adecuada depende de los materiales que hayan de dragarse, de la profundidad del dragado, del volumen y disposición de los materiales y de la situación de la zona de descarga, del ritmo de trabajo que se precise y también de si la draga dispone exclusivamente o no de la vía de navegación.

Es preciso considerar cuidadosamente el programa y la secuencia de las operaciones de dragado. Si es posible, el dragado debiera comenzar en el lugar donde sea menos probable que se produzca un aterramiento debido a dragados posteriores. En la planificación general del proyecto hay que considerar el momento en que han de desarrollarse las operaciones de dragado en relación con la construcción de otras partes del proyecto, algunas de las cuales, como las escolleras o espigones, pueden proporcionar protección o influir sobre el aterramiento. El momento del dragado puede depender también de las variaciones estacionales locales de las corrientes de mareas y de los vientos, que pueden hacer las operaciones de dragado mucho más fáciles en una estación que en otra, especialmente en los estuarios. Otro factor que hay que tener presente es la fecha en que haya de empezar la explotación de un nuevo puerto, que puede ser antes de la conclusión de todo el proyecto, de modo que las exigencias de la construcción de ciertos puestos de atraque o las necesidades de acceso a ellos influya sobre la secuencia de las operaciones de dragado.

La extracción de rocas duras constituye una actividad de dragado especializada, porque es preciso encontrar un medio de fragmentar la roca antes de poder extraerla del fondo del mar por uno de los métodos convencionales de dragado descritos. Generalmente se utiliza una draga de cangilones o una draga de almeja para extraer los fragmentos de roca, pero se han empleado también dragas de succión tratándose de rocas suficientemente fragmentadas.

El método más comúnmente utilizado para romper las rocas bajo el agua es la perforación y voladura, aunque si se trata de rocas agrietadas, con capas de estratificación finas, puede fragmentarse también atacando con una ballesta pesada o un martillo de aire comprimido la superficie de la roca.

La perforación y voladura bajo el agua es una operación especializada, lenta y onerosa y pueden ser necesarias muchas pruebas antes de obtener los resultados necesarios para poder utilizar las dragas. El dragado de coral o de arena cementadas suele plantear problemas. A veces pueden fragmentarse con facilidad y dragarse con una draga de succión con cabezal cortador de gran potencia. No obstante, sólo una cuidadosa investigación dirá si existe esa posibilidad y las formaciones masivas pueden tener que tratarse como rocas antes de poder extraerlas por dragado.

Terraplenado.

Es una ventaja considerable poder utilizar para un proyecto de terraplenado los materiales dragados durante la construcción de un puerto, pero sólo se prestan a ese fin ciertos materiales granulares. Los cienos y las arcillas son generalmente mucho más difíciles de utilizar. Se necesita un reconocimiento geológico y geotécnico completo de la zona que se va a terraplenar, a fin de asegurarse de que el subsuelo puede soportar nuevas construcciones.

Un aspecto importante de la planificación del proyecto es el equilibrio entre el dragado y el terraplenado, que debe estimarse en cada caso con vistas a realizar economías.

Factores económicos.

Para estimar los costos del dragado es importante recordar que, en muchos casos, hay que traer de lejos equipo pesado para realizar el trabajo, con los consiguientes gastos de movilización. El volumen de dragado necesario en un proyecto dado influye, pues, mucho sobre el costo unitario global. Para una obra modesta puede resultar económico utilizar un equipo sencillo, como son las excavadoras montadas sobre gabarras. Incluso aunque sus costos de explotación y productividad sean menos favorables, la economía lograda al movilizar un equipo menos complejo puede compensar con creces la menor eficiencia sobre el terreno.

Esas decisiones son difíciles de tomar y a menudo la mejor solución consiste en sacar a concurso las obras, pero durante el estudio de un proyecto debe considerarse los diversos factores para poder hacer una evaluación realista de los costos del dragado.

IV-C. ELEMENTOS DE AMARRE Y ATRAQUE.

CONFIGURACION DEL PUERTO.

Un indicador de las necesidades de terreno que es útil para el diseño de un puerto es el número de metros cuadrados de la zona de servicio operacional por metro lineal de muelle. Si se trata de un muelle lineal, la cuestión puede reducirse a la de la profundidad que ha de tener la zona de servicio a partir del borde del muelle. Cuando los buques eran pequeños y el ritmo de manipulación de mercancías bajo, el número de metros cuadrados por metro lineal de muelle era pequeño, en muchos casos de unos 50 m², incluida la superficie de las explanadas, los tinglados y las vías férreas. Esto permitía construir dentro de un puerto espigones largos y estrechos y dar al muelle una longitud máxima, como en el caso de la figura IV-28.

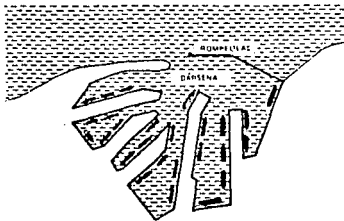


FIGURA IV-28. DISEÑO CON LONGITUD MÁXIMA DEL MUELLE

En esa disposición típica de los viejos puertos se utilizaba al máximo la superficie de las dársenas. Al aumentar la carga transportada por buque y mejorar la productividad, rápidamente el indicador subió a 100 y luego a 200, de modo que con esa disposición era imposible disponer de una zona de servicio suficiente. La razón es que un buque que tenga una longitud doble podrá transportar unas ocho veces más de carga. Más recientemente se ha dado en tratar de eliminar por completo espigones y dársenas, utilizando únicamente zonas en ángulo cóncavo y largos muelles seguidos, como muestra la figura IV-29.

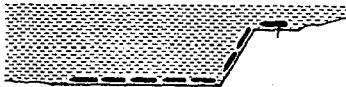
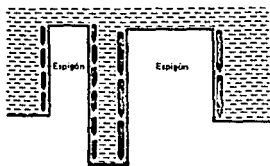


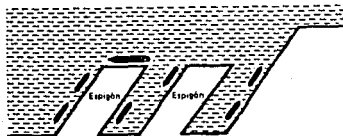
FIGURA IV-29. DISEÑO CON UNA ZONA DE SERVICIO MÁXIMA

Aunque el diseño de la figura IV-29 es excelente desde el punto de vista operacional, es evidente que utiliza mucha más costa natural y muchas más aguas abrigadas por puesto de atraque que el diseño de la figura IV-28. Así pues, es probable que esa construcción sólo sea económicamente viable en los ríos y estuarios, en los que se dispone de largas riberas y extensas superficies de aguas protegidas. Resultaría muy caro construir el puerto de la figura IV-29 en una costa que necesitase protección artificial mediante rompeolas.

Un diseño sencillo es generalmente el que se presta más a un futuro desarrollo. El mejor diseño cuando se trata de proporcionar la zona de servicio necesaria sin utilizar demasiado litoral o aguas abrigadas es de tipo espigón, pero con espigones mucho más anchos que los tradicionales. Como norma general puede considerarse que un espigón para cualquier tipo de carga general debe tener por lo menos un ancho equivalente a dos veces la eslora del buque, como muestra la figura IV-30A, lo que quiere decir que un espigón operacional medio para carga debe tener unos 320 metros de anchura. Por razones operacionales conviene, de ser posible, utilizar el extremo del espigón únicamente para embarcaciones de servicio del puerto y no como puesto de atraque. En muchos casos, las corrientes y los vientos dominantes, a más de otros factores que afectan a la navegación, harán preferibles los espigones oblicuos o en espiga, como los de la figura IV-30B.



A. - Espigones rectos



B. - Espigones oblicuos o en espiga

FIGURA IV-30. DISEÑOS DE ESPIGONES MODERNOS

MUELLES Y ESPIGONES.

Debe hacerse una distinción entre estructuras pesadas, sobre las que -- pueden moverse grúas y vehículos de grandes dimensiones, y estructuras ligeras, que sólo pueden sostener tuberías, correas transportadoras y vehículos ligeros. Las estructuras pesadas --que se denominan muelles-- pueden ser marginales (es decir, paralelas a la línea de la costa) o en forma de malecones que se proyectan desde la costa. Las estructuras ligeras, que se proyectan también hacia aguas más profundas, se denominan espigones.

Los espigones resultan económicos en los casos en los que la profundidad necesaria para los buques sólo existe a cierta distancia de la costa. -- Son adecuados para las mercancías a granel --secas o líquidas-- cuando en el morro del espigón situado en aguas profundas se encuentra el equipo especializado de carga y descarga y las mercancías se transportan a tierra por tuberías o correas transportadoras a lo largo del espigón. Los espigones no son adecuados para la carga general, caso en que es importante tener la zona de almacenamiento cerca del buque, a menos que el espigón sea la única solución económica debido a la gran amplitud de la marea.

En cualquier proyecto habrá diversas posibilidades técnicas que pueden requerir el mejoramiento de instalaciones anticuadas o la construcción de -- instalaciones nuevas conforme a criterios modernos. En el caso de las nuevas estructuras, pueden utilizarse métodos de construcción conocidos, pero cuando se trata del mejoramiento de instalaciones antiguas lo normal es que haya elementos que limiten considerablemente las opciones técnicas y cada caso de be examinarse como un problema especial.

A menudo, la utilización de materiales que se encuentran en el lugar -- pueden ser una solución conveniente y más económica. En todo proyecto de --- construcción es aconsejable identificar tales posibilidades, en vez de limitarse a adoptar los métodos utilizados en los países industriales. Por ejemplo, en algunos casos es posible construir espigones con pilotes de madera -- locales, o con pilotes de bambú hincados en el fango utilizando dispositivos de aire comprimido. Otro caso de utilización de material local ocurrió con -- ocasión de la construcción de una terminal de carga a granel: diseñando cimientos más fuertes, se pudo utilizar acero de producción local, que requería un mayor corte transversal y era por lo tanto más pesado que el acero importado, más fuerte. Con ello, el país ahorró una buena cantidad de divisas.

Muros de muelle.

Pueden utilizarse varias formas de construcción, cada una de las cuales es adecuada para ciertas condiciones. Cabe citar los muros de contención de bloques, los muros de tablestacas ancladas y los muelles marginales de pilotes descubiertos, que se describen a continuación.

a) Muros de contención de bloques.

Este tipo de muro, que se muestra en la figura IV-31,A, requiere -- unos cimientos firmes, no erosionables, preferiblemente de piedra o arcilla

dura, pero puede utilizarse una capa de piedra sobre el suelo fragmentado para impedir la socavación.

El muro puede construirse con bloques separados, colocados generalmente bajo el agua. Entre las posibles variantes cabe citar la disposición homogénea de los bloques, en la que éstos se colocan en hiladas horizontales; la disposición de los bloques en capas, en la que los bloques van dispuestos en un plano inclinado, lo cual permite que el muelle se adapte al asentamiento del terreno; y la utilización de bloques huecos, que reduce el peso de los elementos que han de manipularse. Si el muro puede construirse en seco, es muy adecuada la construcción con hormigón en masa.

Los cajones de hormigón pueden utilizarse para la construcción de los muros de muelle, bien transportando por flotación los cajones prefabricados hasta el lugar donde han de colocarse y hundiéndolos luego, bien construyendo cada cajón en su posición definitiva y excavando de modo que se hunda hasta el nivel deseado.

La elección entre esos dos tipos de muelle depende mucho de las condiciones del suelo. Generalmente sólo se utilizarán bloques y cajones flotantes cuando el muelle se construya en aguas cuya profundidad se aproxime a la profundidad definitiva de dragado. Puede construirse un cajón en su posición definitiva cuando el muelle está en tierra y cuando el terreno por encima del nivel de dragado es blando.

b) Tablestacados anclados.

Los muros de contención hechos de tablestacas de acero ancladas, que se muestran en la figura IV-31,B, se han utilizado frecuentemente como muros de muelles y deben recomendarse especialmente cuando la altura del muelle no tiene que ser excesivamente grande y cuando el suelo es de arena de densidad media.

Pueden obtenerse muros de muelle de mayor altura utilizando las tablestacas metálicas compuestas y las secciones de tablestacas en H, que ahora existen en el mercado. Para reducir el momento de flexión del muro se puede emplear una doble fila de barras de anclaje o construir una plataforma para reducir la carga por encima del tablestacado. En ese tipo de muro pueden utilizarse tablestacas de hormigón y, en muchos países donde el costo del tablestacado metálico es alto porque hay que importarlo, el hormigón permite hacer economías considerables.

Sin embargo, las tablestacas de hormigón son más pesadas, más difíciles de hincar y hay problemas para lograr que la arena no se escape entre ellas, de modo que todavía puede justificarse el precio de compra del tablestacado metálico. En el cuadro IV-1 se comparan los factores que deberían considerarse en cada caso.

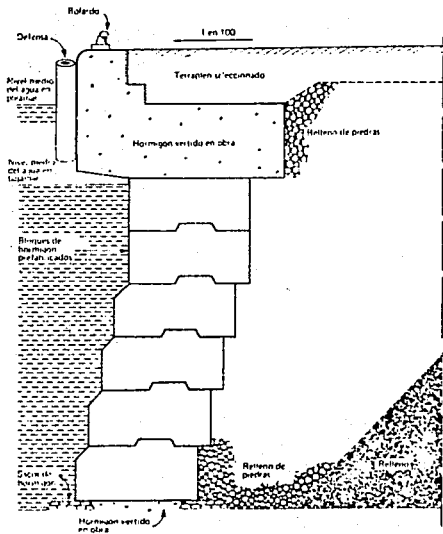
c) Malecones sobre pilotes descubiertos.

Una de las formas más frecuentemente utilizadas para la construc---

FIGURA IV-31.

Ejemplos de construcción de muros de muelle

A -- Muro de contención de bloques



B -- Tablestacado de acero anclado

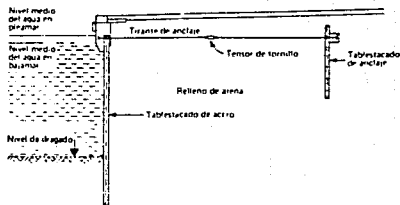
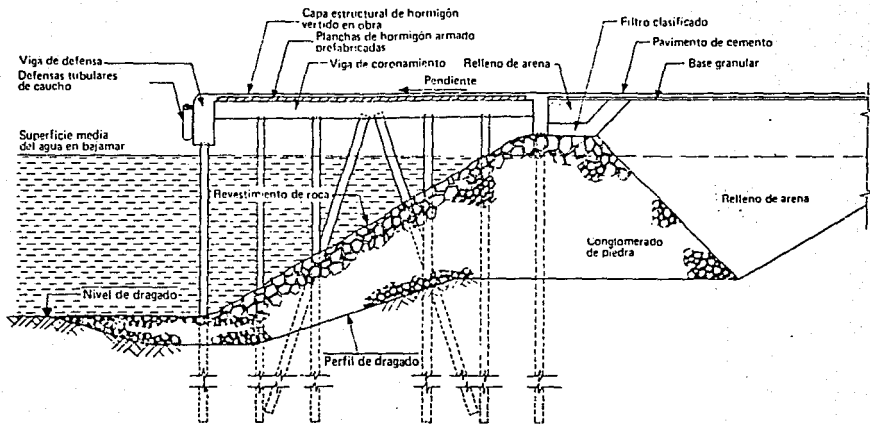


FIGURA IV-31. (continuación)

C.-Sección transversal de puente sobre pilotes descubiertos, con pilotes hincados con inclinación



D.—Sección transversal de muelle sobre pilotes de acero con anclaje

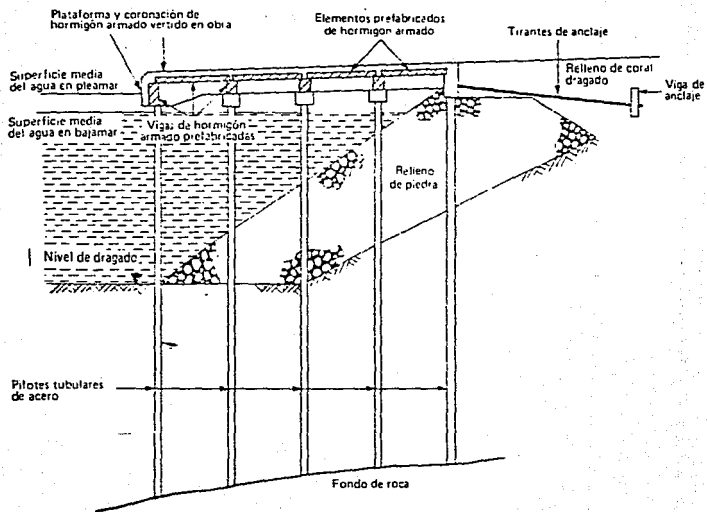


FIGURA IV-31. (conclusión)

ción de malecones es la plataforma sobre pilotes descubiertos que se muestra en la figura IV-31, C y D. Esa forma de muelle puede comprender, además de los pilotes verticales normales, pilotes hincados con inclinación (inclinados) y/o barras de anclaje unidas a bloques de anclaje colocados a cierta distancia detrás del muelle. Ese tipo de muelle se construye sobre un talud revestido de piedra (talud con un paramento de piedra más dura) o sobre un terraplén o dique de piedra que sirve para retener los materiales más finos—generalmente materiales de relleno— situados detrás del muelle.

Para reducir la anchura de la explanada de la plataforma, se construye a veces un murete de contención en la parte trasera del muelle a fin de retener el material de relleno de la capa superior. Pueden utilizarse diversas técnicas de construcción con acero, hormigón o incluso, en las estructuras de poca importancia, madera. Es preciso determinar la anchura de la plataforma y la distancia entre pilotes que resulten más económicas, examinando diversas soluciones en cada caso.

Cuando hay una importante carga vertical, por ejemplo contenedores o grúas para la manipulación de carga a granel, una solución adecuada para la estructura del muelle pueden ser los pilotes cilíndricos de hormigón de gran diámetro. Además, la distancia entre los carriles de las grúas puede influir sobre la distancia entre los pilotes y debería tenerse en cuenta al proyectar las dimensiones de los muelles.

Espigones y muertos de amarre.

Los espigones permiten al buque atracar a cierta distancia de la costa. El espigón está unido a la costa por una estructura de caballetes o una calzada elevada sobre la que puede haber una carretera, tuberías o correas transportadoras. En ciertos casos especiales se puede prescindir de la estructura de acceso utilizando, por ejemplo, oleoductos submarinos para el petróleo, o teleféricos para el mineral a granel. Pueden construirse espigones en las aguas protegidas de los puertos para crear un puesto de atraque relativamente económico destinado a los buques de carga especializada y, en esos casos, sólo se necesita una corta estructura de acceso.

En otros casos, los espigones pueden construirse en mar abierto frente a la costa, con una larga estructura de acceso para llegar a aguas suficientemente profundas. Un espigón puede ser un medio económico de proporcionar una instalación para buques cisterna y buques graneleros, pero antes de adoptar esta solución hay que tener en cuenta las condiciones desfavorables de la construcción y los períodos en que no puede utilizarse el puesto de atraque debido a las condiciones atmosféricas.

Mientras que en el caso de los muros de muelles normales la estructura realiza las dos funciones de ofrecer un puesto de atraque para el buque y una plataforma de trabajo para las operaciones de carga y descarga del buque, en el caso de un espigón suele resultar económico separar las dos funciones desde el punto de vista estructural. Así pues, en la plataforma de trabajo (o morro del espigón) se sitúa el equipo de manipulación de la carga a granel, los dispositivos para la manipulación de las tuberías, etc., -

CUADRO IV-1.

COMPARACION DE LAS TABLESTACAS DE ACERO Y LAS DE HORMIGON

Aspecto	Tablestacas de acero	Tablestacas de hormigón
Material	Costo alto	Costo bajo
Transporte	Generalmente hay que importarlas	Pueden fabricarse sobre el terreno
Inspección y tratamiento	Requieren inspecciones sencillas y certificados de calidad de los trabajos; limpieza y posiblemente limpieza con chorros de arena sobre el terreno	Requieren una cuidadosa comprobación sobre el terreno de los materiales y de la ejecución
Manipulación	Relativamente ligeras y sólidas	Pesadas, necesitan una manipulación cuidadosa
Hinca	Pueden hincarse sin precauciones	Es necesario hincarlas con cuidado y pueden fisurarse
Ampliación	Fácil ampliación por soldadura	La ampliación requiere mucho tiempo o necesita conexiones complicadas
Mantenimiento	Pueden sufrir corrosión y necesitan pintura, muros más gruesos o protección catódica	Necesitan poco mantenimiento si están bien construidas y no han sufrido daños

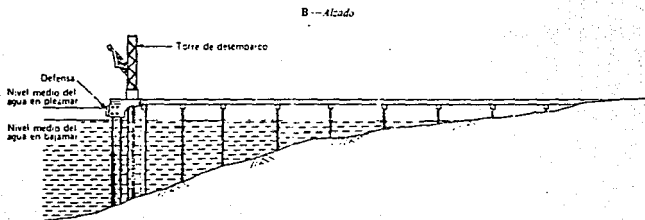
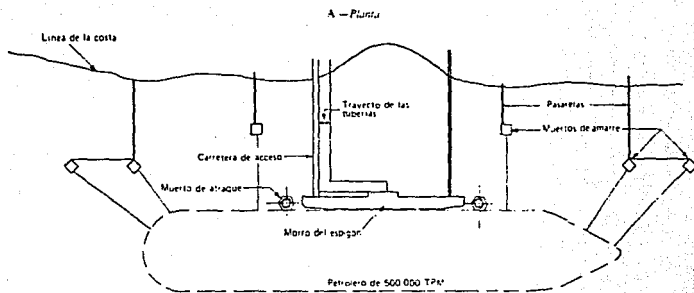


FIGURA IV-32. ESPIGÓN PARA GRANDES PETROLEROS

mientras que los muertos de atraque y de amarre separados sirven para retener e inmovilizar el buque (véase la figura IV-32). De ese modo, la plataforma destinada al equipo de manipulación de la carga no tiene que recibir el impacto horizontal del atraque del buque o de la maniobra de carga cuando está atracado, ya que el buque sólo entra en contacto con los muertos de atraque.

Quando no varía mucho el tamaño de los buques, como en los puestos de atraque para petroleros o mineraleros, los muertos de atraque o de defensa se colocan generalmente a ambos lados del morro del espigón a intervalos aproximados de 0.4 veces la eslora del buque.

El muerto puede estar compuesto por un grupo de pilotes inclinados con los extremos superiores encajados en un sombrero de hormigón, y defensas de caucho del lado destinado al atraque para amortiguar los golpes. Otra posibilidad consiste en formar un muerto de atraque mediante un grupo de tubos de gran diámetro de acero de alta resistencia hincados o fijados en el fondo del mar. La absorción de energía por esos muertos de tubos de acero flexibles puede calcularse para ajustarla a la energía prevista del atraque de un buque, y frecuentemente resulta económico que la sección de los tubos varíe según la altura. El grado de fijación del pilote en el suelo es importante para esos cálculos, de modo que deben determinarse en primer lugar las propiedades del suelo mediante una investigación completa a fondo.

En los espigones se proporcionan muertos de amarre provistos de norays para las amarras de los buques. Para ello se utiliza un grupo de pilotes o alguna otra estructura de ese tipo que resista la fuerza de tracción ejercida sobre los norays, que puede llegar a ser de 100 y a veces de 200 toneladas, según el tamaño de los buques. En este caso, los pilotes se colocan a cierta distancia detrás de la línea de atraque del buque. Cuando el espigón está cerca de la costa y con un acceso muy corto, los muertos de amarre pueden construirse en la propia costa. Debería ser posible el acceso a los muertos de amarre en pequeñas embarcaciones provistas de cabos.

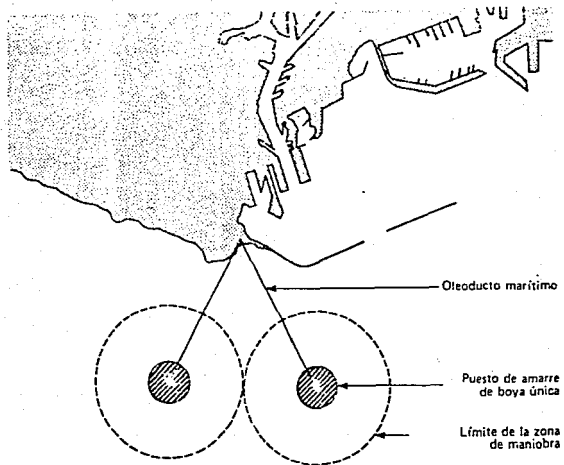
El morro del espigón es generalmente una estructura sencilla sobre pilotes, provista de defensas para los pequeños buques o gabarras que pueden utilizar el puesto de atraque. Para este tipo de estructuras se utilizan a menudo pilotes de acero con una plataforma de hormigón armado.

TIPOS ESPECIALES DE PUESTOS DE ATRAQUE.

Además de los muelles y espigones que suele tener cualquier puerto, hay toda una serie de tipos de puestos de atraque poco corrientes para servicios especiales de transporte marítimo. Es poco probable que esas instalaciones especiales formen parte de la planificación y el diseño de instalaciones portuarias de uso común, ya que, generalmente, corresponden a un desarrollo industrial particular.

En la actualidad los minerales a granel y el petróleo se transportan en buques de gran tonelaje y es difícil ampliar los puertos existentes para construir puestos de atraque destinados a esos buques. Además, las nuevas fuentes de petróleo crudo y de minerales se encuentran muchas veces en zonas

Características de la superficie de agua necesaria para el sistema de amarre de boya única



Fuente: «Part of Los Angeles Comprehensive Master Plan, 1990»

FIGURA IV-33. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DE AGUA NECESARIA PARA EL SISTEMA DE AMARRE DE BOYA ÚNICA.

donde no existen puertos y donde es preciso, por lo tanto, construir instalaciones completamente nuevas.

Aunque los espigones pueden adentrarse mucho en el mar, es posible que resulten más económicas las islas naturales o artificiales construidas en las mejores condiciones favorables. La calzada de acceso es sustituida por teleféricos (para materiales secos como los minerales) o por tuberías submarinas (para los productos líquidos). A veces esas islas presentan la ventaja adicional de permitir el almacenamiento y facilitar el posterior transbordo.

Otra novedad que ha aparecido en los últimos años en lo que se refiere a la descarga del petróleo son los sistemas de amarre de punto único para grandes petroleros, que se ilustra en la figura IV-33. Hace tiempo que se conoce el uso de boyas de amarre y oleoductos submarinos corrientes para los petroleros pero, más recientemente, se han instalado grandes boyas o estructuras fijas únicas que retienen el buque. Existen muchos tipos, y algunos de ellos incluyen una conexión mediante mangueras en el mismo puesto de amarre, mientras que en otros se separan ambas funciones. La característica principal de todos esos sistemas es, no obstante, que el buque puede situarse en la posición más favorable en relación con las corrientes marítimas y los vientos, girando en torno a la boya.

Las principales ventajas de estos sistemas son que el tiempo de inactividad debido a las condiciones atmosféricas es menor que en el caso de un puesto de atraque fijo en el mismo emplazamiento; el desembolso de capital y el tiempo que se tarda en poner el sistema en servicio son generalmente menores; el atraque presenta menos problemas, y es relativamente fácil trasladar el sistema a un nuevo emplazamiento. Esas ventajas pueden verse neutralizadas a causa de su costo y de los problemas de mantenimiento y seguridad que plantean.

En las figuras IV-34, IV-35, IV-36 y IV-37 se ilustran algunos sistemas de amarre especiales.

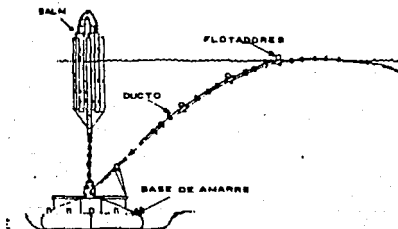


FIGURA IV-34. BOYA UNICA DE AMARRE

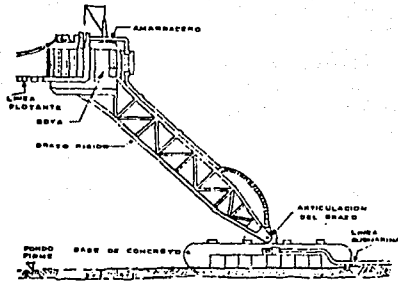


FIGURA IV-35. MARRADERO DE BRAZO RIGIDO

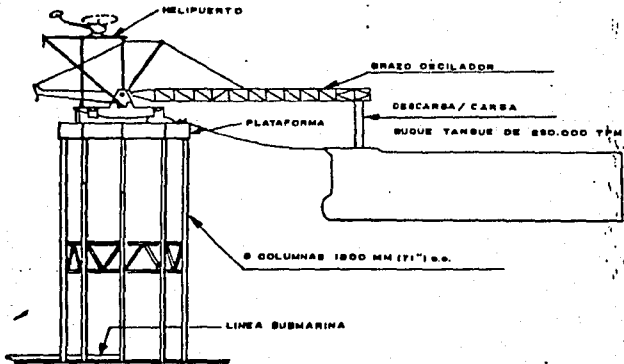


FIGURA IV-36. MARRADERO DE TORRE FIJA

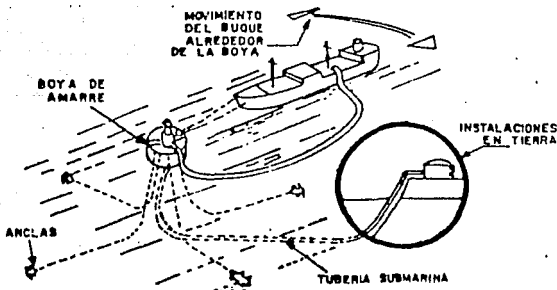


FIGURA IV-37. SISTEMA DE AMARRE EN MAR ABIERTO CON BOYA

ACCESORIOS DE LOS PUESTOS DE ATRAQUE.

Entre los accesorios necesarios en un puesto de atraque figuran las defensas para absorber la energía cinética resultante del impacto de los buques, los dispositivos de amarre para asegurar el buque durante su permanencia en el puesto, las escalas de acceso o las escalerillas para las embarcaciones pequeñas y botes y los servicios adecuados para las diversas necesidades de los buques en un puerto. Las defensas se examinan con más detalle en el punto siguiente y las demás características se describen brevemente en los siguientes párrafos.

a) Dispositivos de amarre.- Existen dispositivos de amarre de todos los tamaños, desde los necesarios para los botes pequeños hasta los que se utilizan para los grandes buques graneleros, e incluyen norays, bitas, argollas de amarre, cornamusas y ganchos de suelta rápida.

El dispositivo más importante y de uso más frecuente es el noray, -- que debería ser un poste bajo de fundición provisto de un saliente para que se puedan asegurar bien los cabos de los buques. Aunque los norays se clasifican según las cargas de ruptura, deberán diseñarse de modo que la rotura se produzca primero en los pernos de sujeción para una carga previamente determinada, quedando así a salvo la propia estructura.

En los folletos de los fabricantes figuran la capacidad de los norays y la distancia a que deben colocarse unos de otros para buques de ciertos tamaños. Por ejemplo, para los buques de 20,000 TPM, serían adecuados norays de 50 toneladas a intervalos de 25 metros. En los puestos de atraque pa

ra buques de gran tamaño se utilizan generalmente ganchos de suelta rápida, y existen en el mercado diseños patentados que responden a las necesidades de los amadores.

b) Escalas o escalerillas de desembarque.- En la parte exterior del muelle deberían situarse escalas o escalerillas de desembarque a intervalos -- aproximados de 40 metros. Se utilizan no sólo para permitir el acceso a los buques de franco bordo bajo y a las pequeñas embarcaciones, sino también como medida de seguridad si cae alguien al agua. En los muelles de amarre aislados son también necesarias escalas o escalerillas de desembarque para permitir el acceso desde la lancha durante las operaciones de manipulación de los cabos.

c) Servicios.- El puerto puede ofrecer diversos servicios en un puesto de atraque. El más común es el suministro de agua dulce. El suministro de agua puede realizarse mediante tomas de agua con contador, situadas a lo largo del borde del muelle a intervalos de 50 a 100 metros y alimentadas por canalizaciones circulares que son generalmente una extensión de la red local de suministro de agua. Cualquier limitación del suministro de agua dulce por buque debería especificarse en los documentos portuarios.

También debe disponerse de agua para la extinción de incendios. Como puede resultar caro utilizar agua dulce, aunque causa menos daños a la carga, es posible emplear agua de mar. Se pueden tender canalizaciones especiales de agua salada, que normalmente se dejan vacías, y sólo conducen el agua salada en casos de emergencia. A fin de lograr una mayor eficacia, pueden instalarse canalizaciones a presión y bombas automáticas de uso instantáneo. Ese sistema de emergencia contra incendios situado en tierra firme se añade a los artefactos normales de extinción de incendios instalados a bordo de remolcadores.

d) Suministro de combustible.- En algunos puertos es preciso suministrar combustible a los buques. Si no se utiliza una gabarra de aprovisionamiento de combustible ni se dedica a ese propósito un puesto de atraque especial, se puede instalar el suministro de combustible en el muelle de carga de modo que el buque pueda ser aprovisionado mientras está atracado al muelle. Según las clases de tráfico previstas, puede ser necesario fuel-oil, gasoil, dieseloil y productos intermedios. No es necesario facilitar esos combustibles en todos los puestos de atraque, pero deberían proporcionarse en emplazamientos convenientes tomas de combustible alimentadas por tuberías subterráneas. Pueden ser necesarias válvulas mezcladoras y deberían especificarse el ritmo máximo y mínimo de suministro en toneladas por hora.

e) Energía eléctrica.- No es corriente que las autoridades portuarias suministren energía eléctrica a los buques, pero puede ser necesario, según la usanza normal de los buques que hagan escala en el puerto. En ese caso, se instalarían tomas de corriente en la explanada de cada puesto de atraque. Es necesario iluminar las explanadas para su utilización nocturna, y para evitar los postes de alumbrado que podrían dificultar la manipulación de la carga, las luces se sitúan normalmente sobre los tinglados de tránsito. En los muelles abiertos es preferible colocar las luces sobre torres metálicas

altas lejos de los buques.

f) Servicio telefónico del buque con tierra firme.- La comunicación telefónica directa desde el buque constituye un servicio cada vez más importante. Generalmente se instalan conexiones telefónicas en cada puerto de atraque, preferiblemente cerca de un extremo para que estén situadas convenientemente en relación con la superestructura del buque. En la explanada se instalan conducciones por las cuales pueden pasar los cables telefónicos cuando se necesitan.

DEFENSAS EN LOS MUELLES.

El impacto de un buque que atraca sobre la estructura de un muelle puede causar daños tanto al buque como al muro del muelle, a menos que se instale un sistema de defensa que lo amortigüe; en la figura IV-38 se dan algunos ejemplos de ese tipo de defensas.

En el caso de un muelle macizo, por ejemplo construido con bloques de cemento, la fuerza máxima aceptable vendría determinada por la capacidad del buque para resistir una deformación permanente, ya que el muro podría soportar fuerzas mucho mayores que el buque. En el caso de los muelles de pilotes descubiertos, la resistencia de la estructura suele ser el factor determinante en el diseño de las defensas. En ambos casos, las defensas deben colocarse de modo que amortigüen las fuerzas que se transmiten a una parte determinada de la estructura.

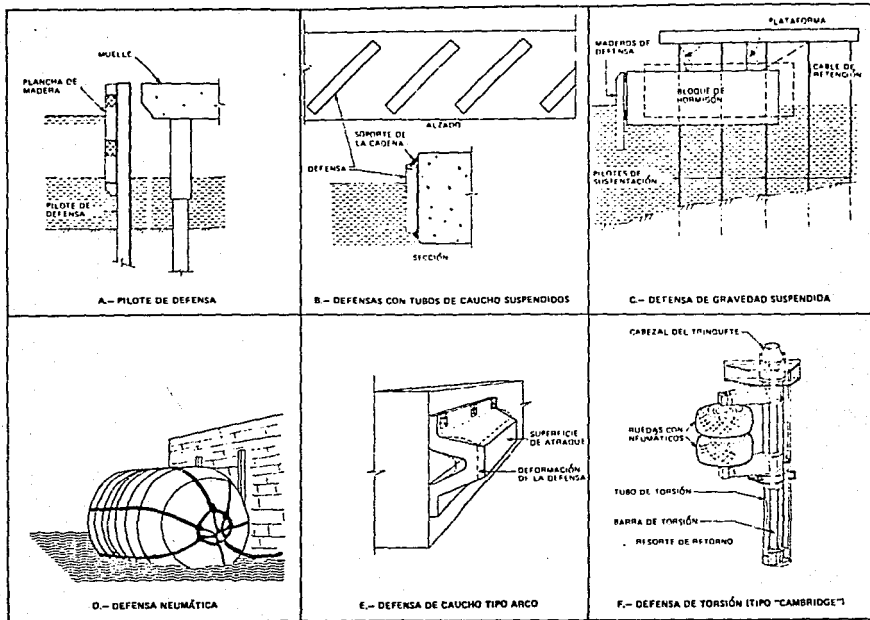
Los sistemas de defensa varían desde artefactos bastante complicados -- hasta prácticamente ninguna defensa en ciertos puestos de atraque para buques más pequeños. La forma más corriente de defensa utilizada en la actualidad consiste en piezas de caucho de diversas formas que pueden asegurarse fácilmente sobre la estructura y están concebidas para ajustarse a las condiciones de cada caso. También se usan frecuentemente defensas de madera, especialmente en los muelles de carga general, aunque su mantenimiento suele ser considerable. Una posibilidad muy económica consiste en utilizar como defensas grandes neumáticos, como, por ejemplo, los del equipo para movimiento de tierras. Tales defensas pueden ser adecuadas, a lo largo de muelles sólidos, para buques de hasta 100,000 T.M.

La velocidad de atraque admisible de un buque depende de su tonelaje, de la pericia del marino o del patrón de remolcador y de las condiciones meteorológicas y del puerto. Debería elegirse una velocidad superior a la normal como valor teórico para que las defensas y estructuras puedan resistir a cualquier tipo de atraque, pero generalmente es imposible prever una colisión accidental. Los fabricantes de defensas patentadas publican datos sobre la absorción de energía de sus defensas, y cuadros que permiten escoger las más idóneas.

Otros tipos de defensas están concebidos normalmente como sistemas mecánicos y estructurales que responden a una aplicación particular. En cuanto a los puestos de atraque especializados, los operadores de los buques tendrán normalmente una opinión sobre los tipos de defensas adecuados para sus bu-

FIGURA IV-38.

Ejemplos de defensas



ques y deberían ser consultados en la medida de lo posible. Los tipos de defensa, ilustrados en la figura IV-38, figuran entre la selección normalmente disponible.

Los sistemas de pilotes de defensa utilizan pilotes hincados en el fondo del mar a lo largo de la parte exterior del muelle. La energía del impacto es absorbida principalmente por la flexión del pilote. En el caso de cargas de atraque elevadas, se aumenta generalmente la capacidad de resistencia añadiendo un bloque de caucho entre la cabeza del pilote y la estructura del muelle y uniendo los pilotes entre sí con barras longitudinales para repartir la carga.

Las defensas de tubos de caucho son muy convenientes y económicas, pero, debido a su capacidad limitada de absorción de energía se utilizan generalmente en estructuras que pueden resistir impactos. Son fáciles de instalar, suspendidas con cadenas o cables de acero, y fáciles de reemplazar. Normalmente se instalan en diagonal para que absorban los movimientos horizontales y verticales de los bloques. En los puertos con gran amplitud de marea, puede ser necesario instalar varias filas de defensas. En algunos casos, las defensas de caucho se colocan entre una plancha de madera o de acero y el muro del muelle. Se han diseñado otros diversos tipos de defensas de caucho que trabajan por esfuerzo constante por torsión o por flexión y, en algunas defensas, se utilizan conjuntamente el caucho y el acero para formar una unidad de absorción de energía.

Las defensas de gravedad suspendidas están diseñadas para transformar la energía cinética del buque en movimiento en energía potencial mediante la elevación de un peso. Hay tres tipos generales, que trabajan mediante un sistema de cables, mediante un péndulo o mediante soportes giratorios. Un ejemplo típico de los muchos que se han utilizado, es aquel en que se suspende un gran bloque de hormigón por debajo de la plataforma del muelle mediante dos pares de cables. La cara exterior del bloque, adecuadamente revestida con una plancha de madera, actúa como superficie de atraque. Con el impacto del buque el bloque de cemento oscila hacia atrás y hacia arriba hasta que el buque se detiene.

Las defensas neumáticas son dispositivos de presión estancos diseñados para absorber la energía del impacto por compresión del aire dentro de una envoltura de caucho. Uno de los tipos flota libremente pero está atado con cabos entre el muelle y el buque. Otro tipo es la defensa fija de bloque neumático, que tiene una alta capacidad de absorción de energía y está formada por un cilindro de caucho cerrado en el que se bombea el aire. El conjunto está unido a la superficie del muro del muelle.

Los sistemas de defensa por torsión están diseñados para absorber la energía del atraque mediante la deformación plástica de los metales en la torsión. Se utiliza una barra de torsión de acero suave, de modo que el movimiento del buque contra la defensa la retuerce.

IV-D. ZONAS DE REPARACION Y MANTENIMIENTO DE BUQUES.

DIQUES SECOS Y DIQUES FLOTANTES.

Los buques tienen que ser puestos en dique seco periódicamente, a fin de controlar el estado del casco, la hélice, la pala del timón y la hélice lateral de proa, limpiar algas y lapas adheridas y, de ser necesario, darles una mano de pintura. La puesta en dique seco también puede ser necesaria para realizar trabajos de reparación. Las instalaciones son costosas y para que resulten rentables hay que utilizarlas intensivamente.

Los diques secos necesitan unos cimientos adecuados. Vistos desde el exterior esos diques parecen esclusas, pero uno de los extremos del dique está cerrado permanentemente, hay un sistema de bombeo para achicar el agua y mantener seco el dique, un sistema de picaderos y escoras para mantener el buque en posición vertical y grúas de gran luz y mucha potencia.

Los diques secos son obras costosas cuya vida económica puede llegar a un centenar de años. Por eso, al determinar el tamaño del dique, habrá que tener en cuenta las futuras dimensiones de los buques. Cuando hay espacio el dique se puede alargar sin dificultad. La longitud proyectada será 5 a 10 metros más que la eslora del buque mayor; la anchura, de 4 a 6 metros más que la manga, y la profundidad, de 50 centímetros a 1 metro más que el calado del buque. Las grúas podrán desplazarse sobre raíles a lo largo de los muros laterales. En el exterior de un muro lateral podrá situarse un muelle de reparaciones, lo que permitirá utilizar las grúas para las dos instalaciones. Los diques secos requieren poco mantenimiento.

Un dique flotante puede ser preferible cuando la resistencia del suelo sea limitada y se disponga de aguas profundas. Los diques flotantes son normalmente estructuras de acero, formadas por un flotador horizontal (plataforma) y dos paredes laterales que mantienen la rigidez y estabilidad de la estructura durante las operaciones. Esos diques están abiertos por ambos extremos.

El dique se sumerge a una profundidad que permita la entrada del buque. Seguidamente se sujeta al buque y se vacían los tanques hasta que la plataforma se eleva sobre el nivel del mar. Las paredes laterales suelen estar provistas de grúas móviles.

Los diques flotantes se caracterizan por su fuerza de sustentación, que corresponde al desplazamiento del buque. Por lo general, un dique de 20,000 toneladas puede recibir un buque descargado de 50,000 a 60,000 TFM. La gran ventaja de los diques flotantes es su movilidad, que permite desplazarlos dentro del puerto, o de un puerto a otro.

En las figuras IV-39 y IV-40 se ilustran diques secos.

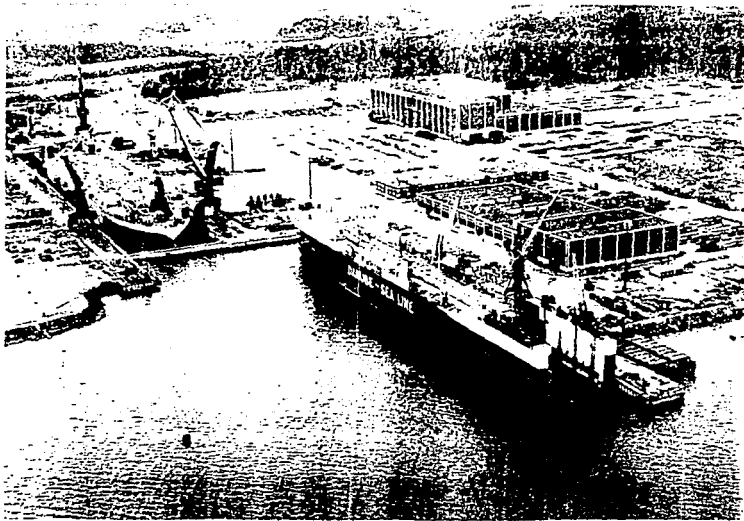
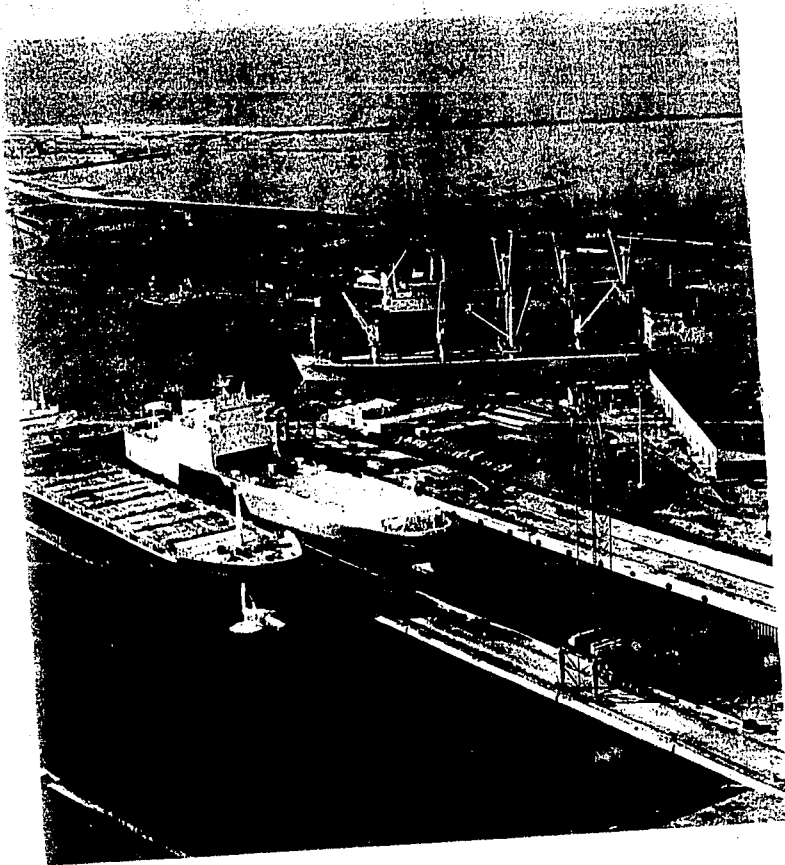


FIGURA IV-39. DIQUE SECO EN UN PUERTO (HELSINKI, FINLANDIA)

FIGURA IV-40. DIQUE SECO EN EL PUERTO DE DUNKERQUE, FRANCIA.



V. PUERTOS DE CARGA GENERAL.

V-A. ZONA DE INFLUENCIA. INTEGRACION AL SISTEMA DE TRANSPORTE TERRESTRE.

CONCEPTO DE ZONA DE INFLUENCIA.

Zona de influencia se conceptualizará preliminarmente y a reserva de ampliarlo más adelante, como: la región tierra adentro que proporciona o requiere de mercancías para su desarrollo; las que establecen el flujo de carga a través de las instalaciones portuarias, movimiento que estará en función de los medios de transporte terrestres o acuáticos (marítimos, fluviales y lacustres), que influyen a éste.

En este concepto se consideran aspectos de tipo económico como lo son la producción y el comercio, sociales como los asentamientos humanos y sus necesidades de transporte, físicos como lo es el medio geográfico donde se da la actividad; de ahí la importancia que tiene el conocer las regiones geográficas que forman un país, para racionalizar el uso de los medios de transporte existentes, analizar tanto los mecanismos de distribución de mercancías, como el establecimiento de nuevos puertos y, entender de que manera influyen en el desarrollo económico, a fin de establecer sus perspectivas de crecimiento y la influencia que pueden ejercer en otras regiones menos o más desarrolladas.

El concepto de puerto, se sustenta en una base económica, y su magnitud la da el desarrollo de su zona de influencia. Los puertos son centros neurálgicos, en donde se concretan los convenios comerciales; es por ello que se dice que la importancia de un puerto depende de la cantidad de productos, de la estructura del tráfico y, desde luego, del valor de las mercancías transportadas a través de sus instalaciones.

METODOLOGIA PARA ESTABLECER LA ZONA DE INFLUENCIA DE UN PUERTO.

Es importante establecer los principios de una metodología que permita determinar la magnitud de las áreas donde un puerto deja de sentir sus efectos, tanto tierra adentro, como en el mar, a fin de tener los elementos de juicio necesarios para saber en qué medida un puerto está DETERMINADO por la región en que se encuentra ubicado, o bien cómo un puerto puede ser DETERMINANTE del desarrollo de una región o una nación, y con el conocimiento de su influencia prever de algún modo las características de las instalaciones futuras que responderán a las necesidades de la región en particular y del país en cuestión, en general.

Se parte del principio de que la Zona de Influencia de un puerto, es un área terrestre y marítima cambiante. Estas características han propiciado la aplicación de diversos métodos para su análisis, basados en el conocimiento geográfico y económico de una región o de varias regiones.

Tomando en consideración que la determinación de Zona de Influencia de

un puerto no es sencilla por su índole dinámica misma, entonces se partirá - de un criterio estático como lo es el geográfico, para fijar ideas, para luego con la adición de factores económicos (de carácter dinámico), se precise el área de influencia del puerto en la medida que se profundice en la investigación del tema.

A) Criterio Geográfico. La Zona de Influencia definida con el criterio geográfico, es aquella cuyos límites los fijan las distancias mínimas al puerto, medidas sobre los medios de transporte; de este modo se delimita el área donde se produce, transforman y consumen los bienes que se mueven por éste.

Como puede apreciarse el criterio resulta ser simplista ya que para fijar la Zona de Influencia sólo se considera la equidistancia en la red de comunicaciones terrestres que concurren a los puertos, tales como las carreteras troncales, y las secundarias que las alimentan, las vías férreas, las rutas aéreas y en muchos casos los ríos navegables y los canales.

A manera de ejemplo se consideran los puertos del Noroeste de México: Ensenada, B.C., Guaymas, Son. y Mazatlán, Sin. (figura V-1), separadas del - altiplano por la Sierra Madre Occidental y con relativamente pocos medios de transporte en el sentido transversal, lo cual le imprime ciertas características distintivas, que la diferencian de otras regiones geo-económicas del país y en cierto modo facilita ilustrar el ejemplo.

Se considera que estos puertos son los más importantes en esa área, - de tal suerte, que la Zona de Influencia de Ensenada y Guaymas es posible de terminarla desde un punto de vista geográfico, a partir de la distancia media existente por carretera entre los dos puertos.

La ruta de Ensenada a Guaymas es:

	PARCIAL	ACUMULADOS
Ensenada - Tecate	117 KM.	117 KM.
Tecate - Mexicali	140 KM.	257 KM.
Mexicali - San Luis Río Colorado	66 KM.	323 KM.
San Luis Río Colorado - Sonoyta	200 KM.	523 KM.
Sonoyta - Caborca	149 KM.	672 KM.
Caborca - Santa Ana	104 KM.	776 KM.
Santa Ana - Hermosillo	169 KM.	945 KM.
Hermosillo - Guaymas	136 KM.	1081 KM.

$$\text{Distancia media} = \frac{1081 \text{ KM.}}{2} = 540 \text{ KM.}$$

Si se entiende a la distancia mínima, podría concluirse que toda la carga que se genere entre Ensenada y un punto situado al sur de Sonoyta, sobre la carretera, debe reconocer como punto de salida a Ensenada y toda la carga que se genere entre dicho punto y Guaymas a éste último, siempre y cuando ambos estén dotados de instalaciones tales, que les permitan prestar el servicio en igualdad de circunstancias.

Si se atiende al ferrocarril, resulta que Ensenada no lo tiene, éste se inicia en Mexicali conectado a esta rica región agrícola por medio de las troncales ferroviarias, con los puertos de Guaymas y Mazatlán, localizados al sur; de tal suerte que si se pretende transportar la carga por ferrocarril, dentro del área, la única opción que se tiene de comercializar con el exterior por la vía marítima, es por Guaymas, 800 Km. aproximadamente, al sur de Mexicali, si se considera solamente el aspecto de la mínima distancia.

Ahora bien, se se considera la existencia del puerto de Mazatlán, la ruta a seguir entre Guaymas y este puerto es:

	PARCIAL	ACUMULADOS
Guaymas - Cd. Obregón	128 KM.	128 KM.
Cd. Obregón - Navojoa	68 KM.	196 KM.
Navojoa - Los Mochis	157 KM.	353 KM.
Los Mochis - Guasave	62 KM.	415 KM.
Guasave - Culiacán	145 KM.	560 KM.
Culiacán - Mazatlán	222 KM.	782 KM.

$$\text{Distancia media} = \frac{782 \text{ KM.}}{2} = 391 \text{ KM.}$$

Nuevamente si se atiende a la distancia mínima por carretera entre Guaymas y Mazatlán, debe tenerse en cuenta que toda la carga que se genere entre Guaymas y un punto situado entre Los Mochis y Guasave, deberá canalizarse a Guaymas y el resto a Mazatlán.

Como en este caso el ferrocarril corre paralelo a la carretera, entonces el punto determinado para este medio de transporte, es prácticamente el mismo. Sin embargo, en el lugar denominado San Blas a 40 Km. al norte de Los Mochis, se junta la troncal que comunica al Estado de Chihuahua con la costa del Pacífico y como este lugar se acerca más a Guaymas que a Mazatlán, desde el punto de vista de las distancias mínimas, la carga que se genere en esa zona debe canalizarse por el puerto de Guaymas.

Cabe hacer la anotación de que a 20 Km. de Los Mochis hacia el Occidente, está Topolobampo, terminal del ferrocarril Chihuahua al Pacífico y terminal marítima.

Es de este modo simplista, como se determina sobre los medios de transporte, las distancias mínimas a un puerto y como puede observarse quedan algunos aspectos sin el sustento adecuado.

B) Criterio Económico. El criterio económico, se basa en el registro de tallado (origen y destino), de las mercancías que se mueven por el puerto, considerando las áreas generadoras a nivel de productos (Criterio de Productos Individuales). Es la sumatoria de áreas en donde se concentran actividades económicas de la más diversa índole, como las agropecuarias, industriales forestales, pesqueras; o sea, las diversas áreas geo-económicas específicas que de alguna manera influyen o reciben influencia del puerto, y forman

parte de un todo que se denominará Zona de Influencia del Puerto.

La Zona de Influencia de un Puerto, está formada por las áreas de -- tierra atrás de éste, así como las áreas de mar, cuya valoración puede hacer se tomando en consideración la incidencia de los elementos que le dan vida, -- esto es, las distancias que recorren las embarcaciones que hacen de él su -- terminal.

Sin embargo, para determinar la Zona de Influencia de un puerto, e-- existen factores económicos adicionales, tales como:

i) El costo de transporte de las mercancías, está en función de la - existencia de los medios de transporte adecuados para su traslado.

En muchos casos un recorrido corto en autotransporte puede resul- tar más caro que uno largo en tren ya que por este modo es posible mover ma- yor tonelaje con menos fuerza motriz. Tal es el caso de la producción agrícola la del Valle de Mexicali, que puede ser circunscrito a dos productos suscep- tibles de ser exportados, el algodón y el trigo. El primer producto, por su valor en el mercado, soporta el flete en autotransporte desde Mexicali a En- senada (257 Km.), no así el trigo que es un producto de baja densidad econó- mica y que necesariamente debe ser movido en forma masiva para que el costo de su transporte sea bajo.

Cabe hacer la aclaración de que un producto es susceptible de ser exportado o importado cuando existe demanda por el mismo y el precio en el - mercado le permite competir con otros de características similares.

ii) La aptitud del puerto para manejar tal o cual producto; como por - ejemplo, el contar con el tipo o cargas que por su naturaleza requieren de - terminales especializadas, tales como los contenedores.

La existencia de instalaciones adecuadas para el manejo de un pro- ducto, capacitan a ese puerto para que sea considerado como más ventajoso -- que otro, pese a que la distancia geográfica sea menos privilegiada que la - de otros puertos. Al final, los costos serán menores, como el caso del trigo que se produce en el Valle de Mexicali el cual es transportado por ferrocarril a Guaymas, en donde se cuenta con una terminal de granos que permite el almacenamiento de 60 mil toneladas en una batería de 72 silos y cargar bu- -- ques a razón de 900 toneladas/hora; en lugar de llevarlo a Ensenada donde -- tendría que transportarse en camiones de 20 toneladas en promedio, con la -- circunstancia de que su descarga sería lenta y el almacenamiento del produc- to no sería el adecuado, ésto sin contar el congestionamiento de la carrete- ra que tendría que soportar un tráfico en promedio, de 250 viajes de camión en un sólo sentido, con poca probabilidad de regresar con carga a su lugar - de origen, sólo para transportar un volumen de unas 5 mil toneladas.

iii) Una localización adecuada del puerto respecto al o los productos - en cuestión. La zona de cultivos de los Valles del Yaqui y del Mayo a 150 Km. de distancia (en promedio), al sur del puerto de Guaymas, pudiera hacer de - éste, la puerta natural de salida del algodón y legumbres que se produce en -

esa área; sin embargo, en muchas ocasiones el algodón de esta región es transportado a Mazatlán por la circunstancia de que este puerto está en condiciones geográficas más favorables para que sea preferido por los exportadores, por el ahorro que tienen los buques al evitarse dos días de navegación en las aguas del Golfo de California, para llegar y salir de Guaymas.

Esto explica que las más de las veces, se prefiera consignar a Mazatlán las cargas que se generan en la Zona de Chihuahua, en lugar de ser llevadas a Guaymas como se apuntó anteriormente, cuando fue discutido el criterio de las distancias mínimas.

En el caso de las legumbres, son llevadas en autotransporte (cajas refrigeradas) a su mercado natural, que se localiza en el centro-sur de los Estados Unidos de Norteamérica, al norte de la región productora, debido a la rapidez con que deben ser manejados para que lleguen con oportunidad a su destino; por lo anterior y por lo costoso de su conservación, es que resulta más conveniente usar este medio y no el marítimo.

iv) La preferencia del dueño de la carga para usar un puerto determinado, bien sea por compromisos resultado de convenios, barreras políticas, exenciones fiscales, etc., es otro aspecto a considerar en la determinación de la zona de influencia de un puerto.

A este respecto cabe señalar a manera de ejemplo, que en el caso de la concepción de Puerto Madero, Chis. (cercano a la frontera con Guatemala), se consideró que una de las cargas que sería movida por las instalaciones portuarias lo sería el café producido en la región, si bien en el análisis de factibilidad no se consideró que este producto era vendido en el campo y que quien definía el puerto de embarque lo era el comprador. Por lo que el café no es exportado por Puerto Madero a su mercado natural (la costa occidental de Estados Unidos y el Lejano Oriente), sino que por medio de trailers es llevado a la frontera norte, recorriendo una distancia de consideración para ser embarcado por los puertos del sureste de Estados Unidos.

Otros aspectos que influyen en la permanencia de una zona de influencia, su ampliación o reducción en función del puerto, puede obedecer a factores tales como:

- Calidad del servicio que proporcione el puerto (eficiencia).
- Aumento de las instalaciones que posibilitan el manejo de nuevos cargamentos.
- La estabilidad en los costos de los servicios operacionales.
- Adecuados servicios complementarios.

Así pues, la zona de influencia de un puerto es distinta para cada producto que se maneje, y habrá tantas zonas de influencia como productos pasen por éste; resulta ser la suma de áreas geo-económicas, difícil de precisar y

cambiantes, de las cuales y hacia las cuales se orienta el flujo de los productos que se mueven por el puerto. Dichas áreas constituyen las llamadas -- cuencas económicas, donde el flujo comercial se origina y se orienta hacia -- los puertos, o bien donde se transforma, distribuye y consume lo que por las terminales marítimas entra.

Es aquí donde el sistema de transporte cobra importancia para cubrir -- una gran extensión geo-económica y permitir la influencia de la producción -- hacia el puerto o desde el puerto a ésta; evidentemente, a mayor desarrollo -- del sistema de transporte se cumplirá mejor con su función integradora.

Es común que las zonas de influencia de dos o más puertos se superpon-- gan y que su modificación sólo pueda darse cuando aparecen nuevas activida-- des económicas fuera de los límites establecidos, en cuyo caso una de ellas -- se amplía.

Se dice bien cuando se afirma que la importancia de un puerto depende -- de la cantidad, estructura y valor de las mercancías transportadas; aún más, cuando al profundizar en el análisis son considerados otros factores como lo son: la situación del puerto frente a las grandes corrientes marítimas, la -- importancia de la zona de influencia por su desarrollo alcanzado y el hecho -- indiscutible de la estructura del comercio establecido que en mayor o menor -- grado ha de demandar servicios al puerto.

Esquemas portuarios donde a los puertos se les fija como una de sus ca-- racterísticas la libertad de competir con aquéllos ubicados en la misma re-- gión a la que sirven; son cuestiones de competencia que se dan en países de -- economía altamente desarrollada, pero que en países de escasos recursos, es -- la racionalización de los recursos la tónica que debe privar.

El establecimiento de un puerto en un país en vías de desarrollo debe -- estar acorde con la disponibilidad de recursos, de manera que en función de -- los resultados de los estudios de factibilidad se tomará en cuenta primero, -- la posibilidad de apuntalar las terminales existentes con nuevas instalacio-- nes para satisfacer la demanda actual y sólo se construirán nuevos puertos -- cuando sea necesario dar respuesta a los requerimientos de desarrollo, coor-- dinadamente con los otros subsistemas del transporte.

La Zona de Influencia de un puerto, pues, definirá las características -- y los volúmenes de carga probable que por dichas instalaciones serán movidas, bien sea en movimiento de altura o de cabotaje; al propio tiempo, la carga -- permitirá definir las características de los barcos que harán uso del puerto en cuanto a sus áreas de navegación y líneas de atraque. Es también en fun-- ción del tipo de carga, que se determinarán las características de los modos de transporte que concurren al puerto, así como las de las instalaciones fi-- sicas (bodegas y patios), y las instalaciones mecánicas para la carga y des-- carga de las mercancías.

V-B. PLANEACION GENERAL. EVALUACION DEL PROYECTO.

PLANIFICACION A LARGO PLAZO.

Para preparar el plan nacional de puertos y el plan general de cada --- puerto, el planificador necesita determinar el contexto de desarrollo dentro del cual operará cada puerto. Para ello deberá examinar los aspectos siguientes:

a) Función del puerto, que puede abarcar las tareas siguientes, o algunas de ellas:

i) Atender a las necesidades de intercambio internacional de su hinterland, según se refleja en las previsiones del tráfico, ya todas las necesidades globalmente, ya con exclusión de determinadas mercancías (por ejemplo, mercancías a granel, cuya manipulación deberá efectuarse en terminales especiales que no dependen del puerto);

ii) Contribuir a la promoción del comercio y al desarrollo industrial regional;

iii) Atraer una mayor proporción del tráfico internacional, ya mediante el transbordo, ya mediante los transportes interiores;

iv) Proporcionar facilidades de tránsito hacia hinterland lejanos a los que tradicionalmente no se prestan servicios o hacia países vecinos sin litoral;

b) Alcance de las competencias del puerto con respecto a las necesidades de infraestructura, a saber:

i) Competencias marítimas que pueden ser globales y abarcar desde la recalada hasta el atraque, o puede excluir las maniobras en estuarios, ríos o canales de acceso o la financiación de las principales obras marítimas (--- por ejemplo, escolleras principales, grandes dragados);

ii) Competencias terrestres, que pueden ser globales y abarcar los enlaces por carretera o ferrocarril entre el puerto y los almacenes interiores, etc., o excluir los enlaces compartidos con otros usuarios o las carreteras o ramales ferroviarios locales de enlace;

c) Política de utilización del terreno para el puerto, que puede gozar de libertad dentro de límites fijos, de libertad para adquirir o enajenar terrenos contiguos en el mercado libre o mediante compra forzosa o de libertad para adquirir terrenos no contiguos para almacenamiento, para almacenes de despacho de mercancías hacia el interior o para nuevos puestos de atraque en nuevos emplazamientos costeros;

d) Política financiera respecto del puerto, que puede ser plenamente comercial, autosuficiente y con libertad para fijar tarifas según las necesidades, estar sujeta a restricciones en materia de política tarifaria vinculadas a una limitación en lo relativo a la responsabilidad comercial o estar ---

sujeta al control público como instrumento del desarrollo nacional.

El plan a largo plazo hará más hincapié en lo que es conveniente que en aquello que según las tendencias parece probable. El responsable de la planificación necesita colocarse en la situación futura, aunque sea 20 años más tarde, y tratar un cuadro coherente de lo que existirá en ese momento.

Esa perspectiva general permitirá al responsable de la planificación -- presentar una previsión razonable del futuro que, por lo menos, sea viable y lúcida, aun cuando no pueda haber ninguna seguridad de que sus predicciones sean correctas en todos los detalles. El aspecto de la utilización del terreno y el de las principales realizaciones en los canales y zonas marítimas -- son los elementos más fundamentales del plan a largo plazo. Esos elementos -- deben tratarse de manera que corresponda al incremento previsto del tráfico, que a largo plazo puede ser bastante considerable (por ejemplo, un incremento del 10% anual sobre un millón de toneladas supone en 20 años un aumento de 6.7 millones de toneladas). Los adelantos técnicos modernos hacen más imperativa que nunca la necesidad de disponer de una superficie considerable. -- Una terminal de contenedores o una gran terminal mineralera necesitan una superficie de decenas de hectáreas. Es evidente que si no se reservan considerables extensiones de terreno puede ocurrir que éste sea utilizado primero -- para zonas residenciales o para otros fines.

Las políticas de planificación industrial de la administración central, regional o municipal y el plan nacional de puertos, cuando éste exista, deberían proporcionar en gran parte el marco necesario para fijar los objetivos de cada puerto. Sin embargo, no sería razonable esperar que los responsables de esas políticas sean muy precisos al principio, ya que su conocimiento de las posibilidades de desarrollo portuario será probablemente incompleto.

Las instalaciones de reparación de buques (diques secos, diques flotantes, varaderos, etc.) también suelen estar bajo el control de una autoridad portuaria y deben planificarse al mismo tiempo que las instalaciones de manipulación de la carga en el plan general. En primer lugar habrá que saber si estas instalaciones deben estar situadas en la zona portuaria y, en caso afirmativo, qué repercusiones tendrán en la zonificación, los movimientos de buques, etc.

Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, es posible sugerir las medidas que deben adoptarse para preparar tanto el plan nacional de puertos como el plan general de cada puerto.

PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DEL PLAN NACIONAL DE PUERTOS.

Las ocho tareas principales son las siguientes:

- 1.- Definición de los objetivos económicos nacionales en cuanto afectan a los puertos.
- 2.- Definición de las atribuciones financieras de los puertos.

- 3.- Definición de las atribuciones de los puertos en materia de planificación.
- 4.- Preparación de un amplio estudio nacional del tráfico.
- 5.- Asignación del tráfico a los distintos puertos.
- 6.- Preparación de un plan preliminar de inversiones.
- 7.- Coordinación y obtención de la aprobación del plan general de cada puerto.
- 8.- Preparación y publicación del plan nacional de puertos.

En el esquema V-1 se indican esas tareas y su relación con la preparación del plan general.

PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DEL PLAN GENERAL DE CADA PUERTO.

Las 11 tareas principales son las siguientes:

- 1.- Establecimiento de un sistema de análisis del tráfico de entrada (si todavía no existe).
- 2.- Preparación de una previsión general del tráfico a largo plazo.
- 3.- Realización de los estudios técnicos generales necesarios.
- 4.- Análisis de la función del puerto establecida por la autoridad nacional.
- 5.- Determinación de las necesidades a largo plazo de superficies terrestres.
- 6.- Determinación de las necesidades a largo plazo de superficies de agua y de canales de acceso.
- 7.- Asignación del tráfico a las zonas portuarias principales.
- 8.- Cálculo aproximado del costo de cada terminal y grupo de puestos de atraque en cada fase.
- 9.- Preparación del proyecto de plan general y presentación para su aprobación al nivel nacional.
- 10.- Revisión y publicación del plan general de puertos y obtención de la aprobación al nivel local.
- 11.- Instalación de un sistema de control para iniciar los proyectos en el momento oportuno.

EVALUACION DEL PROYECTO.

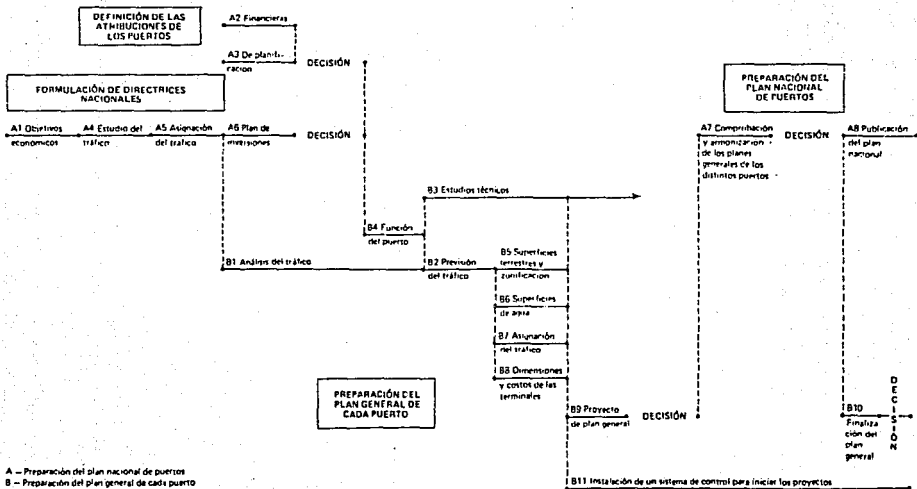
Por lo general, antes de aprobar un préstamo para un proyecto de inversión portuaria, hay que proceder a una evaluación financiera y económica de éste. La evaluación financiera es esencialmente un cómputo de la rentabilidad comercial y no es suficiente por sí sola. En realidad, es la evaluación económica —la comparación de los costos y beneficios sociales del proyecto para el país— la que determina si conviene o no conceder el préstamo.

Las dos evaluaciones son idénticas en varios aspectos:

- a) Ambas requieren la evaluación de una sucesión de costos y beneficios durante toda la vida útil del proyecto;
- b) En ambas se tiene en cuenta el valor del dinero en función del tiempo.

ESQUEMA V-1.

Secuencia de planificación — I



A — Preparación del plan nacional de puertos
 B — Preparación del plan general de cada puerto

po, considerando que, como el dinero del año actual puede devengar intereses, tiene más valor que el dinero del año que viene, por lo que éste debe actualizarse al momento presente para que las dos sumas resulten realmente comparables;

c) En ambas se utilizan para la evaluación de la inversión criterios comunes, entre los que figuran uno o varios de los siguientes:

- i) La tasa media de rendimiento;
- ii) El plazo de reembolso;
- iii) El valor neto actualizado;
- iv) La tasa interna de rendimiento;
- v) La relación beneficio-costos.

Las dos evaluaciones difieren, sin embargo, en cuanto a los costos y beneficios incluidos, ya que la cuenta portuaria se refiere a los costos y beneficios directos, mientras que al gobierno le interesan también los costos y beneficios sociales resultantes de la promoción del comercio y otros efectos similares.

Ahora, volvamos a los métodos de evaluación, que como ya vimos son varios, y además pueden utilizarse dependiendo de la naturaleza y la magnitud de la inversión.

La evaluación de un proyecto portuario puede hacerse utilizando cualquiera de esos métodos. No obstante, para los análisis de costos y beneficios económicos las técnicas más adecuadas son las tres últimas.

La tasa media de rendimiento es un concepto contable que representa la relación entre los beneficios anuales medios, después de deducidos los impuestos y la depreciación, y la inversión neta media en el proyecto (la inversión inicial dividida por dos), o a veces la propia inversión inicial. Como la depreciación reducirá gradualmente a cero el valor de la inversión durante la vida útil del proyecto, la inversión media viene a ser el resultado de dividir por dos la inversión total.

El método del plazo de amortización es aquel en que el criterio de evaluación es el número de años que se necesitan para recuperar o "amortizar" la inversión monetaria inicial. Los principios básicos del cálculo basado en el plazo de amortización son los que se indican en la figura V-2, que no necesita explicación.

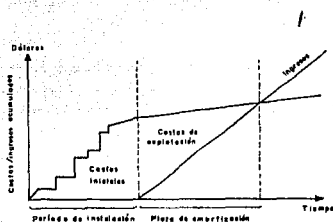


FIGURA V-2. EL METODO DEL PLAZO DE AMORTIZACION

El método del valor neto actualizado (VNA) tiene en cuenta el valor del dinero en función del tiempo. Con arreglo a ese método, hay que aplicar una tasa de actualización especificada para actualizar todas las futuras corrientes de efectivo, corrientes cuya suma representa el valor neto actualizado de la inversión. El criterio utilizado en el método del VNA es el de aceptar el proyecto si el VNA es superior a cero y rechazarlo en el caso contrario.

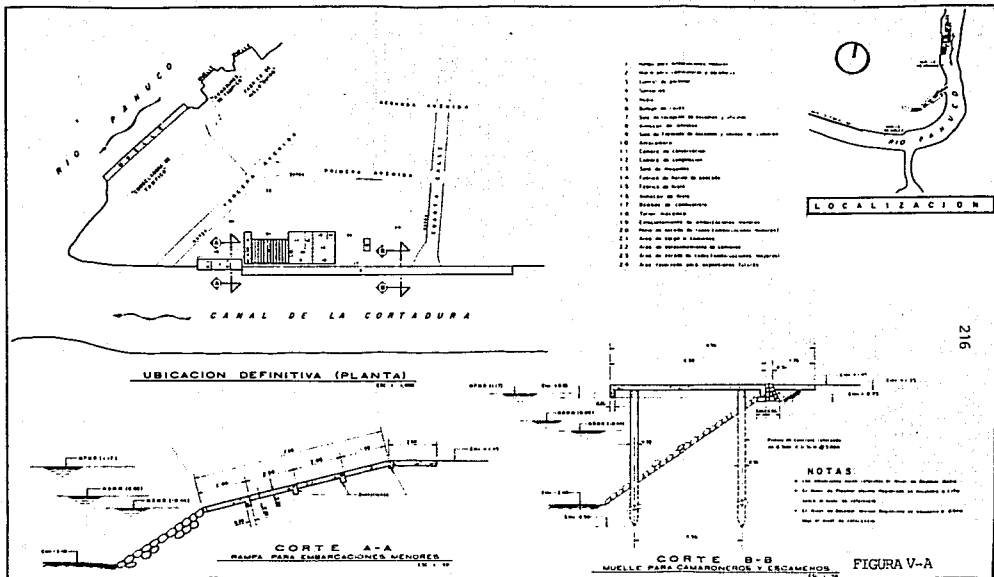
El método basado en la tasa interna de rendimiento (TIR) es otro de los métodos que tienen en cuenta el valor del dinero en función del tiempo. La TIR es la tasa de actualización que arroja un VNA nulo, o sea, la tasa a la que el valor actualizado de los beneficios es equivalente al valor actualizado de los costos. Si la TIR de un proyecto excede de la tasa requerida de rendimiento, o tasa umbral, el proyecto es aceptable; pero no lo será en el caso contrario. El método de la TIR y el método del VNA darán respuestas análogas con respecto a la aceptación o al rechazo de una propuesta de inversión.

El método basado en la relación beneficio-costo utiliza el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costos y se obtiene dividiendo los primeros por los segundos. Una relación beneficio-costo superior a la unidad significa que el proyecto es aceptable, mientras que una relación inferior a la unidad significa que es inaceptable.

Evaluación Económica y Financiera del Proyecto de Terminal Pesquera en Tampico, Tamps. (Figura V-A).

Evaluación Económica.

Para efectuar la evaluación económica se consideraron los incrementos de captura que se presentarán por la existencia de la terminal. Estos incrementos se muestran en el cuadro V-A. La parte de la instalación que se considera en esta evaluación, por ser la que determina el incremento de producción, es la correspondiente al muelle de escamas (114m), dragado de la Corta dura, sala de recepción, servicios generales y terreno. no se consideran el



CUADRO V-A.

INCREMENTOS DE CAPTURA PRODUCIDOS POR LA TERMINAL
(Toneladas)

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990*
Tiburón y resón	401	544	687	831	973	1115	1257	1360	1541	1685	1829	1973	2117	2261
Luchiniego	101	148	195	241	285	329	373	417	461	505	549	593	637	681
Localo	4	21	38	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154
Otras es- pecies	484	711	938	1164	1386	1612	1836	2060	2284	2508	2732	2956	3180	3404
Totales	990	1373	1837	2230	2658	3079	3499	3919	4330	4761	5183	5605	6027	6440

A partir de 1990 se conservan constantes.

Fuente: Cuadro elaborado por los consultores.

CUADRO V-B.

COSTOS DE LA PLANTA PARA MANEJO DE PESCADO FRESCO
(Miles de pesos 1976)

	Capital		Mantenimiento		Materiales	Salarios	Seguros	Admini- stración	Total
	Obras civiles	Equipo	Obras civiles	Equipo	de operación				
1976	10 814	404							11 240
1977			143	14	90	1418	31	390	2 095
1978			143	14	101	1575	31	389	2 253
1979		33	143	14	104	1853	31	389	2 367
1980			143	15	100	1731	31	359	2 415
1981			141	15	106	1805	31	314	2 405
1982			143	15	111	1865	31	311	2 464
1983			143	15	113	2043	31	354	2 724
1984		33	143	15	115	2121	31	384	2 667
1985			143	17	118	2190	31	384	2 637
1986		317	143	17	120	2277	31	380	3 244
1987			143	17	122	2433	31	384	3 135
1988			143	17	125	2511	31	389	3 216
1989		33	143	17	127	2590	31	389	3 259
1990			143	19	129	2667	31	389	3 278
1991			143	19	129	2667	31	389	3 278
1992			143	19	129	2667	31	389	3 278
1993			143	19	128	2667	31	389	3 278
1994			143	19	129	2667	31	389	3 278
1995			143	19	129	2667	31	389	3 278
1996	-3 024	-35	143	19	129	2667	31	389	-2 012
Totales	4 800	785	2 800	305	2 572	44994	820	7 780	64 800

muelle para camareros (108 m.), dragado del Chijol, instalaciones para fileado, clasificación de camarón, fabricación de harina, fabricación de hielo, taller mecánico, estación de combustible ni planta de congelación debido a -- que únicamente se procederá a la evaluación de las instalaciones para el manejo de pescado fresco, en virtud de que es en este renglón en el que se presentan los incrementos inducidos por la terminal. Los costos considerados se --- muestran en el cuadro V-B, desglosados en costos de inversión, mantenimiento, materiales de operación, salarios, seguros y administración.

a) Costos de Inversión.

Los costos de inversión en obra civil suman un total de \$10'814,000 y los equipos representan \$ 404,000 en 1976; \$ 33,000 en 1979, \$ 33,000 en 1984 y \$ 33,000 en 1989, por adquisición de cajas. En 1986 se deberá hacer una reposición de equipo, que representará una inversión de \$ 317,000.

A continuación se muestra el desglose de las inversiones consideradas

Obra Civil

Muelle	\$ 3'420,000
Rampa	57,600
Dragado	631,050
Barda	185,100
Edificios	1'267,200
Pavimento	672,474
Terreno	3'571,080
Demoliciones	<u>26,342</u>
Subtotal	9'830,846
Imprevistos (10% del subtotal)	<u>983,085</u>
TOTAL:	\$ 10'813,930

Equipo

De oficina	\$ 60,000
De radio	200,000
Básculas	60,000
Cajas	<u>47,000</u>
Subtotal	367,000
Imprevistos (10% del subtotal)	<u>36,700</u>
TOTAL	\$ 403,700

Inversiones

1976	\$ 11'217,630
1979	33,000
1984	33,000
1986	317,000*
1989	33,000
TOTAL	\$ 11'633,630

Se considera que al final del período de 20 años, que se escoge como horizonte del proyecto, se tendrá un valor residual de \$ 5'924,000 en obra civil y \$ 35,000 en equipo.

b) Beneficios.

La determinación de los beneficios con fines de evaluación económica se efectuó considerando las diferencias entre los volúmenes de captura que se presentarán con la terminal y los que se seguirían obteniendo en las condiciones actuales. Estos incrementos serán provocados por la existencia de la terminal que al contar con mejores instalaciones de descarga y mayores profundidades podrá recibir embarcaciones de mayor tamaño específicamente construidas para obtener los rendimientos planeados. Los incrementos inducidos en la captura por la existencia de estas instalaciones se muestra en el cuadro V-A. La medición de los beneficios toma en cuenta por un lado, el costo de captura de las especies, el que a su vez incluye los siguientes conceptos: combustibles, lubricantes, vituallas, salarios, seguros, depreciación y mantenimiento, lo que da como resultado que dicho costo sea de \$ 4,489/ton para el quachinango y de \$ 3,368/ton para las demás especies y por el otro considera el precio en playa de los productos que se van a explotar, lográndose una utilidad de \$ --1,632/ton para el tiburón y el cazón, de \$ 11,511/ton para el quachinango, de \$ 12,632/ton para el robalo y de \$ 1,082/ton en promedio para otras escamas. El beneficio anual corresponde a la suma de los productos del volumen de cada especie por su utilidad correspondiente; estos beneficios se muestran en el cuadro V-C.

c) Indices de evaluación.

La evaluación del proyecto en las circunstancias establecidas se realizó a través de los siguientes métodos: relación beneficio/costo, valor neto actualizado y tasa interna de rentabilidad. En el cálculo de estos índices se tomó el año de 1976 como año cero y la actualización se realizó a una tasa de descuento del 12% en un período de 20 años. En el cuadro V-D se pueden observar los flujos de costos y beneficios, así como su correspondiente actualización.

La relación beneficio/costo resulto de 2.2, el valor neto actualizado de 36 millones de pesos y la tasa interna de rendimiento del 31.4%.

Con base en los resultados obtenidos del análisis, se concluye que el proyecto es técnicamente factible y económicamente recomendable.

* Corresponde a \$ 350,000 de reposición del equipo de oficina, de radio y básculas, menos el valor del rescate del equipo sustituido.

CUADRO V-C.

BENEFICIOS POR INCREMENTO DE CAPTURA
(miles de pesos 1975)

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1989	1990*	1990*
Tiburón y cazón	854	898	1121	1350	1508	1620	2051	2283	2515	2750	2085	2220	2455	2620
Guachinango	1103	1704	2245	2774	3281	3787	4284	4800	5307	5813	6320	6826	7333	7839
H. falco	81	205	460	882	808	835	1001	1187	1314	1440	1596	1603	1810	1945
Levas ma- cama	524	789	1015	1250	1502	1744	1987	2229	2471	2714	3050	3198	3441	3683
Totales	2362	3620	4861	6071	7176	8205	9303	10400	11607	12717	13827	14637	16048	17157

* A partir de 1990 se Conservan constantes.

Fuente: Cuadro elaborado por los consultores.

CUADRO V-D.

COSTOS Y BENEFICIOS ACTUALIZADOS Y VALOR PRESENTE NETO
(miles de pesos)

Año	Costo	Beneficio	Beneficio neto	Costo actualizado (17%)	Beneficio actualizado (17%)	Beneficio neto actualizado (17%)
1978	11 240		-11 240	11 240		-11 240
1977	2 025	2 302	207	1 871	2 150	285
1978	2 253	3 820	1 573	1 706	2 801	1 095
1979	2 207	4 801	2 594	1 885	3 400	1 515
1980	2 415	8 071	5 656	1 935	3 856	2 223
1981	2 495	7 170	4 675	1 418	4 074	2 656
1982	2 854	6 280	3 426	1 345	4 198	2 853
1983	2 734	9 303	6 569	1 237	4 249	3 012
1984	2 867	10 400	7 533	1 150	4 240	3 090
1985	2 807	11 607	8 799	1 045	4 189	3 141
1986	3 204	12 717	9 513	1 000	4 044	3 044
1987	3 135	13 827	10 692	901	3 975	3 074
1988	3 219	14 937	11 718	825	3 824	3 000
1989	3 320	16 048	12 728	753	3 674	2 921
1990	3 378	17 157	13 779	681	3 510	2 829
1991	3 378	17 157	13 779	617	3 124	2 507
1992	3 378	17 157	13 779	551	2 709	2 248
1993	3 378	17 157	13 779	492	2 400	2 007
1994	3 378	17 157	13 779	439	2 221	1 782
1995	3 378	17 157	13 779	392	1 992	1 600
1996	3 378	17 157	13 779	349	1 778	1 429
	84 826	241 542	156 716	30 789	86 818	56 029

Evaluación Financiera.

Con excepción de los costos de capital consistentes en inversión en obra civil y equipo, los cuales se modificaron al obtener su correspondiente costo anual equivalente a la tasa del 12%, el resto de los elementos de costo del proyecto no presenta variación alguna respecto del análisis económico.

a) Gastos y costos del proyecto.

- Gastos corrientes de la unidad operativa.

Se incluyen dentro de este rubro los siguientes:

Mantenimiento de obra civil y equipo.
Materiales de operación.
Salarios.
Seguros.
Administración.

Como se dijo anteriormente, estos costos no presentan modificación alguna, por lo que son iguales tanto para el análisis económico como para el financiero.

El volumen anual de gastos presenta un ritmo ascendente ya que depende directamente de los volúmenes capturados. En tales circunstancias los gastos totales por estos conceptos son de \$ 2'095,000 en 1977 y de \$ 3'378,000 en 1986, aun cuando a partir de 1990 dichos gastos se estabilizan en su nivel máximo, como puede verse en el cuadro V-E.

El monto total de los gastos en el período 1977-96 será de 58.96 millones de pesos.

- Costos de inversión.

Dichos costos se componen de:

Inversión en obra civil.
Inversión en equipo.
Reposición de equipo.

El costo anual equivalente de la inversión a la tasa del 12%, toma en consideración el pago de intereses y la recuperación de la inversión total.

El costo anual de la inversión en obra civil asciende a \$ 1'365,000 y el correspondiente al equipo a \$ 73,000, que sumados a los anteriores dan un total de \$ 1'438,000, las cuales ocurren a partir del año 1977 hasta el año de 1996, y concuerdan con el horizonte del proyecto definido en el apartado precedente. En tales circunstancias los costos totales durante el período son de 28.76 millones de pesos, tal como se muestra en el cuadro V-E.

CUADRO V-E.

COSTOS
(Miles de pesos)

Año	Capital		Mantenimiento		Operación	Seguros	Admi- nistración	Costo total
	Obra civil	Equipo	Obra civil	Equipo				
1976								
1977	1 305	73	143	14	1 818	31	289	3 533
1978	1 305	72	143	14	1 876	31	289	3 691
1979	1 305	72	143	14	1 767	31	289	3 772
1980	1 305	72	143	15	1 807	31	289	3 853
1981	1 305	72	143	15	1 977	31	289	3 903
1982	1 305	73	143	15	2 070	31	289	4 092
1983	1 305	73	143	15	2 109	31	289	4 172
1984	1 305	73	143	15	2 207	31	289	4 259
1985	1 305	73	143	17	2 317	31	289	4 229
1986	1 305	73	143	17	2 207	31	289	4 419
1987	1 305	73	143	17	2 055	31	289	4 073
1988	1 305	73	143	17	2 036	31	289	4 054
1989	1 305	73	143	17	2 716	31	289	4 754
1990	1 305	73	143	19	2 700	31	289	4 810
1991	1 305	72	143	19	2 700	31	289	4 816
1992	1 305	73	143	19	2 700	31	289	4 816
1993	1 305	72	143	19	2 700	31	289	4 816
1994	1 305	74	143	19	2 700	31	289	4 816
1995	1 305	73	143	19	2 700	31	289	4 816
1996	1 305	73	143	19	2 700	31	289	4 816
Totales	27 302	1 400	2 800	325	47 300	600	7 710	87 721

CUADRO V-F.

FLUJO DE EFECTIVO
(Miles de pesos 1976)

Año	Egresos	Ingresos	Saldo	Saldo acumulado
1976	15 327		-15 327	-15 327
1977	218	1 648	1 430	-13 897
1978	218	1 911	1 693	-12 206
1979	218	1 978	1 756	-10 450
1980	218	2 041	1 823	-8 628
1981	218	2 082	1 864	-6 764
1982	218	2 127	1 905	-4 859
1983	218	2 164	1 946	-2 913
1984	218	2 206	1 988	-1 025
1985	218	2 247	2 069	1 307
1986	218	2 286	2 070	3 377
1987	218	2 329	2 111	5 488
1988	218	2 371	2 153	7 641
1989	218	2 412	2 194	9 835
1990	218	2 450	2 235	12 070
1991	218	2 453	2 235	14 305
1992	218	2 453	2 235	16 540
1993	218	2 453	2 235	18 775
1994	218	2 453	2 235	21 010
1995	218	2 453	2 235	23 245
1996	8 305*	2 453	10 750	33 100

* Son 218 de mantenimiento y 8 537 de valor residual de las instalaciones.

b) Fuentes y uso de fondos.

Se considera dado el carácter de las obras, que son para el desarrollo de la infraestructura pesquera, que las inversiones deberán realizarse con fondos fiscales.

c) Cuotas de recuperación.

No existe ningún antecedente en los puertos pesqueros mexicanos de pagos por derechos de puertos, atraque o uso de muelle, por lo que no se da ninguna recomendación a este respecto, pero se anota que la recuperación de la inversión en infraestructura (constituída ésta por terrenos, muelles, dragado y sala de recepción para descarga de todas las especies, incluyendo camarón) se puede lograr mediante la aplicación de una cuota equivalente al 1.6% del valor de los volúmenes descargados a través de los muelles.

d) Flujo de efectivo.

Aplicando la cuota obtenida, el flujo de efectivo que resulta será el que se muestra en el cuadro V-F.

Efectos indirectos del proyecto.

La instalación de la terminal al permitir el incremento de la actividad pesquera producirá una serie de beneficios en todas las actividades relacionadas, como son la construcción y reparación de embarcaciones, venta y reparación de artes y equipos de pesca, venta de combustible y hielo, servicios de comercialización, etc. La construcción en sí beneficiará las actividades relacionadas con la venta de materiales. Por otra parte, las necesidades de personal para las etapas de construcción y operación del proyecto dará lugar a la creación de nuevas fuentes de trabajo.

Conclusiones y Recomendaciones.

- a) Se recomienda la concentración de todas las actividades pesqueras de Tampico en una sola terminal.
- b) Esta terminal estará ubicada en la margen derecha del Canal de la -- Cortadura y contará con una zona para abrigo de la flota en el Canal del Chijol. La inversión inicial para todo el conjunto será de 25.2 millones de pesos, repartidos de la manera siguiente:

Muelle	\$ 6'725,100
Dragado	1'178,610
Terreno	4'780,080
Instalaciones terrestres	2'512,800
Equipos	6'811,822
Obras varias	<u>933,916</u>
Subtotal	22'294,233
Imprevistos (10% del subtotal)	<u>2'294,233</u>
TOTAL	\$ 25'236,561

El 10% de la inversión será componente extranjera.

- c) La evaluación económica permitió concluir que el proyecto es rentable, arrojando los siguientes indicadores.

Relación Beneficio/Costo = 2.2
 Valor Neto Actualizado = 36 millones de pesos
 Tasa Interna de Rendimiento = 31.4%

- d) La recuperación de la inversión en infraestructura sólo es posible en el caso de que se decida la aplicación de una cuota equivalente al -- 1.6% del valor de las especies descargadas por el muelle.

V-C. DIMENSIONAMIENTO. OBRAS BASICAS, CRITERIOS GENERALES DEL DISEÑO DE INSTALACIONES PARA CARGA GENERAL SUELTA.

CARGAS SUELTAS Y CARGAS UNITARIZADAS.

Una terminal de carga general es aquella en la que se da el intercambio de toda clase de mercancías. A través de sus instalaciones se da tanto el flujo de unidades de gran tamaño y peso, como de otras, que sólo alcanzan algunas decenas de kilos tales son: las pacas de algodón, costales, cajas de diferentes tamaños para las que se requiere de equipo muy elemental; o bien, productos agrícolas y minerales a granel que por el volumen que representan se mueven con el equipo del barco y del puerto, a veces no muy adecuado, hasta en tanto no se incrementen los volúmenes que justifiquen alguna mecanización, aún cuando sea elemental y deban manejarse en otra área del puerto que reúna las características que requieran esos tonelajes incrementados.

La unitarización de la carga ha venido a resolver algunos problemas en su manejo, y es un concepto que se refiere a la integración que de pequeñas unidades se hace para lograr unidades estandarizadas de dimensiones y pesos mayores, susceptibles de ser manejados con el equipo convencional de los puertos, en condiciones más ventajosas, por el ahorro que se logra tener en los gastos de manipulación y transporte, al acelerar las operaciones.

Los métodos más usuales y comunes de unitarización son: preeslingado y paletización, como las más simples; contenerización y en barcazas, como las más complicadas.

El preeslingado fue el primer intento por unitizar la carga y consistió en agrupar varios sacos, costales, bolsas, tambores, tiras de madera, etc.; con ello, se trató de manejar cargas integradas que de este modo fuera posible enganchar directamente con las grúas del barco.

El "pallet", es un término inglés que se ha aceptado en la lengua castellana como palet y define a una tarima que puede ser de madera, cartón comprimido o lámina de acero (figura V-3).



FIGURA V-3. EJEMPLOS DE PALETS DE MADERA.

El palet de madera consta de dos plataformas separadas por travesaños, de unos quince centímetros de altura, de modo que entre ambas, es posible introducir las horquillas del montacargas, para su manejo.

El palet permite el acomodo de la carga integrando unidades de tamaño y peso uniforme, con lo cual es posible estibar hasta una altura tal, que será la que permita la resistencia de la misma carga para aceptar otras arriba, o la capacidad del equipo para remontarla en la estiba.

En las terminales de manejo de carga no especializada las cargas se presentan sin consolidar (break bulk), preslingadas y paletizadas cuando más y pocas veces contenerizadas, empleando para su manejo vertical el equipo propio del barco que generalmente es muy elemental y el propio del puerto que consiste en plataformas, tractores, grúas móviles de poca capacidad, et., para el arrastre de la carga desde el costado del buque hasta las áreas de almacenamiento y viceversa.

LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA.

La infraestructura de las terminales de carga general, se compone de:

- a) Las áreas de navegación.
- b) Las instalaciones de atraque, en función de los requerimientos de -- los buques que harán uso de la terminal.
- c) Las instalaciones en tierra, en función de los volúmenes y características físicas de las cargas que por la terminal se vayan a mover.
- d) Los aspectos antes señalados están íntimamente interrelacionados con los medios del transporte terrestre que concurren al puerto.

Las Áreas de Navegación.

Las áreas de navegación son los espacios requeridos por los buques para efectuar tanto sus operaciones como sus maniobras. Así el número y tamaño de los barcos que usan un puerto, determinan sus dimensiones cuando éste es artificial y podrá ser tan pequeño como lo permita la realización de las operaciones en las aguas protegidas, siempre que se lleven a cabo con seguridad -- (figura V-4).

El uso de los remolcadores que faciliten las maniobras de los buques -- dentro de las áreas protegidas es un factor que puede influir en el tamaño -- de las dársenas.

En la actualidad los buques comerciales tienen dimensiones muy variables y 180 m. puede ser una eslora media a considerar en el dimensionamiento de las dársenas. La dársena de ciaboga debe tener un diámetro tal que permita el giro de las embarcaciones libremente sin ayuda de remolcador, para lo cual su diámetro debe ser dos veces la eslora de la embarcación de mayor tamaño que haga uso del puerto, aunque para ello se requerirá de maniobras cuidadosas para dar el giro sin ayuda de remolcador. El diámetro mínimo mínimo de la dársena será de 1.5 veces la eslora del buque más grande que vaya a arribar a éste, si bien esta dimensión exige el uso de al menos un remolcador. En la zona protegida de las aguas que integran al puerto, deben darse --

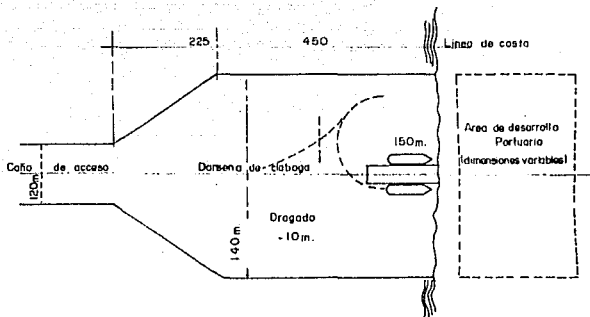


FIGURA V-4. UN PUERTO PEQUEÑO

los espacios para dar acomodo a los buques que esporen su turno para atracarse o simplemente para refugiarse de los ciclones, todo ello sin interferir con el tráfico de los muelles.

En aquellas terminales de carga general en las que se manejan contenidos por sus instalaciones, lo que implica que sean transportados en barcos cuyo tonelaje variará entre 5 y unas 16 mil TRB, y dependiendo de las características físicas de la carga, de 10 a 20 mil m³ de capacidad, requiriendo de 5 metros de profundidad los pequeños, y 11 metros de profundidad los de mayor tamaño; si bien, la mayoría de las embarcaciones no requieren más de 10 metros. Dado que las terminales no especializadas de carga general manejan toda clase de productos en las más variadas presentaciones sin contar a veces con instalaciones apropiadas, se acepta que la profundidad de las aguas de navegación sea del orden de los 12 m., el ancho mínimo de la plantilla de los canales de navegación de 130 metros y que las dársenas de maniobras tengan un diámetro no menor de 220 metros, cuando se disponga de al menos un remolcador. De otro modo, si no se dispone de remolcadores, 300 a 350 metros puede ser el diámetro mínimo aceptable para que la embarcación pueda maniobrar con seguridad.

El área de agua abrigada de un puerto debe permitir la protección de embarcaciones menores como lo son las pequeñas y las de turismo, cuando las actividades se dan en forma común aunque en espacios separados de lo que es el movimiento de carga comercial del puerto y de otras áreas donde se desarrollen actividades como las industriales, no debiendo mezclarse entre sí (figura V-5).

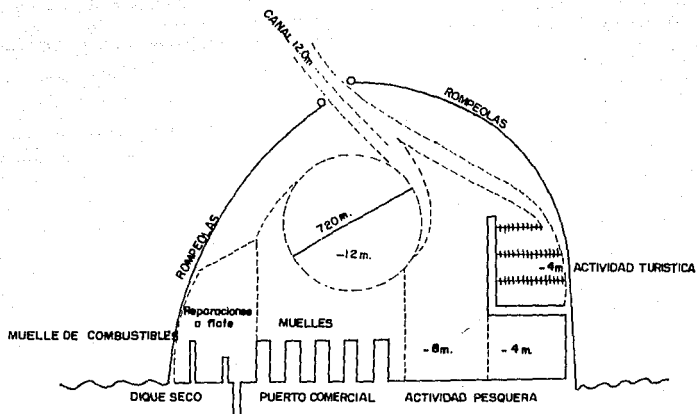


FIGURA V-5. DISTRIBUCION DE AREAS DE ACTIVIDAD Y PROFUNDIDADES EN LAS AREAS DE NAVEGACION.

Por lo que hace el canal de acceso, no deberá ser más ancho que lo necesario para proporcionar una navegación segura y evitar corrientes peligrosas cuando la marea sube o baja; es conveniente sea proporcional al tamaño de la dársena y al tamaño de los barcos que lo vayan a usar. Así en general, los siguientes anchos deben satisfacer los requerimientos de cada tipo de puerto.

- Puertos pequeños $A = 60$ a 90 m.
- Puertos medianos $A = 120$ a 150 m.
- Puertos grandes $A = 150$ a 240 m.

El ancho del canal se mide en la plantilla y se considera adicionalmente las bermas de seguridad para que los taludes de los rompeolas no fallen, las cuales pueden ser de 1:3 cuando se trata de fondos arenosos. En la práctica los taludes responderán a los estudios de Mecánica de Suelos (círculo de falla), así como a las velocidades que generan las corrientes marítimas -

por efecto de la bajada y subida del nivel de agua del mar (llenado y vaciado de la dársena), que podría erosionar el fondo del canal o las bermas, acreando el material sólido a las áreas de navegación, reduciendo considerablemente las profundidades (figura V-6).

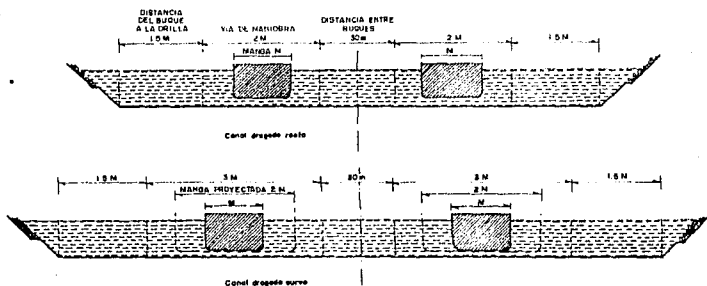


FIGURA V-6. DIMENSIONES TÍPICAS DE UN CANAL, EN EL SENTIDO DE LA ANCHURA

El canal de acceso debe estar de preferencia en uno de los extremos del puerto debido a que de ese modo el barco podrá arribar a plena marcha y tener, ya en aguas calmas el espacio necesario para disminuir su carrera. La salida es diferente, ya que generalmente sale enfilado y a toda máquina y los espacios de agua no están limitados como en la entrada.

A lo largo de los años se ha venido debatiendo si un puerto moderno debería prescindir completamente del servicio de buques de carga general en -- fondeaderos. Por un lado se considera que el trabajo con gabarras representa un costo de manipulación doble y aumenta los riesgos de dañar la mercancía, lo que hace la operación menos económica que la manutención en los muelles. También se ha mantenido la opinión contraria, es decir, que los fondeaderos son una instalación barata y útil para complementar en épocas de fuerte demanda el número reducido de puestos de atraque al que por falta de espacio o de medios financieros tienen que limitarse muchos puertos.

De hecho, habrá casos en que cada opinión esté justificada económicamente. La decisión debería basarse en los factores siguientes:

a) La importancia que para el armador tiene el atraque de costado, por otras razones que simplemente facilitar la manipulación de la carga, por ejemplo la necesidad de aprovisionamiento de combustible y de otros servicios

portuarios;

b) El precio relativo de los terrenos y de la mano de obra, que puede - hacer más ventajosa económicamente la solución del atraque o de una combinación de atraque y de manutención en fondeadero;

c) La existencia o la ausencia de una flota de gabarras numerosa y bien organizada con la mano de obra necesaria;

d) El destino u origen de la carga en el puerto: por ejemplo, sería mejor descargar en gabarras en un fondeadero la carga que se destine a muelles privados de poco calado o que se vaya a transportar ulteriormente en gabarras;

e) las condiciones climáticas del puerto: por lo general, en los puertos de atraque es posible trabajar más días al año que en los fondeaderos.

No puede decirse tajantemente que, para la carga general de tipo corriente o para las mercancías a granel en sacos, el ritmo de trabajo cargando y descargando gabarras sea superior al ritmo logrado en el puesto de atraque. En general, la diferencia no es significativa para ciertas cargas, mientras que para otras el trabajo en los muelles es manifiestamente más ventajoso. Además, el trabajo en los puestos de atraque ofrece la oportunidad de introducir una serie de técnicas modernas de manipulación que no pueden utilizarse cuando se emplean gabarras. Este factor, junto con la seguridad de un recuento más fácil y más exacto y de menores daños, hace preferibles las operaciones en los puestos de atraque en un nuevo proyecto de desarrollo.

El argumento mejor en favor de los fondeaderos es que permiten aumentar la capacidad del puerto en casos de emergencia, aunque el método corriente - sea el trabajo en puestos de atraque. Es relativamente fácil volver a recurrir a los fondeaderos cuando el tráfico excede la capacidad inmediata de los muelles, siempre que se disponga de una flota de reservas de gabarras con la mano de obra necesaria y de algunas instalaciones de manipulación de gabarras.

Las Instalaciones de Atraque.

Las estructuras de atraque son las que se construyen para permitir la operación de las embarcaciones, con lo cual se logra fundamentalmente facilitar el transbordo de las mercancías, así como el permitir la unión de los medios de la transportación acuáticos y terrestres. Una estructura de atraque es también de amarre, toda vez que en general cuenta con los medios adecuados para fijar el buque y este pueda realizar la transferencia y transbordo de la carga con rapidez y seguridad. Los elementos de amarre son las llamadas "bitas".

Las estructuras de atraque son los muelles y los duques de alba y en este grupo también pudieran caer los amarraderos en mar abierto (fuera de la costa).

1.- Número de puestos de atraque necesarios.

En el caso de la terminal de carga fraccionada deberían utilizarse los diagramas de planificación I y II para decidir el número adecuado de -- puestos de atraque. El primer diagrama (véase diagrama V-1) permite determinar las necesidades de puestos de atraque-día (número de días de permanencia de los buques en los puestos de atraque) y el número aproximado de puestos -- de atraque necesarios. Esos valores se utilizan como punto de partida para -- el segundo diagrama (véase diagrama V-2), que indica el tiempo previsto de -- permanencia del buque en el puerto y puede utilizarse como base para un análisis del costo-beneficio.

A continuación se definen tres expresiones utilizadas en el diagrama I:

a) Fracción total de tiempo en que se trabaja en los buques atracados: tomamos el ejemplo de un grupo de puestos de atraque en que se trabaje seis días por semana en dos turnos de ocho horas; la fracción se obtendría -- multiplicando 16 horas por 6 días y dividiendo luego por 24 horas y por 7 -- días, o sea, $(16 \times 6)/(24 \times 7) = 0.57$.

b) Número de días de servicio por año: es el número de días al año en el que el puesto de atraque está disponible para la manipulación de la -- carga, independientemente de la forma en que se organicen los turnos. De este factor se excluirían los días perdidos siguientes:

i) Número medio de días durante los cuales el puesto de atraque -- esté fuera de servicio por razones de mantenimiento o dragado;

ii) Días durante los cuales normalmente se prevé la interrupción -- total del trabajo debido al mal tiempo;

iii) Días durante los cuales el puesto de atraque esté ocupado por buques no utilizados para el transporte de carga, por ejemplos, buques de -- guerra y buques de pasaje;

iv) Fiestas nacionales y religiosas durante las cuales no se puede trabajar en circunstancias normales (obsérvese que el día de descanso -- semanal no se excluye porque ya se tiene en cuenta en la fracción antes definida).

c) Necesidades de puestos de atraque-día: número total de días que los buques pasan en los puestos de atraque para cargar o descargar. Por ejemplo, con 100 buques que requieran cada uno un puesto de atraque durante cuatro días para cargar o descargar se necesitarán 400 puestos de atraque-día.

El procedimiento para la utilización del diagrama I es el siguiente (sígase el procedimiento en el diagrama V-3):

a) Se marca en el diagrama el punto A, correspondiente al promedio de productividad de la cuadrilla, sobre la base de los datos reales de rendimiento;

b) Se traza una vertical hasta la línea que indica la fracción del tiempo en que se trabaja en los buques atracados, y se obtiene un punto B;

c) Desde el punto B se traza hacia la izquierda una horizontal has-

DIAGRAMA V-1.

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I

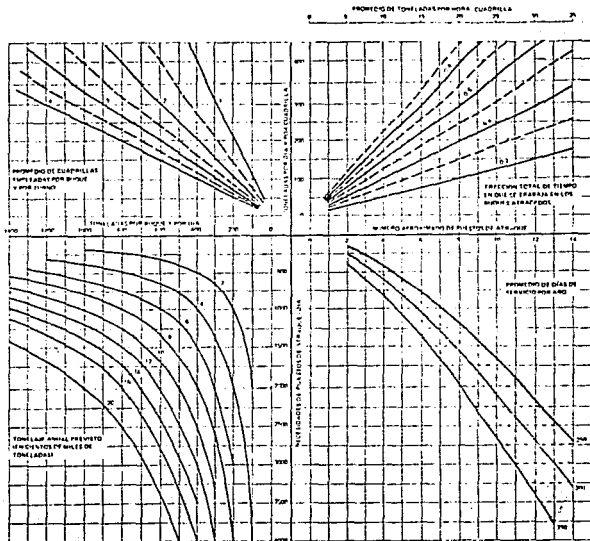


DIAGRAMA V-2.

Terminal de carga general fraccionada -- Diagrama de planificación II

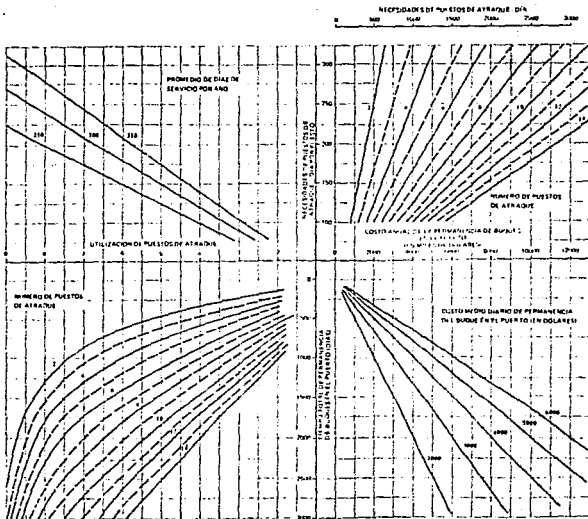


DIAGRAMA V-3.

Ejemplo de utilización del diagrama de planificación I

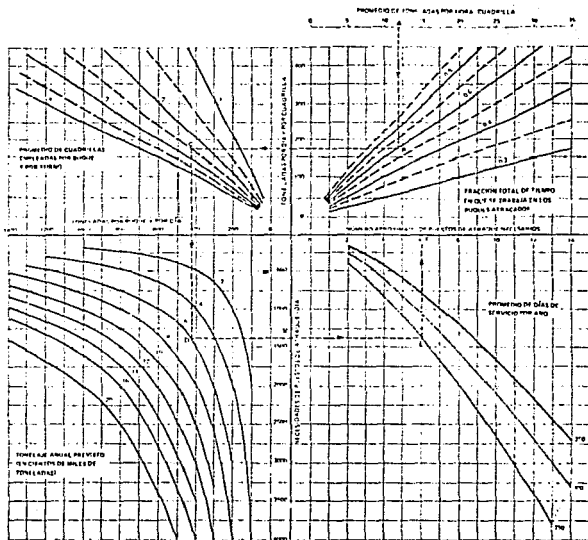
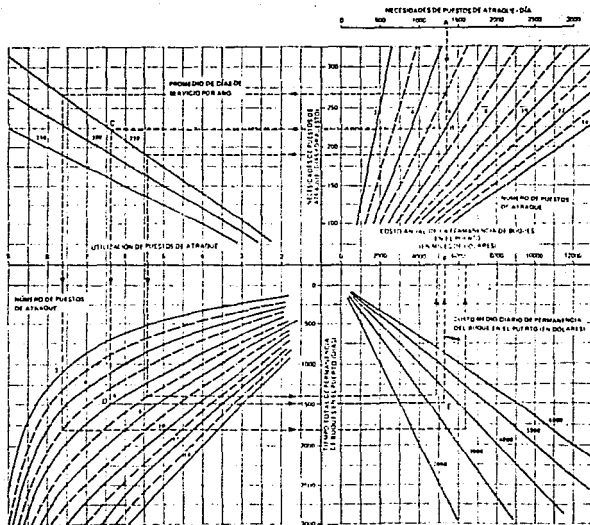


DIAGRAMA V-4.

Ejemplo de utilización del diagrama de planificación II



cortar en el punto C la línea que indica el promedio de cuadrillas empleadas por buque y por turno;

d) Se traza hacia abajo una línea vertical hasta el punto D, en la curva que indica el tonelaje anual previsto;

e) Se traza una línea horizontal hacia la derecha hasta cortar en el punto X la escala vertical de las necesidades de puestos de atraque-día. Ese valor, que es el principal resultado de este diagrama, se utilizará en el diagrama de planificación II;

f) Para obtener el número aproximado de puestos de atraque necesarios se prolonga hacia la derecha la línea horizontal que pasa por X hasta cortar en el punto E la línea que indica el promedio de días de servicio por año, y luego se traza hacia arriba una vertical hasta el punto F, en la escala horizontal.

Quando no hace falta un desglose detallado de los elementos de la productividad de un puesto de atraque, el planificador puede empezar en la escala horizontal de la izquierda (toneladas por buque y por día) y descender directamente al punto D. Las toneladas por buque y por día en el puesto de atraque son una medida útil del rendimiento que incluye los tres primeros factores, es decir, al promedio de toneladas por hora y por cuadrilla, la fracción total de tiempo en que se trabaja en los buques atracados y el promedio de cuadrillas empleadas por buque y por turno.

El ejemplo de utilización del diagrama de planificación I que se da en el diagrama V-3 se basa en los siguientes datos:

Número de toneladas manipuladas por cuadrilla-hora	12.5
Fración del tiempo de permanencia en el puesto de atraque que se trabaja en los buques.....	0.6
Número de cuadrillas empleadas por buque.....	2.5
Previsión de tonelaje.....	600 000
Número de días de servicio por año	350

Con estos datos se obtiene una productividad media por buque de 450 toneladas diarias, y unas necesidades de puestos de atraque-día de 1,330 días por año, lo que requiere aproximadamente seis puestos de atraque. Pero esto solamente es una indicación aproximada basada en una tasa típica de utilización de los puestos de atraque, y no da el costo del tiempo de permanencia del buque en el puerto. Para obtener ese costo se introduce en el diagrama II (véase el diagrama V-2) las necesidades de puestos de atraque-día obtenidas en el diagrama de planificación I. Luego se utiliza un método análogo al del primer diagrama, con el procedimiento siguiente (sígase el procedimiento en el diagrama V-4):

a) Se marca el punto A correspondiente a la cifra de las necesidades de puestos de atraque-día obtenida en el diagrama I;

b) Se traza una línea vertical hasta la línea correspondiente al número de puestos de atraque (obtenido en el diagrama I) que se quiere verificar y

se obtiene así el punto B;

c) Se traza una línea horizontal hacia la izquierda desde el punto B hasta cortar en el punto C la línea correspondiente al número de días de servicio por año;

d) Se traza una línea vertical hasta la curva que indica el número de puestos de atraque (el mismo del punto B) y se obtiene el punto D;

e) Se traza hacia la derecha una línea horizontal hasta llegar (punto E) a la línea correspondiente al costo medio diario de permanencia del buque en el puerto, en dólares;

f) Se traza hacia arriba una línea vertical hasta la intersección en el punto F con la escala del costo anual de permanencia del buque en el puerto.

El procedimiento puede repetirse con un puerto de atraque más y luego con un puesto de atraque menos. Se obtendrá así un conjunto de valores del costo anual total de permanencia del buque en el puerto para las tres posibilidades. No se ha hecho la distinción entre tiempos de espera y tiempo de servicio para recalcar la importancia de planificar sólo con miras a un rendimiento total, que es la mejor medida del nivel de servicio que se presta a los buques.

En el ejemplo de utilización del diagrama de planificación II que se da en el diagrama V-4, se han empleado los siguientes datos:

Necesidades de puestos de atraque-día.....	1 330
Número de puestos de atraque.....	5, 6 ó 7
Número de días de servicio al año.....	350
Costo diario de permanencia del buque en el puerto.....	3 500 dólares

Con cinco puestos de atraque, el tiempo total de permanencia en el puerto es de 1,800 días, mientras que con seis puestos el tiempo total de permanencia en el puerto se reduce a 1,500 días. Si se dispone de siete puestos de atraque disminuirá de nuevo el tiempo de permanencia del buque, esta vez en 75 días. Teniendo en cuenta que las pérdidas debidas a la insuficiencia de instalaciones portuarias, en el caso de que, de manera imprevista, el desarrollo económico del país evolucione favorablemente, podrían ser muy superiores al costo de un nuevo puesto de atraque, es preciso evaluar esas opciones. El planificador tendrá que determinar si la reducción del tiempo de permanencia del buque que trae consigo la opción de seis puestos de atraque en relación con la de cinco puestos justificará la inversión en el nuevo puesto y, en caso afirmativo, si estaría justificada la opción de los siete puestos de atraque. Esto se hará normalmente mediante un análisis costo-beneficio tal como se describió en el inciso V-B de este mismo capítulo.

2.- Longitud de los puestos de atraque.

En lo que respecta a la longitud de los muelles, estos deben permitir el atraque de embarcaciones de 180 metros de eslora en promedio, y que su ancho de plataforma de trabajo debe ser de 20 a 30 metros dependiendo del tráfico y de las características de la operación, de las cuales, la de mane-

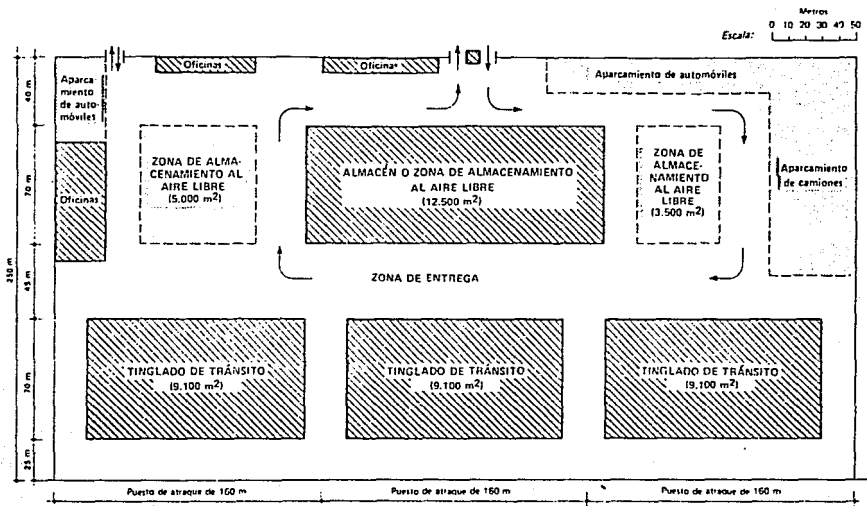


FIGURA V-7. DISPOSICION CARACTERISTICA DE UNA ZONA MODERNA DE TRES PUESTOS DE ATRAQUE DE CARGA FRACCIONADA (480 X 250 METROS)

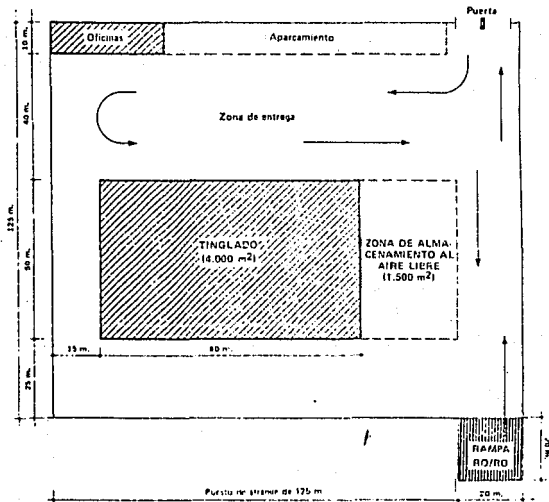


FIGURA V-8. PEQUEÑO PUESTO DE ATRAQUE MODERNO PARA SERVICIOS DE CABOTAJE O INSULARES

jo de contenedores, es la que más área requiere (debe entenderse que en instalaciones de este tipo, se hace el manejo eventual de un número reducido de contenedores).

El espacio comprendido entre el paramento de los muelles y las bodegas, llamada plataforma de operaciones o carpeta del muelle, debe permitir que el manejo de las cargas de 20', 30' y 40' de longitud, se realice con seguridad.

Los modernos puestos de atraque de carga fraccionada, especialmente en los países en desarrollo, tendrán que recibir cantidades crecientes de -- carga paletizada o equivalente (por ejemplo, carga preelingada o en fardos). Es probable que se necesiten muy pocos puestos de atraque para paletas únicamente, pero las modificaciones de los puestos de atraque de carga fraccionada que impone el tamaño cada vez mayor de los buques exigen la incorporación gradual de muchas de las características operacionales del puesto de atraque para paletas. Entre ellas se cuentan una mayor longitud del muelle y la construcción de una terminal de mayor superficie que comprenda una explanada de descarga amplia y bien iluminada, con una anchura no inferior de 25 metros y, preferiblemente, de 30 metros. En los casos en que hay que manipular gran número de contenedores, ya no se trata de instalaciones para -- carga fraccionada sino de instalaciones polivalentes, que se describen más adelante. La necesidad de ofrecer una mejor protección para la mayor parte de la carga general fraccionada lleva consigo el aumento de la superficie total de los tinglados.

En la figura V-7 se presenta una disposición característica para un grupo moderno de muelles de carga general fraccionada donde se manipula el tráfico de buques de línea transoceánicos de tipo corriente.

En la figura V-8 se muestra una disposición para un pequeño puesto de atraque para tráfico de cabotaje, o para instalaciones de carga general de una pequeña isla. Las características que hay que observar en este caso son la rampa de transbordo por rodadura y el buen acceso por carretera a la misma.

Las Instalaciones en Tierra.

Una terminal de carga general debe contar con la infraestructura y equipamiento apropiados, acordes con los tipos y volúmenes de carga que por la terminal han de moverse. De las instalaciones en tierra las estructuras y áreas de almacenamiento, como las bodegas para carga en tránsito, las bodegas para carga estacionaria, los cobertizos y los patios, juegan un papel importante en el puerto.

El uso de las áreas de almacenamiento estará en función del tipo de la carga y su valor. Cargas que deben estar a cubierto se depositarán en los cobertizos, otras con esas características y que sean valiosas deberán almacenarse en las bodegas adecuadamente resguardadas y finalmente, las llamadas -- cargas negras, se depositarán a la intemperie en los patios. En ninguna circunstancia deben utilizarse los tinglados de tránsito para el almacenamiento

a largo plazo, que corresponde a las zonas de almacenamiento alejadas de los muelles.

1.- Las bodegas de tránsito (o tinglados de tránsito).

Son las que se encuentran inmediatas a los muelles, su eje longitudinal generalmente es paralelo con el eje longitudinal de éstos y su función es recibir las cargas que tendrán poco tiempo de estadía en el puerto (15 -- días o menos), bien que se hayan descargado de los buques o que se hayan con-
traído durante un cierto período para que sean cargadas al buque.

Puede realizarse una estimación previa aproximada del tamaño necesario de los tinglados de tránsito basándose en la experiencia de los puestos de atraque existentes o en la de los puertos cercanos. Aunque la longitud media del puesto de atraque (entre 160 y 180 metros) y la necesidad de dejar un amplio espacio de acceso entre dos tinglados consecutivos limitan normalmente la longitud de los tinglados a unos 110 ó 120 metros, la elección de la anchura del tinglado está menos condicionada. La experiencia de muchos países en desarrollo indica que conviene que los tinglados no tengan menos de 60 metros de ancho, y 50 metros es un mínimo absoluto cuando es escaso el espacio disponible en tierra.

Cuando se escoja el diseño de los tinglados de tránsito se evitarán los siguientes errores:

- a) Una anchura insuficiente de los tinglados por debajo del mínimo absoluto de 50 metros, con la falta de espacio de almacenamiento que ello supone;
- b) Un número excesivo de columnas interiores para sostener el tejado, que obstaculizarán el libre movimiento del equipo mecánico, además de reducir la superficie útil del suelo;
- c) Una ventilación y una iluminación inadecuadas, lo que dificulta y hace más lentas la manipulación de la carga y la lectura de las marcas;
- d) Una calidad deficiente del suelo, no bastante liso ni resistente;
- e) Un número insuficiente de puertas, y una mala suspensión de las mismas que haga más difícil y lenta su maniobra;
- f) Una pérdida de espacio debida a la instalación, dentro del tinglado, de oficinas que podrían estar en un piso superior;
- g) Una construcción demasiado grande y maciza que no permita modificar o desmontar el tinglado e instalarlo en otro sitio.

Con la única excepción de este último factor, todas estas deficiencias pueden tener consecuencias desfavorables para la eficiencia de las operaciones dentro de los tinglados de tránsito.

Normalmente, los tinglados de varios pisos no son adecuados ni como tinglados de tránsito ni como almacenes portuarios. Los tinglados de una planta simplifican mucho la manipulación de la carga y hacen innecesarios los cimientos demasiado onerosos y los montacargas. En la figura V-9 se muestran diversos tipos de tinglados que configuran un espacio interior desprovisto de molestas estructuras de sostén. Sin embargo, la total ausencia de -

columnas interiores hará necesaria una estructura más costosa que la de un tinglado con un número limitado de columnas, que pueden colocarse de tal forma que no obstaculicen las operaciones.

Para poder responder con flexibilidad a la variación de las necesidades de los terminales, es ventajoso poder desmontar un tinglado de tránsito y volverlo a instalar en un emplazamiento distinto. Este factor puede influir cuando se elija la forma de construcción.

Otro elemento es el diseño de los andenes de carga situados en la parte posterior del tinglado de tránsito. En los puestos de atraque que se espera sigan utilizándose para cargas fraccionadas durante bastante tiempo todavía, es útil que los tinglados dispongan en la parte posterior de un andén de carga en toda su longitud, ya que de esta forma pueden cargar se los camiones sin necesidad de carretilla de horquilla elevadora.

Un suelo en pendiente que proporcione una entrada a nivel en la parte del muelle y un andén elevado en el lado de la entrega resulta útil si la pendiente es muy suave. A menudo hace falta una pendiente de 1:50 para el drenaje del agua, pero una pendiente de más de 1:40 puede dificultar el apilamiento con carretillas de horquilla elevadora. Por consiguiente, dada la altura media de la caja de los camiones, sólo será posible mantener una pendiente aceptable en tinglados de 40 metros de ancho como mínimo.

Si se considera inaceptable un andén de carga situado a lo largo de todo el tinglado, puede ser preferible que todo el suelo del tinglado esté al nivel del muelle y utilizar rampas de carga móviles. Esta cuestión debe estudiarse en el momento de diseñar el tinglado, y el costo de un número suficiente de rampas móviles tendrá que añadirse a la lista de equipo de muelle que forma parte del presupuesto del proyecto. En este tipo de tinglado, el suelo puede tener una doble pendiente con un ligero resalte central. Esta disposición puede ser conveniente para evitar a la carga depositada al otro lado del resalte los daños provocados por el agua al intentar apagar un incendio o durante la limpieza del tinglado.

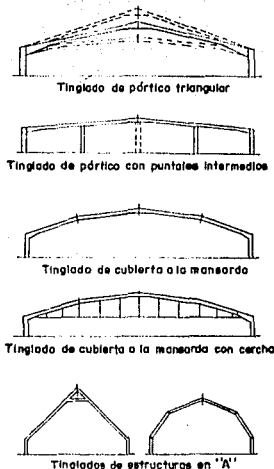


FIGURA V-9. TIPOS DE CONSTRUCCION DE TINGLADOS DE TRANSITO

2.- Las bodegas estacionarias.

Se localizan en áreas un poco más alejadas de los muelles y su función es proteger aquellas cargas cuya permanencia en el puerto se prolongará más de lo esperado antes de que el consignatario las retire y sean transportadas a su destino final (90 días máximo en el caso de México).

Se necesitan bodegas estacionarias o cobertizos (también llamadas -almacén):

a) Cuando la corriente máxima de carga excede la capacidad de almacenamiento de un tinglado de tránsito de tamaño razonable;

b) Cuando el puerto desea dedicarse a la actividad comercial de almacenamiento de carga durante largos períodos, por ejemplo de carga que deba madurar o de carga que haya que clasificar, embalar y vender directamente -- del almacén.

Al determinar la dimensión razonable del almacén debe tenerse presente que el tinglado de tránsito y el almacén situado detrás son complementarios: su capacidad total constituye la capacidad de almacenamiento.

La superficie de las bodegas tanto de tránsito como las estacionarias es variable, y las bodegas modernas van desde los 3 mil hasta unos 8 -- mil 400 m², de área; su tamaño dependerá del espacio disponible en el puerto y del volumen de tráfico. En la actualidad se constuyen de un solo piso y -- tienen unos 6 metros de claro libre. Las dimensiones en planta pueden ser de 30x100 metros en las bodegas de dimensiones más reducidas y de 60x140 en las de mayor tamaño. Es el incremento del tamaño de los barcos y por ende la de los muelles, que las bodegas han debido adecuarse a estas nuevas dimensiones para facilitar la transferencia expedita de la carga de la bodega del buque a las áreas de almacenamiento en tierra y viceversa. Lo ideal es que la bodega tenga una longitud igual a la del muelle, para garantizar la correspondencia entre las escotillas del buque y las puertas de la bodega, no obstante, la geometría de la bodega estará en última instancia en función del espacio disponible en el puerto. Generalmente los claros de las bodegas estarán libres de obstáculos, pero si se desea emplear columnas intermedias, los claros no deberán ser menores a 9 metros, si bien 12 metros, es una longitud en tre ejes más adecuada.

Los pavimentos de las bodegas podrán ser flexibles o rígidos (concreto asfáltico o hidráulico). Cuando sean de concreto y vayan a soportar -- cargas pesadas o circulen continuamente vehículos por ellos, se reforzarán con acero (mallac, o algún material similar). Los pavimentos tendrán una capacidad de carga tal que deben permitir el aprovechamiento más racional -- del espacio con alturas de estiba máxima, sin sobrepasar el valor del soporte del piso especificado por los diseñadores.

Las bodegas tendrán puertas corredizas de anchos mayores a 4.50x5.0 metros de alto, lo ideal será contar con puertas de 5.40 metros de ancho y 6 metros de altura. Se construirán de madera desfleada con marcos de acero o

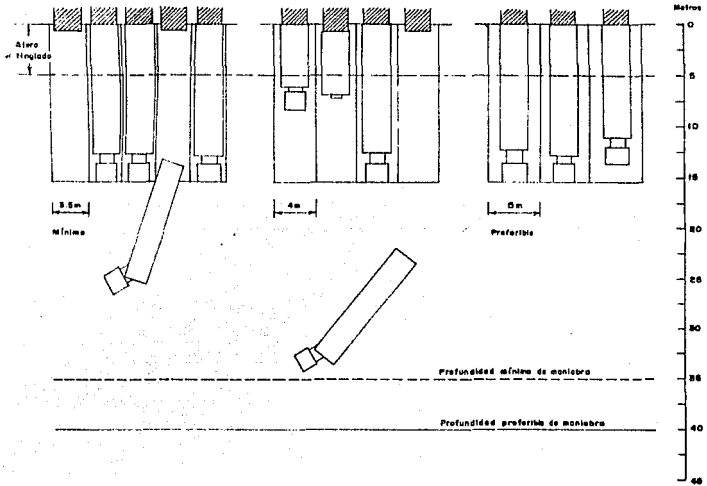


FIGURA V-12. CONFIGURACION DE UN ANDEN DE CARGA PARA VEHICULOS DE CARRETERA

ñar la plataforma. También habrá que prever un alero para reducir al mínimo las demoras debidas al mal tiempo. Habría que utilizar dispositivos de nivelación en función de las diferencias de altura de las plataformas de los vagones. En la figura V-13 se ofrece una plataforma típica para carga en vagones de ferrocarril.

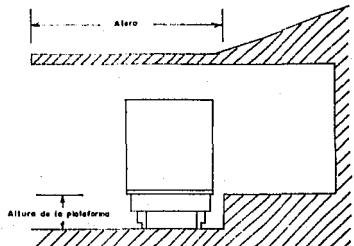


FIGURA V-13. PLATAFORMA DE CARGA EN VAGONES DE FERROCARRIL

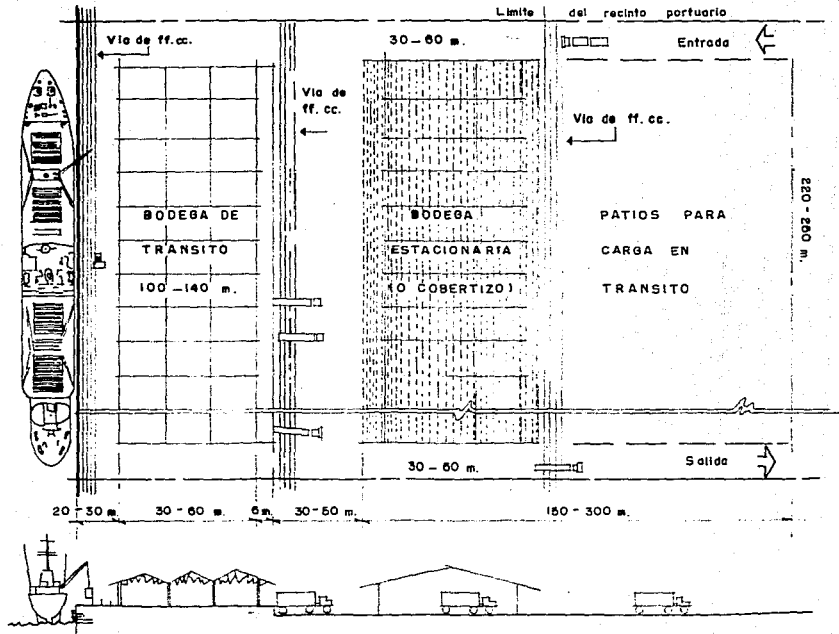


FIGURA V-10. TERMINAL DE CARGA GENERAL FRACCIONADA QUE INCLUYE BODEGA ESTACIONARIA

4.- Aspectos complementarios para una adecuada operación portuaria.

Acceso de vehículos.- Tradicionalmente, en los muelles de carga general se manipula una mezcla de carga indirecta (vía el tinglado de tránsito) y de carga directa (descargada o cargada directamente de o en el vagón de ferrocarril o vehículo de carretera al costado del buque). Esto tiene ciertos inconvenientes:

a) Los movimientos de los vagones de ferrocarril o vehículos de carretera en el muelle se entorpecen mutuamente e interfieren con otras operaciones;

b) Cuando los carriles no están hundidos provocan problemas de circulación en la zona de carga y descarga que demoran el movimiento de otros vehículos y del equipo de manipulación;

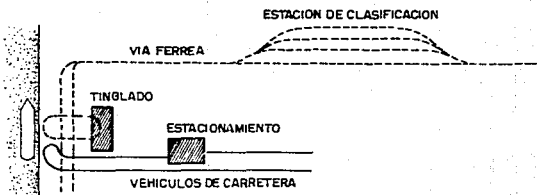
c) Excepto en el caso de grandes envíos de una carga homogénea, como los sacos, es difícil atender a una planificación rígida del parque de vehículos disponible en el momento preciso, con lo que, por lo general, la carga directa hace más lento el servicio del buque.

Esos problemas han llevado a utilizar un método que, aunque a primera vista parece restrictivo, es de funcionamiento más flexible y eficaz. Se trata de impedir a todo vehículo del exterior el acceso a la zona de carga - la entrega directa. Mediante un sistema de transbordo, que utiliza, por ejemplo, tractores y remolques para llevar las mercancías a una zona intermedia temporal situada en el punto de recogida de los vehículos de ferrocarril o de carretera, todavía pueden efectuarse entregas directas. El aumento del costo que supone el equipo necesario para ese transbordo queda equilibrado por las mejores condiciones de trabajo en el muelle y por la reducción en las demoras en las operaciones de carga y descarga del buque provocadas por la tardanza de los vehículos. En los muelles donde se trabaja con un gran número de cargas pesadas que deben izarse a los vagones de ferrocarril, pueden utilizarse vías niveladas con la superficie de la esplanada de carga. En la figura V-11 se muestran los dos métodos aplicables; en el segundo de ellos se fija un límite más allá del cual no pueden penetrar los vehículos del exterior.

Otro método consiste en eliminar la entrega directa, haciendo pasar toda la carga por zonas de almacenamiento en tránsito de mayor superficie. Si bien esta posibilidad suprime el problema causado por las demoras en la disponibilidad de vehículos de entrega directa, las necesidades de superficie pueden aumentar considerablemente a medida que aumente el tiempo de tránsito de las mercancías. Sin embargo, ese método atenúa la demanda de transportes interiores y reduce así las dimensiones del parque de vehículos necesario para el servicio del puerto.

Los métodos que suprimen la entrega directa en el muelle introducen la doble manipulación, pero este costo suele ser compensado con creces por la reducción del tiempo de rotación más rápido de los buques y por la supresión de la vía férrea, en particular en los países donde los costos de mano

A.- Método tradicional



B.- Método con limitación de acceso

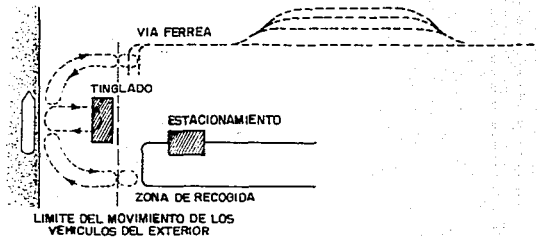


FIGURA V-11. LIMITACION DEL ACCESO DE VEHICULOS AL MUELLE

de lámina rolada montada igualmente sobre marcos rígidos de acero. Se recomienda que la separación entre puertas (de centro a centro), sea cuando más de 18 metros, aunque para ancho de plataforma de operaciones mínima debe ser de 12 metros, ello con el fin de que se asegure la correspondencia entre las escotillas del buque y las puertas de la bodega y que la transferencia horizontal de carga se realice eficientemente con el mínimo de tránsito del equipo.

La operación ideal del barco será la que se indicó antes, frente a la bodega correspondiente, sin embargo, con mucha frecuencia esto no sucede y el barco debe operar en un tramo de muelle alejado de la bodega en que la carga será depositada, en estos casos será conveniente establecer el circuito que seguirá el equipo que transportará la carga desde el barco a la bodega y viceversa. (Figura V-10).

No debe perderse de vista que es frecuente que esta situación se presente en la operación de la terminal y que la localización de los lotes de carga influirán por su lejanía o cercanía, en el costo de las maniobras.

Al igual que en los tinglados de tránsito, las bodegas deben tener una adecuada ventilación e iluminación artificial y natural; las puertas del lado del mar a nivel del piso y por el lado de tierra andenes de carga, a nivel con la altura de las plataformas de autotransporte y de los vagones del ferrocarril.

Los materiales con que se construyen las bodegas y los cobertizos deben ser incombustibles, es por ello que en los puertos es común encontrar estructuras con perfiles de acero, de concreto preesforzado, muros de block o de tabique y techos de lámina de asbesto, de zinc o algunos otros materiales de este tipo.

3.- Los patios.

Muchas cargas que se manejan en los puertos no requieren estar en espacios cubiertos por lo que se depositarán en los patios ("playas"). Eso hace con las cargas negras como pudieran ser las planchas de acero, tambores de aceite, atados de concentrado de plomo, los vehículos y el equipo agrícola y de construcción de carreteras y otras mercancías, y desde luego, los contenedores que llegan al puerto. Cuando se utilizan los patios para el manejo de contenedores en las terminales de carga general, debe tenerse cuidado de no sobrepasar la capacidad de carga con que fueron diseñados los pavimentos.

En la mayoría de los países deben facilitarse amplias zonas de almacenamiento al aire libre, especialmente cuando la estación lluviosa es corta. Debe facilitarse todo el espacio de almacenamiento al aire libre que permitan las condiciones locales del terreno. Las explanadas deben estar bien delimitadas y claramente separadas de las carreteras y zonas de aparcamiento de carga. También deben estar niveladas y debidamente pavimentadas, y estar previsto el desagüe del agua de lluvia.

de obra son moderados. También entrañan la necesidad de disponer de más unidades tractor/remolque, pero esos vehículos pueden ser de un tipo corriente, lo que da mayor flexibilidad a las operaciones.

En cuanto a las necesidades de mano de obra, la doble manipulación suele necesitar una transferencia de trabajadores de la zona de carga del muelle a la zona de tránsito, en lugar de un aumento global de la mano de obra utilizada. Más aún, en las operaciones en la zona de tránsito puede utilizarse mucho mejor la mano de obra, puesto que es posible planificar cuidadosamente el trabajo, en vez de depender de la improvisación en función de la hora de llegada imprevisible de los vehículos y de la carga, como ocurre con el método tradicional.

La viabilidad en la terminal debe permitir el acceso a cualquier área con rapidez y facilidad, por lo que se recomiendan anchos mínimos de 12 metros en calles secundarias y de 15 a 20 metros en las principales para dar fácil acceso al autotransporte. El pavimento podrá ser flexible o rígido, ello dependerá del tipo de cargas a manejar y desde luego, de las características del subsuelo.

Andenes de carga.— Los andenes de carga ofrecen una zona cubierta en la que los vehículos de carretera carga o descargan mercancías que han de almacenarse bajo techo. Debe preverse un número suficiente de andenes de carga para hacer frente a los períodos de afluencia máxima, que se puedan adaptar a cualquier situación futura. La zona cubierta deberá tener un alero de unos 5 metros para que el trabajo pueda seguir efectuándose durante el mal tiempo. También haría falta una vía independiente de acceso a la zona, una zona de clasificación en que se reúnan los camiones antes de aproximarse al andén de carga, y una zona de aparcamiento o zona secundaria de maniobras para que esperen los camiones antes de ser dirigidos a determinados andenes. Las zonas de aparcamiento deberían estar bajo el control de una oficina de tráfico y ser utilizadas por los camiones que esperan la tramitación de documentos.

Las plataformas elevadas son muy útiles y deben utilizarse conjuntamente con un artefacto de nivelación de alturas, puesto que la altura de la plataforma de los camiones varía según el tipo de vehículos y según estén estos cargados o descargados. En la figura V-12 se muestra una disposición típica de andenes de carga para vehículos articulados de 15 metros. Los 5 metros que se recomienda que se añadan a la profundidad de la zona de clasificación permiten acelerar las maniobras, pues de esta manera los vehículos articulados pueden adelantarse unos a otros.

Andenes de carga para vagones de ferrocarril.— Siempre que sea posible, los andenes de carga deberán construirse de manera que puedan utilizarse tanto vehículos de carretera como vagones de ferrocarril, por ejemplo, hundiendo los carriles para obtener una superficie llana y dejando altura suficiente para los vagones de ferrocarril bajo el alero del tinglado. Si esto no es posible, parte de los andenes de carga de los tinglados de tránsito tendrá que dedicarse al tráfico ferroviario. Conviene dirigirse a las autoridades ferroviarias locales para obtener la información necesaria para dise-

V-D. EQUIPO E INSTALACIONES AUXILIARES.

EL EQUIPO PARA EL MANEJO DE CARGA GENERAL FRACCIONADA.

Grúas de muelle.

Exceptuando aquellos puertos en que la amplitud de la marea es considerable, la manipulación de grúas de muelle no suele ofrecer grandes ventajas respecto de la utilización de los aparejos del buque, y en cambio entraña -- grandes gastos de capital y problemas de mantenimiento. La diferencia de productividad entre las grúas de muelle y los puntales de carga de los buques -- se ha debido por lo general a la dificultad de trabajar con puntales cargando directamente los vagones de ferrocarril sin necesidad de frecuentes manobras. Si no hay que cargar directamente los vagones de ferrocarril, la diferencia de productividad es insignificante. La aparición de grúas eléctricas a bordo de los buques da todavía más fuerza a este argumento. El reforzamiento del borde de los muelles que requiere la utilización de grúas en los muelles, y la instalación de las vías y el equipo eléctrico que estas necesitan representan gastos adicionales que deberían evitarse de ser posible.

La visión tradicional del bosque de brazos de grúas ya no es la más adecuada para un grupo de puestos de atraque de carga fraccionada; más adecuada sería la de una explanada despejada y bien pavimentada que permita acelerar las operaciones de traslación. Sólo cuando se prevea un volumen considerable y constante de cargas pesadas estarán justificadas las grúas de muelle montadas sobre carriles.

Si no se instalan grúas de muelle de tipo corriente, montadas sobre carriles, se necesitará un pequeño número de grúas móviles -- con neumáticos para levantar los objetos pesados, entre ellos los contenedores transportados en cubierta, que inevitablemente llegarán al puerto. Por lo general, esas grúas especiales sólo se necesitan durante una fracción de tiempo de servicio del buque, y bastará con un pequeño número de unidades, normalmente una por cada puesto o por cada dos puestos. Cuando no sean necesarias podrán sumarse a las grúas móviles que se utilizan en las zonas de almacenamiento al aire libre. Esas pesadas grúas móviles, dotadas de altas torres para el trabajo en los buques, son por lo menos tan caras como las grúas de muelle de tipo corriente, pero son de un empleo mucho más flexible. Ver figura V-14.

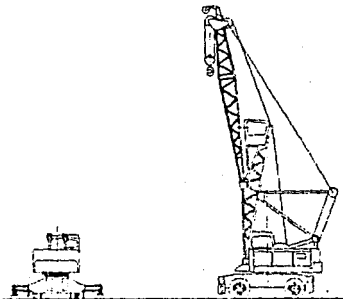


FIGURA V-14. GRUA DE TORRE MOVIL EN EL MUELLE

Equipo Móvil.

Quando en las operaciones con carga fraccionada de tipo corriente se utilizan los métodos tradicionales de manipulación, el equipo que se asigna a la traslación de la carga desde el muelle y hasta el muelle a menudo resulta insuficiente para que las operaciones de traslación se realicen al mismo ritmo que la elevación de las cargas desde la bodega del buque o hasta ella. Este hecho lo demuestra el espectáculo frecuente de una grúa o puntal de carga inmóviles en espera de que se enganche o desenganche una carga. Así pues, muchas veces el método más efectivo para aumentar la productividad de la manutención del buque será planificar cuidadosamente la operación de traslación asignándole el equipo necesario.

La estimación de las necesidades de equipo debe basarse en la experiencia del tipo de operación propuesto. Una vez estimadas las necesidades de equipo deben incluirse en la propuesta de inversión; junto con las estimaciones relativas al equipo de reserva, las piezas de repuesto y los servicios de conservación. No hay que tratar de hacer economías en esta esfera, ya que la falta del equipo adecuado comprometería el éxito económico y financiero de toda la inversión.

En los últimos años ha aumentado la cantidad de equipo mecánico de manutención necesario en cada puesto de atraque, debido a la mayor variedad de clases de carga, en particular el aumento de las cargas paletizadas, y al número creciente de contenedores y de cargas pesadas transportadas prácticamente en todas las rutas al tiempo que sigue activo el transporte de carga fraccionada tradicional.

En el plan de operaciones portuario debe describirse el modo de descargar y cargar los buques, cómo habrá de efectuarse la traslación de las mercancías hasta el costado del buque y viceversa, y cómo deben apilarse esas mercancías en los tinglados y en las zonas de almacenamiento al aire libre. El equipo y la disposición de las instalaciones ha de basarse en ese plan de operaciones.

Sin embargo, cuando se trata de planificar un puesto de atraque de carga fraccionada muchas veces resulta difícil prever con precisión las proporciones de los distintos tráficos. En este caso puede adoptarse una política normalizada de equipamiento conforme a los criterios que se exponen a continuación.

Los tipos de equipo necesarios para cada parte de la operación son:

a) Carga y descarga:

Quando el aparejo del buque es adecuado: ninguno;

Para contenedores y cargas pesadas: grúas de torre móviles al costado del buque.

b) Traslación entre el muelle y las zonas de almacenamiento:

Carretilla de horquilla elevadora; o
Combinación de tractor y remolque.

La combinación de tractor y remolque puede utilizarse de muchas maneras, según la distancia de traslación y el tiempo que el tractor esté inmóvil junto al buque o en la zona de apilamiento si sigue acoplado al remolque. En principio el tractor debería desengancharse a ambos extremos del recorrido, y trabajar con tres remolques (uno cargándose, otro descargándose y un tercero a remolque). A menudo esto es difícil de realizar y debido a que el mejor método de traslación puede ser ya tirar de un solo remolque, ya de un tren de dos o tres remolques, la planificación exacta resulta difícil. Un promedio global para los métodos de trabajo se situaría alrededor de los dos tractores y ocho remolques por cuadrilla.

- c) Apilamiento y clasificación en el tinglado o en las zonas al aire libre, y entrega a partir de esas zonas:

Carretilla de horquilla elevadora; o
Grúa de patio móvil.

Es improbable que haya que tomar decisiones sobre el equipamiento para un único puesto de atraque aislado, ya que prever todas las posibilidades resultaría muy costoso. Es preferible planificar el equipo de grupos de puestos de atraque —por ejemplo, tres a la vez— asignando diariamente, según haga falta, la reserva de equipo común a los tres puestos de atraque. Para el grupo de tres puestos de atraque que se muestra en la figura V-7, el siguiente equipo debería bastar para diez cuadrillas:

- a) Para cuatro cuadrillas que trabajan entre los puntales de carga de los buques y las carretillas de horquilla elevadora:

12 carretillas de horquilla elevadora.

- b) Para cuatro cuadrillas que trabajan entre los puntales de carga de los buques y los tractores con remolque:

8 tractores;

32 remolques.

- c) Para dos cuadrillas que trabajan entre las grúas móviles y los tractores con remolques:

2 grúas de torre móviles;

4 tractores;

16 remolques.

- d) Para las operaciones en tinglados de tránsito y en zonas de almacenamiento al aire libre:

8 carretillas de horquilla elevadora;

4 grúas de patio móviles.

Seguidamente debería reforzarse el equipo de los tres puestos de atraque con material de reserva para caso de avería y para operaciones preventivas de conservación en la forma siguiente:

Grúas móviles	20%
(pero, en cualquier caso, habrá que prever a menudo una grúa de repuesto)	
Carretillas de horquilla elevadora	25%
Tractores	20%
Remolques	5%

Esto representa un equipo total para los tres puestos de atraque de:

Grúas de torre móviles de 20 toneladas	3
Grúas de patio móviles de 10 toneladas	5
Carretillas de horquilla elevadora	25
Tractores	15
Remolques	50

Este equipo puede aumentarse o disminuirse según el número de cuadrillas previsto en el plan de operaciones para la zona del puerto. A falta de estadísticas locales de explosión, puede tomarse el siguiente número de cuadrillas a los efectos de planificación:

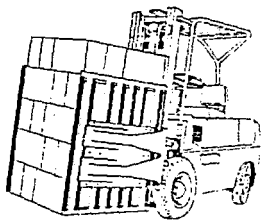
Buques de altura	3 cuadrillas, en ocasiones, 4 (promedio: 3 1/3)
Buques más pequeños de cabotaje y de travesía corta	1 ó 2 cuadrillas (promedio: 1½)

Accesorios para la manipulación.

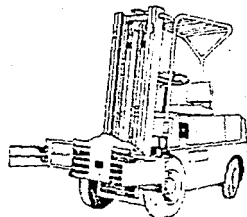
La gama adecuada de accesorios que se precisa para la manipulación de la carga no puede especificarse exactamente hasta conocer la composición detallada del tráfico. A fin de disponer de fondos para su compra durante la puesta en servicio de las nuevas instalaciones y una vez que estén funcionando, es preciso prever en el presupuesto del proyecto una consignación al efecto. De no hacerse así, puede haber retrasos en la obtención de la autorización para efectuar compras de importancia, lo que puede afectar seriamente al funcionamiento de las nuevas instalaciones.

La figura V-15 muestra algunos de los accesorios que pueden necesitarse para el trabajo con carretillas de horquilla elevadora. Las grúas móviles necesitan también toda una serie de aparejos de enganche, entre ellos bastidores de suspensión de contenedores y aparejos corrientes de carga y descarga. Una partida que convendría incluir en el presupuesto del proyecto es la relacionada con el número previsto de grúas y carretillas de horquilla elevadora, de la manera siguiente:

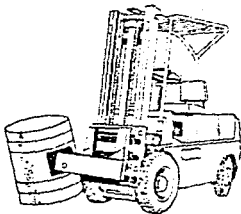
Equipo	Costo presupuestado de los accesorios en el porcentaje del precio de compra total
Grúa de torre móvil	10
Carretilla pesada de horquilla elevadora	15
Carretilla ligera de horquilla elevadora	25



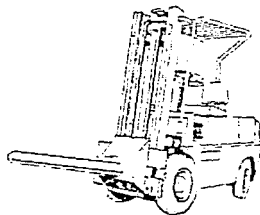
Pinza para cajas de carton



Pinza para balas



Pinza para bidones



Espolón

FIGURA V-15. EJEMPLOS DE COMPLEMENTOS PARA CARRETILLAS ELEVADORAS

INSTALACIONES AUXILIARES.

Los Servicios.

La operación de una terminal portuaria se complementa con los servicios como lo son el de agua potable para usos múltiples del barco, para lo cual es conveniente contar dentro del puerto con una red de distribución a los muelles, donde los barcos realizarán operaciones o una terminal especial dentro del área protegida del puerto en la cual puedan completar su dotación.

La terminal debe contar con otros servicios como lo es el incinerador, estación de bomberos, cafetería para los trabajadores, vestidores con regadera y servicio sanitario; puesto de primeros auxilios y ambulancias, y para las embarcaciones, el de avituallamiento.

En la terminal deben proporcionarse además servicios como el de limpia, recogiendo los desperdicios que se acumulen de los barcos y en las distintas áreas de la terminal, proporcionando la autoridad que la opera el equipo de limpia necesario. Asimismo se proporcionará servicios sanitarios en islas adecuadamente distribuidas en el recinto portuario, construyendo la red de aguas negras que las recoja para su tratamiento previo antes de ser vertidas en las bahías o en los ríos, para ser usadas nuevamente en servicios secundarios (riego de jardines, lavado de pisos, etc.).

El servicio telefónico es necesario para los representantes de los buques, como lo son los agentes navieros y los agentes aduanales o para las propias autoridades portuarias. Deben también proporcionarse servicios como el telegráfico, de radio, radiotelegráfico y otros que no necesariamente deben estar en la terminal de carga.

Es conveniente que exista en la terminal un cobertizo para guardar la maquinaria y el equipo, así como talleres para el mantenimiento y reparación del mismo.

No debe olvidarse que a veces llegan al puerto cargas peligrosas, para las cuales debe contarse con una bodega aislada que las contenga, en tanto son retiradas a su destino final.

Algunas terminales de carga general, que por alguna circunstancia ven disminuida su utilización permiten se den otras actividades, como la pesquera, que requiere de frigoríficos los cuales son aprovechados también para almacenar perecederos en importación o en exportación (carnes en canal, frutas, legumbres, etc.).

La administración del puerto se realiza desde un bloque de oficinas donde se establece la autoridad portuaria, mismas que quedan situadas en el perímetro del puerto o en sus inmediaciones. Su tamaño estará en función de la importancia que tengan las operaciones en la terminal.

VI. PUERTOS PESQUEROS.

El puerto pesquero ya no es un lugar en el que las mercancías se transfieren de un modo de transporte a otro. Es más bien una zona industrial en la que se descarga, se elabora y se comercializa el pescado y en la que se efectúan los trabajos de mantenimiento de la flota pesquera. Así pues, un puerto pesquero forma parte de la industria pesquera nacional más que del sistema de transportes del país. Un puerto pesquero moderno es un elemento importante para la promoción de la industria pesquera de un país.

Los puertos pesqueros presentan rasgos distintivos que condicionan los conceptos de planeación para ellos comparativamente con los que se podrían tener para el 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. Esto se significa 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 actividad pesquera en un determinado sitio, así por ejemplo hay lugares en que en la pesca del camarón los propietarios de los barcos son diferentes de los de las plantas encargadas de procesarlo; en otros los propietarios de las plantas son los mismos que los de los barcos y existe también una combinación de las situaciones anteriores.

FUNCIONES GENERALES.

Las funciones generales de un puerto pesquero pueden resumirse básicamente en dos, una que se refiere al soporte que debe dar a la flota que lo abastece de materia prima y la otra concerniente a su función como punto inicial de la cadena de comercialización.

En el primer caso el puerto pesquero debe ser concebido y equipado en términos de los distintos tipos de embarcación que llegarán a él como consecuencia de las formas de captura requeridas por las especies que se manejarán en el puerto. Este equipamiento incluirá no solamente aspectos relativos a los muelles y sistemas de descarga, avituallamiento, sino también para construcción, reparación y mantenimiento de embarcaciones y artes de pesca. El segundo aspecto está ligado al destino final que se le da a las distintas capturas manejadas en el puerto, de ahí que en un momento dado las áreas de

tierra adyacentes sirvan tanto para que se establezcan industrias de procesamiento como para que se cree un mercado distribuidor y regulador de productos pesqueros cuando estos se manejen en estado fresco y aun suponiendo que fueran a ser industrializados posteriormente.

Sobre estos conceptos vale la pena hacer nuevamente la aclaración que en el caso particular de nuestro país la segunda función se ha desarrollado más en términos de ubicar las plantas de procesamiento en áreas vecinas a los sitios de descarga que en integrar al puerto como tal y utilizarlo como un punto de regulación y control en la distribución de productos de la pesca. Sin embargo, en países con gran desarrollo en esta materia se concede una gran importancia a la función del puerto como "mercado de mayoreo" y centro de distribución de productos del mar.

VI-A. ELECCION DEL EMPLAZAMIENTO.

Los factores de planeación de un puerto pesquero los dividiremos en forma convencional, como en el caso de los puertos en general en factores geográficos y físicos y factores económicos.

FACTORES GEOGRAFICOS Y FISICOS.

La ubicación física de un puerto pesquero como cualquier instalación portuaria está condicionada a consideraciones de tipo económico y en particular en este caso en consideraciones de tipo biológico. Sin embargo partiendo del supuesto de que tales factores determinaran 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 comerciales debido a las características de las embarcaciones pesqueras, las cuales requieren menos profundidad y consecuentemente también menores dimensiones para operar. Por otro lado, es frecuente que trate de buscarse, aprovechándose estas menores restricciones impuestas por la embarcación, el usar rasgos morfológicos de la costa para reducir las inversiones que en un momento dado se requirieran en materia de obras de protección contra la acción del oleaje principalmente.

En el lado de tierra la necesidad de contar con terrenos suficientes no inundables con buenas comunicaciones terrestres o para establecerlas aparte de las perspectivas de fácil obtención de infraestructura general como agua potable y electrificación son también factores físicos que influyen sobre los posibles sitios de ubicación.

FACTORES ECONOMICOS.

Estos factores, aunque con frecuencia se hallan relacionados directamente

te con los geográficos, comprenden aspectos tales como las áreas de pesca, - que nos determinarán la clase, número de embarcaciones y el volumen de los - desembarques; las zonas de comercialización y las disponibilidades de terreno existentes.

Áreas de pesca.

El estudio de este factor constituye una fase importante en la ubicación de la nueva terminal, ya que afecta directamente a las embarcaciones -- pesqueras que actúan en aguas cercanas al puerto. Además, la construcción de un puerto pesquero debe estar justificada en la vecindad de las zonas pesqueras locales. Esto significa que se podrá dedicar más tiempo a la pesca y mejorarse la calidad del producto. Se han dado casos de ciertos puertos, que -- habiéndose establecido inicialmente para una determinada flota, ésta haya tenido que cambiar de lugar de desembarque por haber encontrado otros sitios -- que ofrecían mejores precios por sus capturas y sobre todo mayor eficacia en sus operaciones. Esto viene a demostrar el valor que tiene considerar la clase y número de barcos a los que se ha de servir, así como el volumen de los desembarques y las áreas de pesca, no solo por lo que respecta al presente, -- sino también previendo posibles evoluciones futuras.

Zonas de comercialización.

La distribución del producto dependerá del hecho de si va a ser destinado para su industrialización o si se distribuye fresco para consumo humano. -- 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 primer momento y al proyectar la construcción del mercado, cuales -- serían las posibles zonas de comercialización, así como la magnitud de la demanda a la que habrá que atender el mercado de venta al por mayor y sin perder de vista los medios de transporte de que se dispone.

Disponibilidad de terreno.

El problema de la disponibilidad del terreno puede ser tanto material -- como económico. Para la etapa de construcción no basta tener en cuenta el número de embarcaciones pesqueras ni el número y volumen de los desembarques -- que se espera se realicen cuando se acabe la construcción. Se deberá tener en cuenta también el desarrollo futuro de la industria pesquera en general. -- Se ha visto que en muchos casos, a lo largo de los años, las instalaciones y servicios resultan insuficientes para atender la demanda creciente de espacio, lo que ocasiona aglomeraciones. Este tipo de problema se presenta cuando debido al desarrollo de la industria y a la necesidad de aumentar la eficiencia del puerto y del mercado, hace falta la ampliación de las instalaciones y servicios en tierra como lo son las fábricas de hielo, cámaras frigoríficas

ficas, distintos centros de elaboración, estaciones de servicio, etc. Aunque podría ocurrir que la construcción de las distintas instalaciones hayan de hacerse por etapas de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando en el puerto.

VI-B. DETERMINACION DEL TIPO Y TAMAÑO DE LAS INSTALACIONES Y SERVICIOS.

Una vez seleccionado el lugar del mercado y de la terminal pesquera, el problema siguiente es el tipo de instalaciones y servicios que hacen falta.- Entre los factores principales que hay que tomar en cuenta tenemos tipos y número de barcos y de desembarques esperados, llegadas por tierra de los productos pesqueros, especies marinas y su forma de utilización y los métodos de venta. Hecho esto, se determinará la disposición de las instalaciones según sus funciones.

TIPO Y NUMERO DE BARCOS Y DE DESEMBARQUES ESPERADOS.

La capacidad de desembarque y los tipos de equipo necesarios variarán de acuerdo al tipo de embarcación que arribe al puerto, ya sea grande o pequeña, de vela o motorizada, o bien, según el número de desembarques 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, fabricas de elaboración, estaciones de suministro de combustible, talleres de reparación, apartaderos de ferrocarril y otras instalaciones y servicios.

En el cuadro VI-1, se presentan las principales características de las embarcaciones pesqueras de acuerdo a los tipos de captura.

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.

ESPECIES MARINAS Y SU FORMA DE UTILIZACION.

La forma en que se de salida a los productos pesqueros puede depender tanto del tipo de especies como del gusto de los consumidores, pues es posible que éstos prefieran cierta clase de productos elaborados. Por ejemplo, es posible que en cierto lugar, el camarón ocupe un lugar primordial en la preferencia de los consumidores, entonces las instalaciones estarán previstas exclusivamente para la manipulación y elaboración del camarón.

CUADRO VI-1

CARACTERÍSTICAS DE LAS EMBARCACIONES PESQUERAS

Tipos de Capturas

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 altamar por semanas. Posible tratamiento del producto por medio de plantas de congelación y refrigeración. Los barcos fábricas 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.

El esquema VI-1 muestra los diferentes métodos en el manejo de productos pesqueros.

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. (Ver esquema VI-2).

VI-C. DISPOSICION GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y SERVICIOS.

Una terminal pesquera debe de contar, además de sus obras de protección playeras, con instalaciones y servicios portuarios que le son propias e imprescindibles para sus operaciones, estas instalaciones van desde el muelle de desembarque que le servirán para la descarga de las capturas, hasta los talleres de reparaciones para el mantenimiento y compostura de los barcos. - Además deberá contar con un cobertizo para clasificar y pesar el producto, - con plantas de elaboración para procesamiento del mismo, con fábricas de hielo y cámaras frigoríficas para conservación y mantenimiento de la materia prima y con estaciones de suministro de combustible, para el avituallamiento de las embarcaciones.

La adecuada disposición de las distintas instalaciones se verá reflejada en la eficacia de las operaciones. Después que el producto se desembarque en el muelle, se clasifica y se pesa, posteriormente se hacen cargo de él -- los mayoristas, minoristas u otros, lo envasan y lo envían a distintos destinos. Estos destinos pueden ser las tiendas de los vendedores, las cámaras frigoríficas, las fábricas de elaboración y frecuentemente otras ciudades -- donde se envía por carretera o ferrocarril para su venta ulterior. La disposición de las distintas instalaciones se deberá planear de tal manera que el producto pase fácilmente desde la fase de desembarque al momento de su empaque o elaboración en un tiempo mínimo y sin dificultades. No siempre es fácil encontrar la disposición ideal, ya que el espacio del que se dispone frecuentemente es limitado y la formación del terreno no puede permitir un mejor acomodo, por lo que será necesario adaptarse a las disponibilidades físicas.

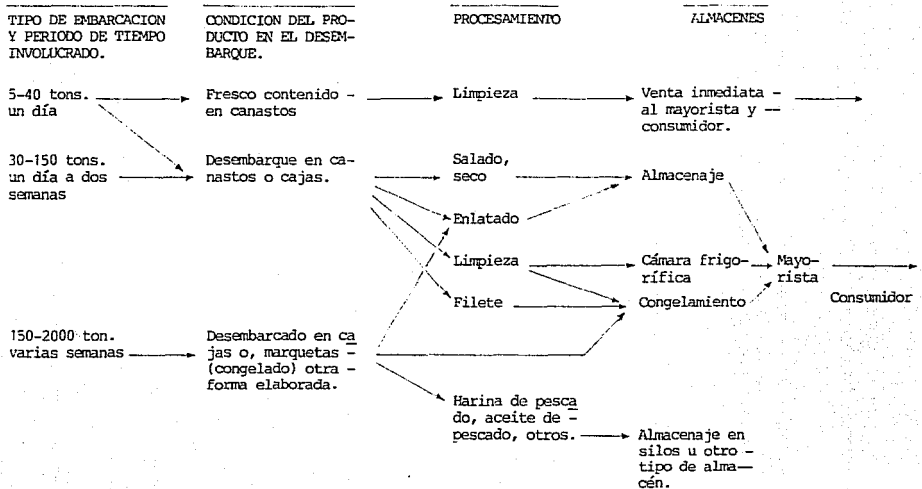
En la figura VI-1, se muestra un ejemplo de la disposición general de elementos que incluye una terminal pesquera.

MUELLE DE DESEMBARQUE.

Las instalaciones destinadas a la flota pesquera pueden consistir en un muelle o un malecón en aguas poco profundas, situado generalmente al extremo de las zonas normales de manipulación de la carga, o en una dársena especial. Esa separación es conveniente para evitar que el olor de pescado llegue al -

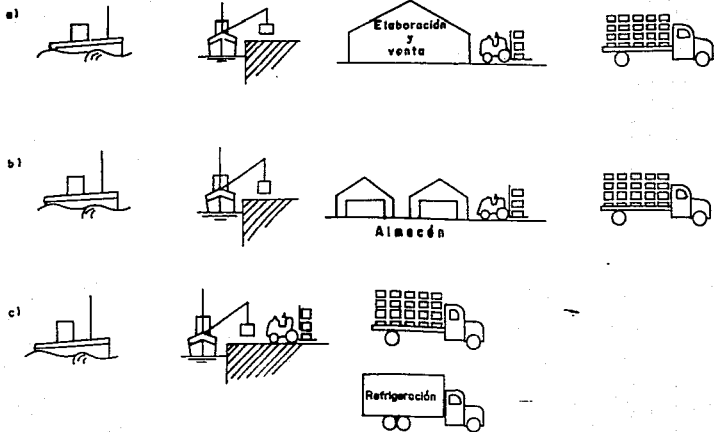
ESQUEMA VI-1

MÉTODOS DIFERENTES EN EL MANEJO DE PRODUCTOS PESQUEROS



ESQUEMA VI-2

PASOS EN EL TRASLADO DE LA CAPTURA AL MAYORISTA Y/O AL CONSUMIDOR



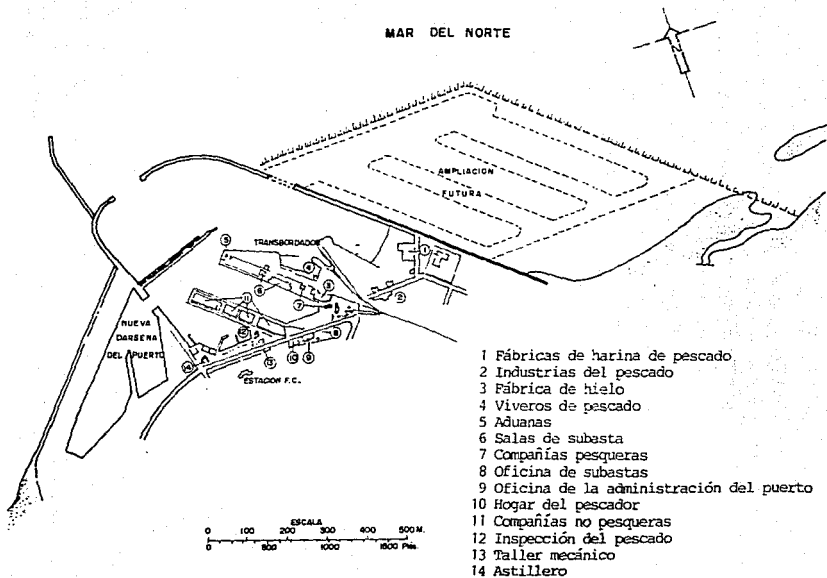


FIGURA V-1. TERMINAL PESQUERA DE HIRTSHALS (DINAMARCA)

puerto comercial. Si la actividad pesquera es más importante se necesita un lugar aparte y bien escogido. Si la flota de pesca es muy numerosa se necesita una gran superficie de agua protegida, así como una superficie considerable en tierra para las múltiples instalaciones necesarias.

Las embarcaciones de pesca locales suelen tener un calado máximo de dos metros, que puede ser hasta de tres metros y medio en el caso de los pesqueros de arrastre y de los buques de transporte de pescado. Los grandes pesqueros de arrastre para pesca de altura requieren puestos de arrastre con cuatro metros de calado. Basta con que la explanada del muelle tenga 6 metros de anchura, normalmente con un declive de 5%, hacia el borde del muelle, a fin de facilitar la limpieza.

Normalmente, la longitud del muelle de descarga deberá ser suficiente para que se puedan descargar por completo todas las unidades de la flota local durante el periodo de máxima actividad. Los factores que hay que considerar para determinar la longitud del muelle son:

- a) Promedio y número máximo de pesqueros que descargan al mismo tiempo;
- b) Longitud de muelle que cada pesquero necesita para la descarga;
- c) Volumen medio y máximo de las capturas descargadas por cada pesquero;
- d) Ritmo de descarga, incluido el tiempo que llevan los preparativos anteriores y posteriores a la descarga propiamente dicha;
- e) Tiempo disponible durante el día para la descarga.

Por razones de higiene y para mantener un alto nivel en la calidad del pescado, la operación de descarga debe realizarse con toda la rapidez posible. A veces será necesario utilizar grúas instaladas al borde del muelle, y en casos especiales pueden utilizarse sistemas neumáticos, correas transportadoras verticales y horizontales, montacargas de cubetas o bombas, o simplemente mano de obra y recipientes. En nuestro país la descarga del camarón emplea generalmente la mano de obra y los recipientes que en este caso se utilizan son los canastos.

Después de la descarga, los pesqueros quedan normalmente atracados en espiga o en atraque doble. El espacio de atraque necesario dependerá del número de pesqueros, de los periodos de máxima actividad, que vendrán determinados por las fiestas nacionales o las estaciones de pesca, y de la disponibilidad de fondeaderos.

COBERTIZO DE CLASIFICACION.

Se necesita un local cubierto, todo a lo largo del muelle, para lavar, clasificar, colocar en cajas, pesar, poner en hielo, comercializar, distribuir y posiblemente almacenar el pescado o el camarón según sus tamaños y especies. Este local comprenderá dos secciones, separadas la una de la otra por un ancho pasillo. La sección más cercana al mar, utilizada principalmen-

te para lavar el pescado, debe estar en declive hacia el mar, y puede tener ocho metros de ancho; la otra sección, utilizada para la clasificación y el embalaje del pescado, debe tener un ancho parecido y, en la parte de atrás, una plataforma para la carga de los camiones. Así pues, la anchura total de ese local debe ser de unos 25 metros.

El piso del local deberá tener una superficie antideslizante. También deberá haber agua corriente y electricidad para el alumbrado. A menudo hay dos redes separadas de distribución de agua, una para el agua dulce y otra para el agua salada, esta última con alta presión y gran caudal, para emplearla en la limpieza. La instalación eléctrica debe ajustarse a especificaciones especiales, debido a la humedad y agentes corrosivos del medio ambiente.

También se necesitan zonas al aire libre para secar y reparar las redes.

PLANTA CONGELADORA DE CAMARON.

Esta planta deberá de contar con una sala de empaque con su suficiente iluminación que en muchos casos se logra colocando un difusor en la losa del techo y que permite pasar la luz del día; tendrá espacio suficiente para fácil operación de la maquinaria, mesas de trabajo y transporte del camarón maquilado que previamente habrá pasado por la sala de congelación. Para el almacenaje temporal, el producto pasará posteriormente a la bodega de conservación del producto congelado (a -25°C .), cuyo tamaño variará de acuerdo a la capacidad de la planta.

En el área destinada a la sala de máquinas, deberán ubicarse los compresores y motores eléctricos que mantendrán el sistema de refrigeración continua. Se deberá de contar además del área para oficinas, un taller para reparaciones, un almacén para material del empaque y materias primas auxiliares, una ferretería, tanques de almacenamiento de agua y un patio de carga y descarga.

La planta podrá contar con su propia fábrica de hielo o en su defecto será necesario que haya cerca de ella, alguna que pueda proporcionar el hielo que sea necesario.

PLANTA ELABORADORA DE HARINA DE PESCADO.

Para la fábrica de harina de pescado se deberá destinar un edificio no muy alejado de la planta de insustrialización del producto. La recepción de materia prima debe situarse en el edificio, un depósito con una capacidad -- que se fijará previamente. La fábrica debe equiparse con una planta transformadora de desperdicios de pescado y con la planta generadora de vapor que sea necesaria. El tamaño de esta instalación variará en relación con la posibilidad de venta del producto.

PLANTA DE HIELO.

En el caso de la fábrica de hielo, debe estar cerca también a los demás edificios. La fábrica debe estar equipada con una planta productora de barras

de hielo de una capacidad determinada. Para el almacenamiento de las barras debe instalarse una bodega refrigerante de 0°C. y además deberá haber disponibles facilidades de abastecer a las embarcaciones con hielo, existiendo para esto el muelle de avituallamiento que sirve simplemente para aprovisionar a los barcos pesqueros con combustible, sal, redes, etc.

VARADEROS Y ZONAS DE REPARACION.

Deberá haber espacio abierto disponible para el secado de redes 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. Un varadero central puede ser usado para varar a las embarcaciones en carros que se deslizan sobre rieles; pequeñas camas o cunas laterales servirán para colocar las embarcaciones una en cada cama separada. El terreno destinado a reparaciones deberá estar cercano a la playa y que no interfiera en las operaciones portuarias.

TRANSPORTE INTERNO.

El transporte dentro de la terminal puede variar dependiendo de la importancia del puerto, ya sea medios manuales, o bien, que se utilicen medios mecánicos como vagonetas, carretillas, pequeños coches eléctricos, bandas transportadoras, etc. Por lo general, el transporte se encuentra más mecanizado en las terminales pesqueras donde las fábricas de elaboración están muy perfeccionadas.

TRANSPORTE EXTERNO.

El envío de los productos pesqueros a otras entidades puede hacerse por ferrocarril, por carretera y a veces por barco dependiendo de la disponibilidad de las instalaciones y servicios de transporte externo. Es muy común el uso de camiones refrigerados para el transporte por carretera.

CALLES.

En el plano de posiciones del proyecto se debe apreciar la ubicación y dirección de las calles. El ancho del carril para el tráfico deberá ser amplio, pues en una zona industrial de esta clase tiene que contarse con tráfico tranquilo para la carga y descarga de los vehículos. Las aceras a cada lado de la calle deberán ser también amplias.

SERVICIOS.

a) Abastecimiento de combustible.- La instalación para el abastecimiento de combustible deberá estar situada en el muelle o en la zona del puerto.

b) Agua potable.- Para abastecer de agua a los barcos se deberá disponer a lo largo del atracadero tomas en forma tal que esté lo más próximo a las embarcaciones. Las tomas tendrán medidor y se podrán abastecer de la red de la ciudad o bien de pozos perforados especialmente para tal servicio. Ade

más deberá tomarse en cuenta el suministro de agua para la industrialización de los productos pesqueros, el lavado de los salones de trabajo y la fabricación de las barras de hielo. La tubería de agua potable deberá diseñarse de acuerdo a la demanda establecida por las diferentes instalaciones industriales.

c) Energía eléctrica.- Deberá existir tomas de energía eléctrica en el muelle de acuerdo a las necesidades establecidas por las distintas instalaciones. En general, los barcos mantienen funcionando sus máquinas que les proporcionan energía eléctrica necesaria para el alumbrado y operación de su equipo.

d) Equipo contra incendio.- Es un servicio indispensable y debe existir en los muelles, independiente de la población. Su organización debe ser cuidadosa y su inspección constante. Estos equipos constan esencialmente de extinguidores distribuidos adecuadamente a lo largo del muelle. Deberá haber torres con extinguidores y mangueras para combatir incendios en partes altas. Además deberán existir embarcaciones dotadas de extinguidores y bombas de presión que tomarán el agua directamente del mar.

e) Drenaje.- Es indispensable que la red de drenaje se realice por el sistema separado, pues de otra manera el sistema se recargaría innecesariamente con cantidades de agua de industrialización que serían enviadas al mar sin recibir tratamiento. Para el análisis de las dimensiones y pendientes de los conductos, deberá tenerse en cuenta el gasto aportado por las instalaciones industriales.

f) Servicios varios.- Estos servicios pueden ser las salas de descanso, duchas, restaurantes, servicios médicos de urgencia, círculos y salas de reunión para pescadores; este tipo de servicios públicos pueden ser proporcionados por las empresas privadas para sus empleados.

VII. PUERTOS TURÍSTICOS.

Los motivos por los cuales se realizan los estudios de factibilidad técnica y económica que originan el nacimiento de un puerto turístico son esencialmente, la conveniencia de realizar y promover los proyectos que incrementen la corriente turística hacia un país. Esto dentro de un contexto del desarrollo turístico regional y nacional, para lo cual se deberá proporcionar un marco de referencia socio-económico de la zona, a través de las características fisiográficas y climatológicas, asentamientos humanos y demografía, actividades económicas, infraestructura y servicios generales, así como los usuarios potenciales del proyecto. Se define el área de influencia geográfica y económica del puerto.

Con apoyo en los estudios antes mencionados y de acuerdo con el pliego de requisitos y especificaciones proporcionado por el organismo gubernamental correspondiente (en México, la Dirección de Obras Marítimas) se procede a continuar el análisis.

- Análisis del mercado.

Se determina la demanda actual del proyecto así como la proyección durante el horizonte económico. Para ello se analizan el desarrollo de otras actividades que tengan relación con el proyecto, las características de las embarcaciones, tipos de flujo o idiosincrasia del usuario.

- Análisis de alternativas de planeación física.

Se selecciona la mejor alternativa del puerto turístico, así como su concepción y características. Para ello se revisan y complementan los estudios físicos existentes, como son la topobatimetría y tenencia, así como el oleaje, la marea, el transporte playero, etc.

VII-A. ELECCION DEL EMPLAZAMIENTO.

La elección del sitio en que se desarrollará un puerto turístico es en general obedeciendo a las condiciones naturales del terreno, ya que se tiende a aprovechar sitios que presentan características de forma (como las bahías principalmente) y bellezas naturales que por sí solos proporcionan áreas estratégicas con aguas protegidas contra el oleaje, las mareas y la erosión playera. Es así como se logran importantes ahorros en la inversión, tanto en la construcción de los elementos de atraque y defensa y adecuación de áreas de navegación, como en el mantenimiento de los mismos.

Es en relación con la proyección de la demanda de servicios turísticos, el análisis de sensibilidad, riesgo o incertidumbre del proyecto en estudio que se considera pertinente o no su realización.

VII-B. ELEMENTOS Y SERVICIOS.

La construcción de un puerto turístico incluye una serie de instalaciones apropiadas para la mejor atención de los turistas.

Conjuntamente con la construcción de la Estación Marítima y de la Marina se requiere una infraestructura turística, la cual incluye una zona hotelera en las categorías apropiadas, cubriendo con esto las necesidades habitacionales de los turistas; asimismo es necesario una zona comercial, que será la fuente de abastecimiento del turista, tanto por lo que se refiere a alimentos y bebidas, alimentos preparados (restaurants y bares), así como refacciones para las embarcaciones, equipos deportivos, regalos, etc.

Esta afluencia turística exigirá una zona recreativa, para su esparcimiento incluyendo instalaciones como centros nocturnos, cafeterías, cines, centros deportivos y clubs deportivos. También se involucran servicios, los cuales deberán permitir al turista mantenerse comunicado con su residencia, a través de servicios del tipo de teléfono, telégrafo, correo y otros.

La construcción de este centro turístico exigirá una infraestructura de comunicación, con respecto a las poblaciones más próximas, tanto por lo que se refiere a su propio desarrollo como a que dichas poblaciones serán sus fuentes de abastecimiento de alimentos, combustible, agua, luz, etc.

Esta infraestructura también deberá incluir la urbanización de la zona, introduciendo los servicios municipales requeridos por el desarrollo, incluyendo agua, drenaje, calles, pavimento, luz y demás servicios. (Ver tabla --VII-1).

ESTACIONES MARITIMAS.

Desde hace algunos años se tiende a utilizar para el transporte de pasajeros buques de tipo crucero, cuyo tamaño tiende más a disminuir que a aumentar. El tonelaje medio de los buques de crucero es actualmente de unas 20,000 toneladas brutas, pero es probable que disminuya hasta 10,000 ó 12,000 toneladas. Los buques de crucero tienen menos de ocho metros de calado, están dotados de un equipo especial que les permite maniobrar sin peligro en un espacio limitado, y generalmente tienen cabida para unos 1000 pasajeros. La mayor parte de las unidades encargadas son buques mixtos transbordadores para pasaje y automóviles.

Los buques de pasaje pueden utilizar muelles de carga general provistos de algunas instalaciones especiales. Por ejemplo, el segundo piso de un tinglado de tránsito se puede utilizar como terminal de pasajeros, con instalaciones para los servicios de aduanas, inmigración y sanidad. No obstante, la utilización de muelles de carga general por los buques de pasaje puede crear problemas, dada la prioridad que normalmente hay que dar a los buques de crucero y otros buques de línea para pasajeros, con el consiguiente trastorno de las operaciones de manutención de la carga. Para calcular el número de días de servicio disponibles para el tráfico de carga general que utiliza la terminal hay que tener en cuenta el tráfico de buques de pasaje. Cuando el tráfico de buques de pasaje o de crucero es considerable, conviene destinar

TABLA VII-1.
 AREAS DEL PROYECTO POR NECESIDADES

Zona	Necesidades	
Habitacional	Turística	Hoteles Categoría I Hoteles Categoría II Hoteles Categoría III
	Privada	Unifamiliar Multifamiliar Servicio
Comercial	Centros Comerciales Restaurantes y Bares Centros de diversión Tiendas	0.523 m ² /hab
	Servicios	0.081 m ² /hab
Deportivo Recreativo	Deportiva	0.8 m ² /hab
	Club de Yates	
	Club de Pesca	
	Club de Golf	
	Club de Tenis Clubs de Playa	
Marítima	Canales	
	Marina	
	Botaderos	
	Zona Naval Estación Marítima	
Areas Públicas	Jardines Públicos	1 m ² /hab
	Oficinas Públicas	0.2 m ² /hab
Cívico-Cultural Social Cultural	Auditorio	0.06 m ² /hab
	Plaza Cívica	0.2 m ² /hab
	Culturales	0.02 m ² /hab
	Clínica	0.03 m ² /hab
	Templos	0.04 m ² /hab
Vialidades	Avenidas Principales	
	Calles Principales	
	Calles Secundarias	
	Velódromo	
	Andadores	

a ese tráfico un puesto de atraque especial y exclusivo, o un fondeadero — bien resguardado y una flotilla de motoras. Esta solución es imposible cuando se trata de buques mixtos de pasaje y transbordo por rodadura.

Si la administración portuaria decide que se construya una estación marítima deberá tomar en consideración los siguientes puntos:

a) La estación deberá estar situada de forma que los atascos de tráfico perturben lo menos posible la entrada y salida de la carga en el puerto;

b) Harán falta zonas al aire libre y resguardadas para la carga que haya de transportarse;

c) Harán falta zonas de estacionamiento para los vehículos de transbordo por rodadura, si se ofrece ese servicio, y para los vehículos de las personas que vayan a recibir a los pasajeros;

d) El edificio de la estación estará dotado de instalaciones para diversos servicios y estará conectado con el buque de pasaje mediante pasarelas telescópicas;

e) Para los servicios de transbordo por rodadura hará falta una rampa — flotante o instalada en tierra.

Los movimientos de pasajeros y el tráfico de carga y de vehículos deberán estar separados. La estación tendrá probablemente varios pisos. Los locales destinados a tiendas, cambio de divisas, agencias de alquiler de automóviles, compañías navieras, oficina de información y salas de espera estarán situados en la planta baja. El primer piso se asignará a servicios y controles como los de aduanas, policía, equipaje, personal de explotación, compañía naviera, transitarios, correos y teléfonos. Los pisos superiores se reservan para restaurantes y cafeterías. La estación también tendrá rampas o ascensores para personas incapacitadas y para el traslado de equipajes de un piso a otro.

Para promover la utilización de la estación marítima las autoridades locales habrán de simplificar los trámites, con miras a facilitar el movimiento de pasajeros. También deberá haber puestos de control en número suficiente para evitar largas esperas a pasajeros y vehículos.

En las figuras VII-1, VII-2 y VII-3 se muestran algunos puertos terminales del mundo.

LAS MARINAS.

La Marina la definimos como un puerto o dársena artificial o natural para las embarcaciones recreativas, podemos ampliarlo un poco diciendo que la Marina también puede formar parte de un puerto comercial, y puede constituirse por una o más dársenas, y así decir que la Marina puede ser una dársena dentro del puerto comercial, o puede ser un puerto dentro de otro puerto.

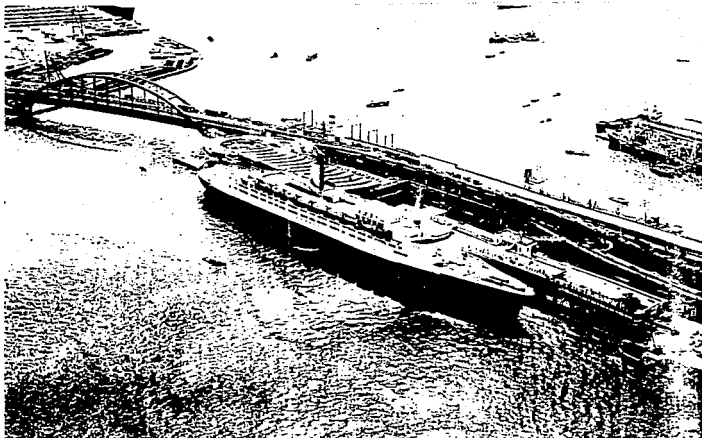
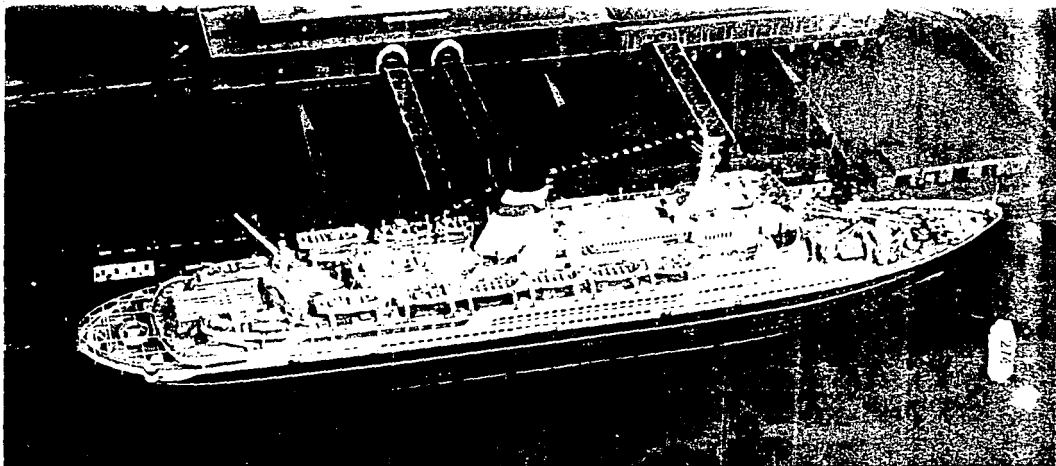


FIGURA VII-1. PUERTO TERMINAL DENTRO DE LA ZONA COMERCIAL DEL PUERTO DE KOBE, JAPON.



Si bien Londres es esencialmente un puerto carguero, también recibe y embarca pasajeros de líneas regulares y de cruceros. En la dársena Millwall se han construido facilidades de -- primera clase, para recibir los pasajeros de los cruceros Fred Olsen con destino a las Islas Canarias.

Cruceros arriban regularmente a los desembarcaderos de pasajeros en Tilbury. Las rápidas -- comunicaciones por tren entre Tilbury y el centro de Londres hacen del primero un sitio -- ideal para el tráfico de pasajeros.

FIGURA VII-2. PUERTO TERMINAL DENTRO DE LA DARSENA DE TILBURY EN EL PUERTO DE LONDRES, INGLATERRA

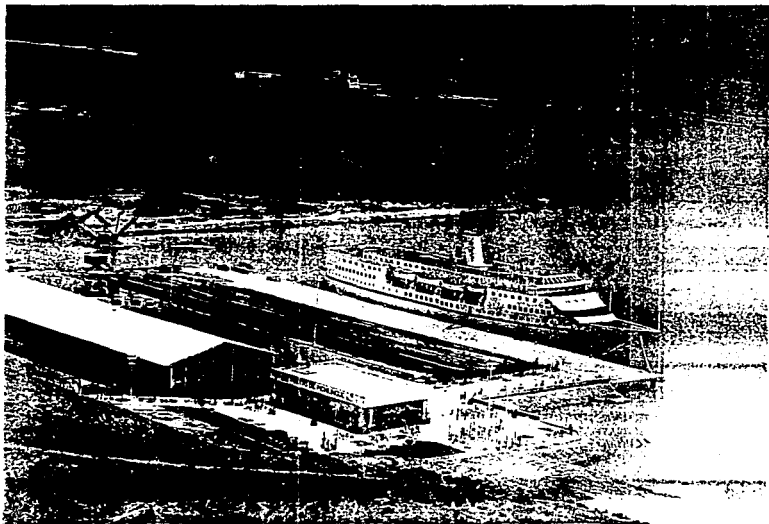


FIGURA VII-3. NUEVA TERMINAL TURISTICA EN EL PUERTO DE PICHILINGUE, B.C.S., MEXICO

Las marinas y las rutas de navegación recreativa deben apoyar y a su vez apoyarse en los centros turísticos y recreativos que se localizan a lo largo de los litorales, en las riberas de lagos, lagunas y represas, y los que en el futuro se creen; y sin olvidarse que a su vez deben formar un todo con los sistemas aeroportuarios y carreteros, y con otras regiones o centros turísticos que aún no cuenten entre sus atractivos el tener una área de agua para el desarrollo de actividades náuticas recreativas, deberán complementarse entre sí.

El Turismo que está ligado al sistema náutico en la actualidad, está compuesto por nacionales y extranjeros, los primeros son aquellos que poseen una embarcación en el lugar donde normalmente desarrollan sus actividades náuticas recreativas y los que la llevan a remolque su embarcación en sus desplazamientos hacia sus centros de recreación y finalmente los que alquilan las embarcaciones en los diferentes centros recreativos que cuentan con este servicio.

Los segundos son aquellos que llegan a un país por mar en sus embarcaciones y realizan una serie de recorridos por sus litorales, los que vienen en automóvil con su embarcación a remolque y aquí también, los que alquilan las embarcaciones para realizar las actividades náuticas recreativas propias del lugar.

En cualquiera de los casos, los turistas y las embarcaciones, requieren de lo que hemos llamado un sistema náutico-recreativo, que consta de dos partes fundamentales: el primero, de un subsistema de marinas, y el segundo de un subsistema de Rutas de Navegación Recreativa, se ha eliminado el decir turística, porque dentro del sistema náutico-recreativo, el turismo es una forma de recreación, y no se necesita ser turista para la práctica de toda la gama de actividades recreativas, ya que en un momento puede ser una práctica deportiva.

La Marina en principio es un concepto que se constituye por tres elementos: el primero un área o masa de agua, el segundo un área de tierra y el tercero de los elementos, los mecanismos para el intercambio de personas y accesorios de tierra a la embarcación o viceversa y el intercambio de las embarcaciones de tierra a agua o del agua a tierra, es decir abordar o desaboardar la embarcación y botar o sacar la embarcación recreativa.

Podemos decir que el área de agua más importante es la contigua al área de tierra y es la constituida por la dársena y que es pequeña con relación a la gran área de agua que será donde se realicen las actividades náuticas recreativas, que en forma breve diremos que son aquellas como la navegación, la competencia a vela, de motor, de remos, la pesca deportiva, el esquí acuático, el buceo., etc.

La dársena está constituida por el área de agua de la Marina, protegida del oleaje por medios artificiales o naturales y de ser posible o hasta donde sea posible de los vientos, y está compuesta por el canal de acceso y el perímetro de tierra que la rodea, que llamaremos malecón. Dentro de la dársena se localiza el muelle que sirve para embarcar o desembarcar a las persona

o tripulación de las embarcaciones y está ligada a tierra en el muelle.

En el muelle se localizan los elementos intercambiadores de las embarcaciones que pueden ser una rampa, un varadero o una grúa.

El área de tierra de la Marina en principio, contiene la vialidad peatonal y de vehículos que ingresan a la Marina así como los servicios municipales más importantes, el área de reparación y/o guardado de embarcaciones y el estacionamiento y puede ser complementado con un sinnúmero de servicios o instalaciones como zonas comerciales, restaurantes, zonas habitacionales, clubes, etc., y por supuesto del muelle.

A través del muelle las embarcaciones pueden ser proveídas de energía eléctrica, agua potable, combustibles y lubricantes y comunicación telefónica.

Descripción de La Marina.

Las dársenas por regla general están cercadas por el muelle por tres de sus lados, aunque virtualmente, en las grandes dársenas que cuentan con varias secciones da la impresión de solo tener un lado de tierra y tres de agua (ver figuras VII-4 y VII-5, dársena Quivira en Mission Bay, San Diego y Marina del Rey en los Angeles County).

La dársena es el lugar donde se sitúan los canales de distribución final ó de atraque y está delimitada por las zonas de muelles, a la dársena se le accede por regla general por un canal que puede ser el principal o uno distribuidor, en algunos casos es la dársena de ciaboga del puerto comercial la que la liga (como por ejemplo La Marina Berkeley dentro de la Bahía de San Francisco, figura VII-6). Podemos tener un canal de acceso y uno o más canales principales, o ser el canal de acceso, también el canal principal, esto es que no existe un diseño universal, la Ingeniería de Costa y el análisis de mercado, entre otros, será la que fije el diseño.

Los canales de distribución son ramificaciones del canal principal y son las encargadas de conducirnos a las diferentes modalidades o tipos de marinas.

En la dársena se localizan los muelles o atracaderos que están constituidos por los atracaderos en peine propiamente para servicio de las embarcaciones y perpendicular a ellas ligándolas está la pasarela principal, a este sistema así formado le llamaremos PEINE, que se une a tierra firme por escaleras (en caso de ser flotante) en el extremo interior, también pueden las pasarelas principales estar unidas en el extremo interior por otra pasarela perpendicular a ellas y que se le denomina marginal.

Los muelles fijos son por lo general de concreto y consta de una cubierta de tránsito de peatones y una estructura que la soporta que puede ser de pilotes o un pedraplén, puede ser también la cubierta de madera, con estructura de madera o de fierro.

MARINA QUIVIRA BASIN
MISSION BAY, SAN DIEGO

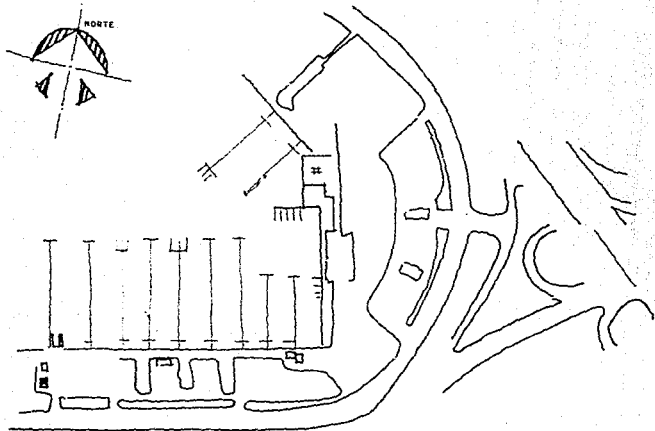


FIGURA VII-4.

279
LOS ANGELES COUNTY
MARINA DEL REY.

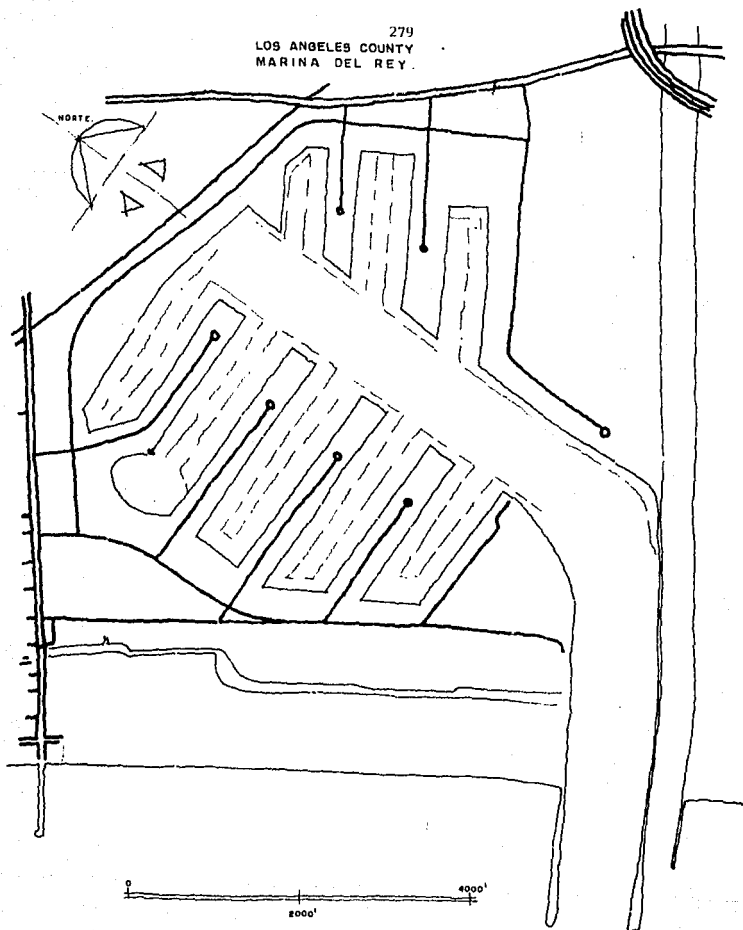


FIGURA VII-5.

280

BERKELEY MARINA
SAN FRANCISCO

NORTE

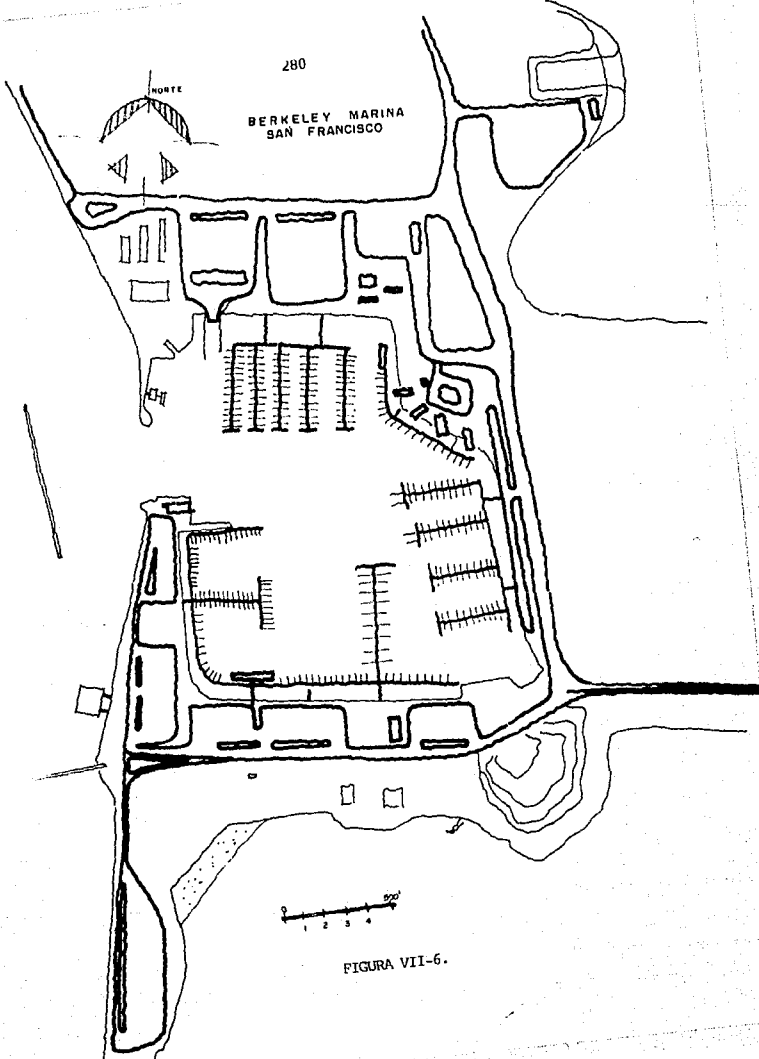


FIGURA VII-6.

Los muelles flotantes, también consta de una cubierta de madera por lo general, de diferentes tipos y su estructura de soporte son flotadores o pontones que pueden ser de hierro (hidones), pontones de fibra de vidrio (combinadas invertidas), flotadores de poliestireno reforzado con fibra de vidrio (sólido) y últimamente se utilizan elementos modulares de concreto donde cubierta y flotadores es una sola pieza, y en su interior esta relleno de espuma de poliestireno, se unen con un cercho perimetral de madera.

Los muelles atracaderos o peines que son el elemento que permite que pasajeros y avituallamiento pasen a las embarcaciones y viceversa, para su mejor operación cuentan con una serie de servicios e instalaciones: ductos de agua potable, energía eléctrica, combustible (en algunos casos), drenaje y teléfono (en casos muy sofisticados) para que las embarcaciones se conecten a estas, sistemas de defensas para proteger embarcación y muelles del golpe, cornamusas de amarre, lámparas de iluminación nocturna y recipientes para tirar basura o leckers, y equipo contra incendios.

Otros elementos que pueden incluirse en las áreas de tierra pueden ser las playas para nadar, las de días de campo, acuarios, etc. También en el área de agua no hay que olvidar la zona para velear de principiantes, las pistas de agua para practicar el esquí acuático, paracaidismo, carreras de lanchas de motor y vela y zonas para fondear que por lo regular son para embarcaciones mayores y las de paso.

VIII. PUERTOS Y TERMINALES DE CARGA ESPECIALIZADA

VIII-A. TERMINAL DE CONTENEDORES.

EVOLUCION DE LOS BUQUES PORTACONTENEDORES.

Los buques portacontenedores se suelen clasificar por "generaciones", es decir, según las características típicas que corresponden a ciertas fases de la evolución de los contenedores y de la construcción de buques portacontenedores. En la tabla VIII-1 se indican las características principales de cada "generación". El TEU (twenty-foot equivalent unit o equivalente en mercancías de un contenedor de 20 pies) es la unidad normalmente utilizada para definir la capacidad de transporte de un buque portacontenedores; por lo tanto, un contenedor de 40 pies cuenta como dos TEU. Las principales dimensiones de los contenedores de acero de 20 pies y de 40 pies figuran en la tabla VIII-2. En la actualidad, el contenedor de 20 pies de longitud y 8 pies de altura ha sido sustituido en gran parte por la unidad de 8 pies y 6 pulgadas de altura y, tratándose de contenedores de 40 pies de longitud, hay una tendencia a utilizar unidades de 9 pies y de 9 pies y 6 pulgadas de altura.

TABLA VIII-1. CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS BUQUES PORTACONTENEDORES

	Capacidad de transporte (TEU)	TPM	Eslora (metros)	Manga (metros)	Calado (metros)
Buques portacontenedores de la "primera - generación"	750	14 000	180	25	9.0
Buques portacontenedores de la "segunda - generación"	1 500	30 000	225	29	11.5
Buques portacontenedores de la "tercera - generación"	2 500-3 000	40 000	275	32	12.5

A fin de mantener los costos de explotación a un nivel mínimo es preciso lograr una utilización máxima de esos grandes buques modernos. Así pues, se ha tendido a reducir el número de puertos de escala de los buques oceánicos y a introducir el sistema de los buques de enlace en los puertos con un volumen de tráfico menor. La finalidad de los buques de enlace es evitar que los buques portacontenedores de gran radio de acción tengan que hacer escalas adicionales lo que haría aumentar mucho el tiempo total en puerto. La capacidad de los buques de enlace varía entre 50 ó 75 TEU y 300 TEU.

La rápida expansión de los transportes por contenedores ha dado lugar a

TABLA VIII-2. PRINCIPALES DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES DE ACERO MAS CORRIENTES

Dimensiones	20' x 8' x 8"		20' x 8' x 8'6"		40' x 8' x 8'6"	
	Tubo ondulado	Tubo plano	Tubo ondulado	Tubo plano	Tubo ondulado	Tubo plano
Interior (en milímetros)						
Longitud	5 897	5 897	5 897	5 897	12 022	12 022
Anchura	2 352	2 352	2 352	2 352	2 352	2 352
Altura	2 246	2 221,5	2 395,5	2 371	2 395,5	2 371
Puerta (en milímetros)						
Anchura	2 340	2 340	2 340	2 340	2 340	2 340
Altura	2 137	2 137	2 280	2 280	2 280	2 280
Capacidad interior (en metros cúbicos)	31,5	30,8	33,2	32,9	67,7	67,0
Tara (en kilogramos) ...	2 230	2 260	2 300	2 330	4 050	4 100
Capacidad de apilamiento (contenedores)	9	9	9	9	9	9

la contenedorización de las últimas rutas importantes entre los países muy industrializados. Además se observa una tendencia creciente a la contenedorización de ciertos servicios especiales entre países desarrollados y países en desarrollo.

Son ejemplos de esa tendencia los servicios entre Europa y el Caribe, entre Europa y el Oriente Medio, entre Europa y África occidental, entre Europa y el Lejano Oriente, entre Europa y América del Sur, entre América del Norte y el Lejano Oriente, entre América del Norte y América del Sur y entre América del Norte y América Central. En general, los buques que se utilizan son buques de la "primera generación" o, en los trayectos más cortos, buques de enlace. Los problemas básicos de esos servicios son el desequilibrio del comercio y los problemas laborales causados por la disminución de la demanda de mano de obra.

Actualmente esos servicios de portacontenedores y otros servicios similares transportan una fracción del tráfico de carga general de líneas regulares entre países desarrollados y en desarrollo, pero en los puertos de los países desarrollados los servicios de contenedores manipulan ya entre el 70 y el 80% de la carga. Por lo tanto, las administraciones portuarias de los países en desarrollo deben tener en cuenta la evolución del comercio de sus países hacia la contenedorización y los profundos cambios en la planificación, gestión y explotación de los puertos que esa evolución lleva consigo. Así pues, el problema no es si deben o no adoptar la contenedorización, sino cuándo deben hacerlo.

Tanto el grupo de muelles de carga fraccionada como la terminal polivalente deben poder manipular contenedores, aunque, en el primer caso, los buques de línea sólo transporten un pequeño número de unidades, principalmente sobre cubierta. Esta parte del capítulo trata de las terminales especializa-

das de contenedores necesarias para el servicio de los buques portacontenedores celulares.

Normalmente, estos grandes buques no tocan en ningún puerto que no tenga una terminal especializada para contenedores que ofrezca servicios de un determinado nivel. Invirtiendo en la construcción de una terminal especializada, un puerto puede conseguir que los buques portacontenedores hagan escala en él, pero esta inversión no puede estar justificada desde el punto de vista financiero si no se garantiza un nivel de utilización satisfactorio. Para que la inversión esté justificada el movimiento de mercancías en contenedores debe ser de unos 50,000 TEU al año. Por debajo de ese nivel, es preciso tendrá que proporcionar servicios limitados a los buques portacontenedores de enlace, o adoptar el tipo de terminal polivalente de transición que se describe en un capítulo posterior.

PLANIFICACION Y ORGANIZACION.

Sería erróneo imaginar que la planificación, organización y explotación de una terminal de contenedores es una tarea sencilla. El esquema VIII-1 da una idea de los principales factores que han de tenerse en cuenta al planificar una terminal de contenedores, y se puede utilizar como lista para comprobar que no se ha pasado por alto ninguna de las cuestiones más importantes. La complejidad de ese tipo de terminal, junto con su novedad, exigen que el personal superior de explotación reciba una capacitación completa, con frecuencia en una terminal de contenedores eficaz y bien organizada.

PRODUCTIVIDAD.

Se han cometido errores de bulto al predecir la productividad de las terminales de contenedores. En el curso de sus investigaciones sobre el progreso tecnológico en la esfera del transporte marítimo y sus efectos en los puertos, la secretaría de la UNCTAD* comprobó que el movimiento medio de mercancías en una muestra de 21 puertos era de 442 contenedores por 24 horas de escala, cifra bastante inferior a las que se citan frecuentemente.

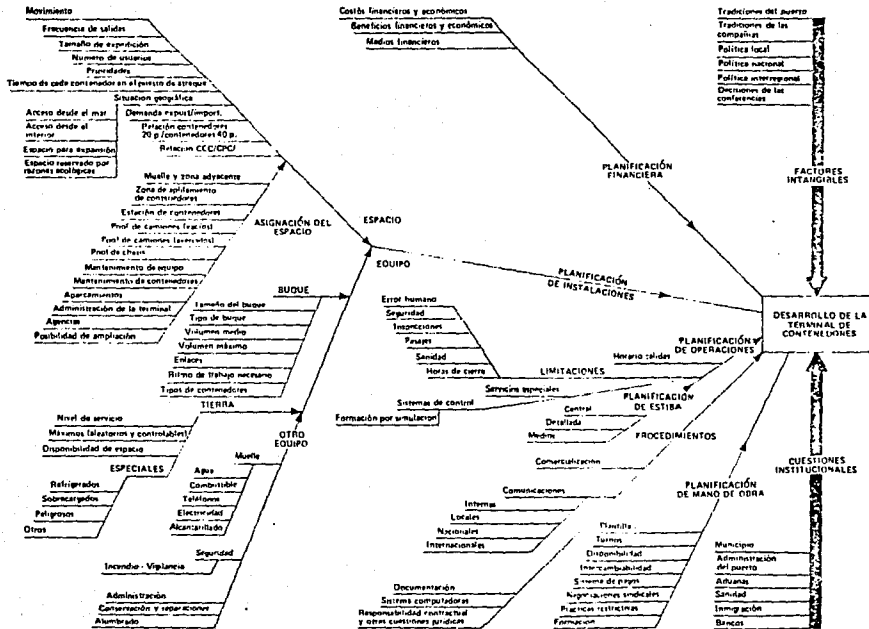
La productividad media por hora y buque, aun cuando abarque un período largo, varía considerablemente de una terminal a otra: entre 10 y 50 contenedores por hora, incluso tratándose del mismo buque celular atendido por dos grúas-pórtico, considerando el promedio de un período de 24 horas. Esta cifra indica el número de unidades cargadas o descargadas, y en ella se incluyen los tiempos muertos durante cada período de trabajo. El objetivo que se buscaba al principio, de que entrara un contenedor y saliera otro en un ciclo combinado, raramente se consigue en la actualidad, y no se trata siquiera de conseguirlo salvo por lapsos muy breves.

Conociendo la productividad horaria bruta se puede calcular la productividad diaria utilizando la relación entre el tiempo de trabajo y el tiempo de permanencia en el puesto de atraque. En el tiempo de trabajo se incluyen todos los tiempos muertos dentro del período de trabajo, como por ejemplo el tiempo perdido por una avería del equipo. Por lo tanto, en puertos que fun-

* Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

ESQUEMA VIII-1.

Organigrama de los factores que intervienen en la planificación de una terminal de contenedores



cionen 24 horas al día esta relación podría llegar al 100%. Sin embargo, hay diversas razones que impiden que los puertos consigan funcionar 24 horas al día y dicha relación varía generalmente entre un máximo de 95% y un mínimo de 40%. Evidentemente, esas variaciones de la intensidad de trabajo tienen un efecto considerable en el movimiento anual de mercancías de la terminal.

Las cifras relativas al movimiento de mercancías por 24 horas en la muestra mencionada anteriormente oscilaban entre un máximo de unos 750 contenedores y un mínimo de unos 225 contenedores. El movimiento medio de mercancías en esas terminales se aproximaba a 450 contenedores por 24 horas de escala. Dado que normalmente la mayoría de las terminales funcionan 24 horas al día y siete días por semana, el movimiento de mercancías típico a principios del decenio de 1970 se calculaba del modo siguiente:

Rendimiento medio por grúa-pórtico : 20 unidades por hora;
 Número de grúas-pórtico asignadas por término medio a cada buque: 2;
 Relación entre el tiempo de trabajo y el tiempo de permanencia en el muelle: 0.80.

Por lo tanto, según este método se obtienen las cifras siguientes:

Movimiento medio de mercancías
 por 24 horas = 24 (rendimiento medio por grúa) x (promedio de grúas --
 asignadas) x (relación tiempo de trabajo/tiempo en el muelle)
 = 24 (20x2) (0.80)
 = aproximadamente 770 contenedores.

En la práctica, el movimiento medio de mercancías en los puertos de la muestra era ligeramente inferior al 60% de esa cifra teórica. Evidentemente, las cifras que se utilizan en este cálculo son demasiado optimistas para fines de planificación y se deben usar otras más realistas cuando se calcule el tiempo de rotación de un buque para el análisis económico, especialmente si se considera que esta muestra corresponde a grandes terminales que reciben buques celulares de segunda y tercera generación y en las que se trabaja en tres turnos con dos grúas como promedio.

Entre los expertos en terminales de contenedores no hay muchos que duden que el rendimiento actual de las instalaciones de contenedores en todo el mundo dista de ser óptimo. Sin duda, parte de la dificultad procede del hecho de que hay un exceso de capacidad en el actual momento de recesión económica y de que se transportan menos mercancías por este sistema. Sin embargo, también se producen fallos de funcionamiento debidos a lo inadecuado de las decisiones de planificación, los procedimientos de explotación, los defectos del equipo o las políticas de mano de obra. Las causas principales de la ineficiencia de una terminal radican en el desequilibrio existente entre las capacidades de diversas partes del sistema de la terminal, que provoca una baja de la productividad horaria por grúa, y en las insuficiencias del sistema de transporte interior, que frecuentemente ocasionan largos períodos de inactividad.

En general, la capacidad instalada para carga y descarga de contenedores supera la capacidad de la terminal para la traslación, el apilamiento, el almacenamiento y la entrega. Esto se debe sobre todo a una subestimación de las distancias que habrán de cubrirse en la traslación y de la proporción de tiempo que el equipo estará fuera de servicio para su mantenimiento. Un estudio realizado en cuatro puertos del Reino Unido mostró que el porcentaje de tiempo en que las carretillas-pórtico estaban fuera de servicio a causa del mantenimiento llegaba por término medio casi al 30%. Esa cifra era aún mayor en los puertos con gran volumen de trabajo. Este hecho confirma de que para los países en desarrollo el sistema más económico de traslación es probablemente el empleo de tractores y remolques y que las carretillas-pórtico se deben considerar simplemente como una posibilidad para la operación de apilamiento.

SISTEMAS DE MANIPULACION DE CONTENEDORES.

Los cuatro sistemas de manipulación de contenedores que más corrientemente se utilizan hoy en día son el sistema de almacenamiento en remolques, el sistema de carretillas de horquilla elevadora de gran potencia, el sistema de carretillas-pórtico y el sistema de grúas-pórtico, pudiendo estar las grúas-pórtico montadas sobre raíles o sobre neumáticos. En algunas terminales también se pueden utilizar diversas combinaciones de estos tipos de equipo. A continuación se exponen las características esenciales de cada uno de estos sistemas. En la figura VII-1 se ilustra una panorámica general en actividad de los mismos.

1.- Sistema de almacenamiento en remolques.

Los contenedores de importación descargados de un buque por medio de una grúa se colocan en un remolque de carretera, que se lleva hasta el puesto que se le ha asignado en la zona de almacenamiento, donde permanece hasta que viene a recogerlo el tractor de carretera. Los remolques que transportan contenedores para la exportación se llevan a la zona de almacenamiento por medio de tractores de carretera y en su momento se remolcan hasta el buque utilizando el equipo del puerto. Evidentemente, esos contenedores no pueden apilarse y el sistema requiere una amplia zona de almacenamiento en tránsito (véase figura VIII-2). El suelo no requiere mucho afianzamiento dado lo limitado de la carga. Es un sistema muy eficiente porque cada contenedor está inmediatamente disponible para ser remolcado por un tractor, pero además de exigir mucho espacio también requiere miles de remolques, lo que supone un gasto considerable. Así pues, normalmente este método se utiliza sólo en el caso de que una empresa naviera proporcione los remolques y utilice un puesto de atraque alquilado o reservado, o tenga acceso a una zona especial para los remolques. Por esta razón el sistema de almacenamiento en remolque no es adecuado, en general, para las terminales destinadas a varios usuarios. Aproximadamente, para 2,000 TEU se necesita una zona de almacenamiento de contenedores de 100,000 m².

2.- Sistema de carretillas de horquilla elevadora.

Una carretilla de horquilla elevadora de gran potencia con una capacidad de 42 toneladas y un bastidor de suspensión elevado puede apilar conte

Hecho para trabajar en conjunto — un sistema del Finnport Team en un terminal de contenedores.



1 Una grúa portuaria de contenedores de capacidad de 40 toneladas en un puerto. Este tipo de grúas se diseñan de acuerdo a los requerimientos del cliente.



2 Un tractor con Sisu T-10AXT (4x4) con un remolcador de contenedores Sisu FC-4511 para jalar un contenedor de 40 pies.



4 Una carretilla elevadora Valmet T1-4012 de 40 toneladas equipada para mover un contenedor de 40 pies.



6 El marco estructural de Valmet para el manejo de contenedores de 40 pies en los muelles pasivos de Kópica y otros puertos.



3 Una carretilla para terminales Sisu TV-12AXT, con un remolcador de terminales Sisu FC-4511 para jalar un contenedor de 40 pies.



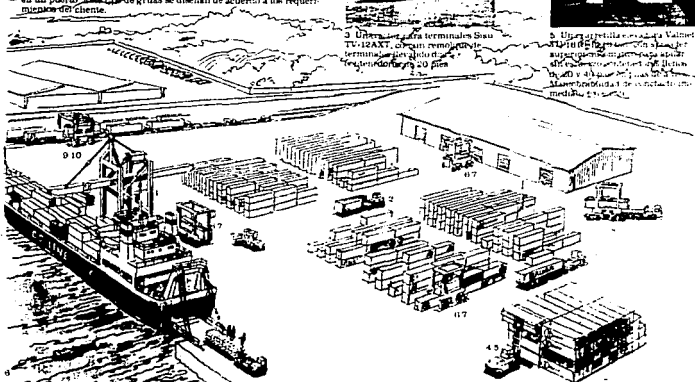
5 Una carretilla elevadora Valmet T1-4012 equipada para mover un contenedor de 40 pies.



7 Una apiladora de contenedores Valmet de 40 toneladas equipada para mover un contenedor de 40 pies.



8 Una grúa portuaria de 40 toneladas Valmet equipada para mover un contenedor de 40 pies.



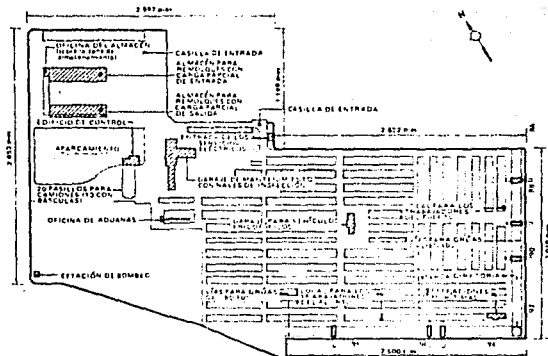
9 Una apiladora Valmet de 40 toneladas equipada con un grapple para el manejo de contenedores de 40 y 80 pies en los muelles pasivos.



10 Una grúa de Kópica montada sobre rieles para el manejo de contenedores de 40 y 80 pies en los muelles pasivos.

289
FIGURA VIII-2.

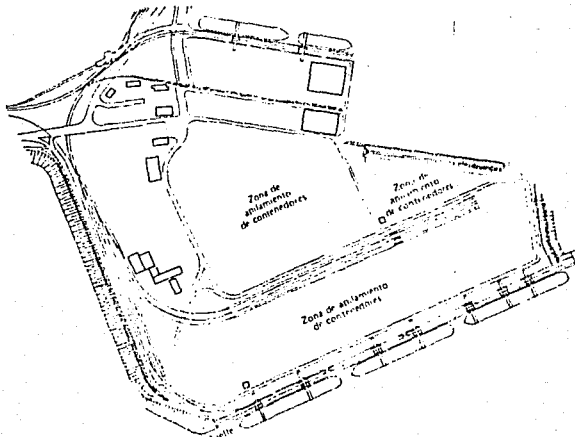
Ejemplo de disposición de una terminal de contenedores con almacenamiento en remolques



Plano general de la nueva terminal marítima y terrestre de Elizabeth, New Jersey (Estados Unidos).
(Espacio de aparcamiento para 3.750 contenedores de 35 pies y 2.498 contenedores de 40 pies.)

FIGURA VIII-3.

Ejemplo de disposición de una terminal de contenedores con carretillas-pórtico



nedores de 40 pies totalmente cargados en dos o tres capas, aunque la altura más frecuente de la pila es de dos contenedores. Puede utilizarse un bastidor de suspensión lateral para los contenedores de 20 pies, tanto cargados como vacíos, y para los contenedores de 40 pies vacíos. Los contenedores vacíos pueden apilarse en cuatro capas. Con ese sistema la carga que soporta el pavimento en la terminal es muy pesada y, por consiguiente, hay que prever un reforzamiento suficiente del suelo y del afirmado. En su mayoría, las administraciones portuarias y las empresas que se dedican a la manipulación de la carga tienen experiencia tanto en el funcionamiento como en el mantenimiento de las carretillas elevadoras. Con este sistema se pueden trasladar los contenedores desde el costado del buque hasta la zona de apilamiento, o también pueden utilizarse tractores con remolque, lo que reducirá el número de carretillas elevadoras necesario. La anchura típica de los pasillos en la zona de apilamiento es de 18 metros para las unidades de 40 pies y de 12 metros para las unidades de 20 pies. Como norma aproximada, para 2,000 TEU se necesitaría una zona de almacenamiento de 72,000 m², si el apilamiento se hace a una altura media de 1.5 contenedores.

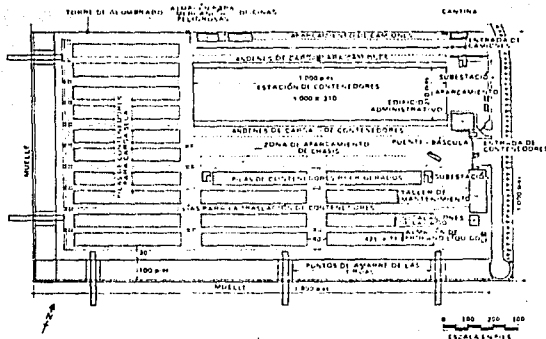
3.- Sistema de carretillas-pórtico.

En el momento actual el sistema de carretillas-pórtico es el sistema predominante. Las carretillas-pórtico pueden apilar los contenedores en dos o tres capas, moverlos entre la grúa de muelle y la zona de almacenamiento y cargarlos en los vehículos de carretera y descargarlos de éstos (véase la figura VIII-3). Sin embargo, en el pasado estas máquinas daban mal resultado por su falta de fiabilidad, su escasa visibilidad, el elevado costo de su mantenimiento y su corta vida útil. Las pérdidas por las juntas del sistema hidráulico y los derrames de aceite procedentes de tuberías estropeadas ponen las superficies muy resbaladizas, quiebran el pavimento asfáltico y obligan a pintar constantemente los números y líneas blancas, que son esenciales en las zonas de apilamiento. La seguridad exige que las carretillas-pórtico funcionen dentro de una zona restringida y que los trabajadores a pie no se acerquen a la zona de trabajo. El hecho de que, a pesar de esos inconvenientes, la carretilla-pórtico se utilice con tanta frecuencia da testimonio de su flexibilidad y capacidad para hacer frente a las demandas máximas. Además, se han introducido importantes mejoras en el diseño de las carretillas-pórtico; la mayoría de los defectos que se le reprochaban se debía a la falta de mantenimiento preventivo y al uso excesivo que de ellas se hacía para operaciones de traslación. Una variante de este sistema es utilizar unidades tractor-remolque para la traslación entre el muelle y la zona de almacenamiento, empleando las carretillas-pórtico solamente dentro de la zona de almacenamiento para apilar y seleccionar los contenedores. Aproximadamente se necesitan 6 carretillas-pórtico por cada grúa-pórtico que trabaje de buque a muelle. Para 2,000 TEU se necesita aproximadamente una zona de almacenamiento de 40,000 m² si las unidades se apilan en 1.5 capas, y de 30,000 m² si se apilan en 2 capas.

4.- Sistema de grúas-pórtico.

En este sistema los contenedores se apilan en la zona de almacenamiento por medio de grúas-pórtico montadas sobre raíles o sobre neumáticos -

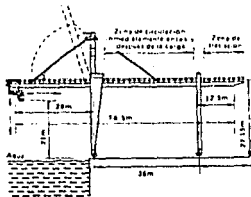
FIGURA VIII-4. EJEMPLO DE DISPOSICION DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES CON GRUAS-PÓRTICO



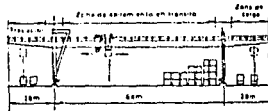
Disposición general del puerto de atraque N° 4 de Kwai Chung, Hong Kong

(véase la figura VIII-4). Las grúas sobre raíles pueden apilar los contenedores hasta en cinco capas (aunque normalmente los contenedores no se apilan en más de cuatro capas). Las grúas-pórtico montadas sobre neumáticos pueden apilar normalmente los contenedores en dos o tres capas. La traslación entre el muelle y la zona de almacenamiento se hace por medio de unidades tractor-remolque. Este sistema es económico en lo que respecta al espacio, ya que permite hacer pilas altas y se presta a diversos grados de automatización. Las grúas pórtico dan buenos resultados en cuanto a la seguridad, son robustas, sus costos de mantenimiento son bajos y tienen una vida útil larga en comparación con las carretillas-pórtico. Su uso es mucho menos flexible que el de las carretillas pórtico, pero en compensación las grúas-pórtico (especialmente las montadas sobre raíles) se prestan mejor a la automatización. A la larga, es probable que la necesidad de economizar el terreno se haga muy apremiante, lo que favorecerá al sistema de grúas-pórtico. Ese sistema es especialmente útil en los casos en que las exportaciones representan una fracción importante del tráfico total, pero quizá no sea el óptimo cuando las importaciones constituyen la mayor parte del tráfico. Esto se debe a que los contenedores de importación se tienen que sacar de forma irregular y como están apilados en varias capas hay que mover muchas unidades. Para 2,000 TEU se necesita aproximadamente una zona de almacenamiento de 16,000 m² si las unidades se apilan en 3.5 capas.

Las grúas-pórtico están especialmente indicadas para la manipulación de contenedores. Pueden levantar en voladizo cargas considerables, con dispositivos montados en ménsulas giratorias, que permiten depositar los contenedores directamente en una pila o en un vehículo (véase figura VIII-5). Son máquinas costosas. El planificador debe trazar las rutas de circulación de tal modo que no existan obstrucciones que obstaculicen el movimiento de las grúas.



A -- Grúa-pórtico para la carga y descarga de contenedores



B -- Grúa-pórtico para apilar y clasificar los contenedores y pasarlos a la grúa de carga

FIGURA VIII-5. TIPOS CORRIENTES DE GRUAS-PÓRTICO

También pueden utilizarse, en la zona de apilamiento de contenedores, grúas-pórtico móviles que combinan la movilidad de las carretillas-pórtico, aun siendo más lentas, con el gran alcance y altura de una grúa pórtico. Pueden ir montadas sobre neumáticos, lo que les permite moverse rápidamente para realizar otra tarea en un lugar diferente de la terminal. El peso del pórtico requiere pistas especiales, para no causar daños al pavimento de la terminal.

5.- Sistemas mixtos.

Con los sistemas mixtos se emplean el equipo más idóneo para cada operación determinada. Sin embargo, para que estos sistemas den resultado se necesita un sistema completo de información y una política rígida de explotación, junto con una gestión excelente. Por ejemplo, se utilizan carretillas-pórtico para extraer los distintos contenedores importados y colocarlos en los vehículos de carretera, pero se usan grúas-pórtico en el parque de contenedores para cargar los contenedores de exportación en el buque cuando es posible extraerlos directamente de una pila. Otro sistema mixto es el que utiliza carretillas-pórtico para apilar los contenedores llenos y carretillas elevadoras para los contenedores vacíos.

NECESIDADES DE ESPACIO.

La elección de los métodos de explotación y el equipo y, por lo tanto, de la superficie de terreno necesaria para una terminal de contenedores depende mucho del terreno de que se disponga en el lugar y de las condiciones del suelo. Si la terminal está situada lejos de las aglomeraciones urbanas y el suelo es abundante y barato, el sistema más económico puede ser el de almacenar los contenedores en una sola capa. Con este sistema no se necesita un equipo costoso para apilar los contenedores, pero las distancias de traslación de las mercancías pueden resultar largas, lo que hará necesario disponer de equipo de transporte adicional. Además, si se trata de un terreno recuperado al mar en el que el suelo es relativamente blando, este método de almacenamiento sin apilar es especialmente ventajoso puesto que no será necesario reforzar el suelo como lo sería si se utilizara equipo de apilamiento pesado. Por el contrario, si el terreno es escaso y costoso será necesario apilar los contenedores hasta la altura que permitan las condiciones físicas y las exigencias comerciales.

La falta de espacio para almacenar los contenedores también ha dificultado gravemente las operaciones. Es cierto que desde que se introdujo la contenedorización en las principales rutas se tiende a que en las terminales de contenedores las zonas de almacenamiento sean mayores, pero en muchas instalaciones planeadas todavía se subestima el espacio necesario. Hay que dejar espacio suficiente para las zonas de circulación y de maniobra, a fin de permitir el movimiento de los contenedores entre el buque y el muelle y entre la zona de almacenamiento y los transportes interiores, y para el estacionamiento de vehículos, los talleres de mantenimiento y los edificios administrativos.

El error más frecuente es suponer que siempre se puede conseguir la altura de apilamiento máxima. En la práctica la altura media de apilamiento es mucho menor, y depende de la frecuencia con que se cambien de posición los contenedores en la zona de almacenamiento y de la necesidad de clasificar y separar los contenedores según su destino, clase de peso, sentido en que se mueven llegada o salida, a veces según su tipo, y con frecuencia según la compañía o el servicio de transporte marítimo. Muchas veces también se pasa por alto la necesidad de espacio para almacenar las unidades vacías y los contenedores inservibles.

Otro grave error es creer que los contenedores pasan menos tiempo en la terminal que la carga fraccionada. En realidad, las mismas dificultades que detienen la carga fraccionada en el puerto tendrán con frecuencia un efecto similar sobre la carga en contenedores. En la práctica es corriente que los tiempos de tránsito para ambos tipos de carga sean muy parecidos. A continuación se indican los tiempos más frecuentes de demora de los contenedores, según datos recogidos de diversas terminales:

	Días
Contenedores con carga de importación	7
Contenedores con carga de exportación	5
Contenedores vacíos	20

Para la planificación de terminales de contenedores también son útiles unos diagramas de planificación similares a los que se recomiendan en el inciso C del capítulo V ("Las Instalaciones de Atraque, Número de puestos de atraque necesarios"). En dicha sección se indica el procedimiento para empleo de esos diagramas.

Quando se reserva espacio suficiente para la zona de almacenamiento de contenedores, la estación de contenedores, las zonas de clasificación y otras zonas administrativas para una terminal que funcione junto al muelle, tiene que haber obligatoriamente puestos de atraque suficientes para el tráfico. Por esa razón se calcula primero el espacio necesario para la terminal, y luego se comprueba si el número de puestos de atraque es suficiente.

El diagrama de planificación I relativo a una terminal de contenedores (véase el diagrama VIII-1) se utiliza para determinar la dimensión más importante de una terminal de contenedores: la de la zona de almacenamiento de los contenedores. Se inscribe en el diagrama de planificación el número de unidades equivalentes a un contenedor de 20 pies que pasarán por el muelle cada año. El planificador hace descender verticalmente una línea hasta el punto de inflexión en el que esta línea corta la línea que representa el tiempo medio que el contenedor pasa en tránsito en la terminal. A continuación, la línea sigue horizontalmente hacia la izquierda, hasta el próximo punto de inflexión determinado por la horizontal y la línea correspondiente a la superficie necesaria por TEU.

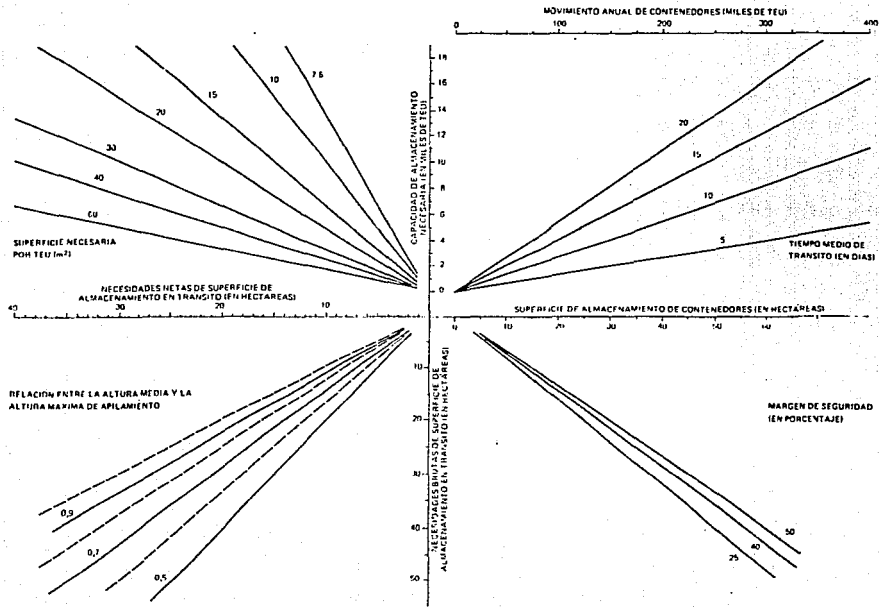
La superficie necesaria por TEU depende del tipo de equipo utilizado para manipular los contenedores y de los requisitos consiguientes en cuanto a acceso y altura máxima de apilamiento. Generalmente, las superficies necesarias son las siguientes:

	Altura de apilamiento (número de contenedores)	Metros cuadrados por TEU	
		Contenedor de 20 pies	Contenedor de 40 pies
Remolque	1	60	45
Carretilla elevadora .	1	60	80
	2	30	40
	3	20	27
Carretilla-pórtico ...	1		30
	2		15
	3		10
Grúa-pórtico	2		15
	3		10
	4		7.5

Luego el planificador hace descender nuevamente la línea hasta que corte la línea que representa la relación entre la altura media y la altura máxima de apilamiento de los contenedores. La altura media indica el nivel al que puede considerarse que prácticamente la zona de almacenamiento de conte-

DIAGRAMA VIII-1.

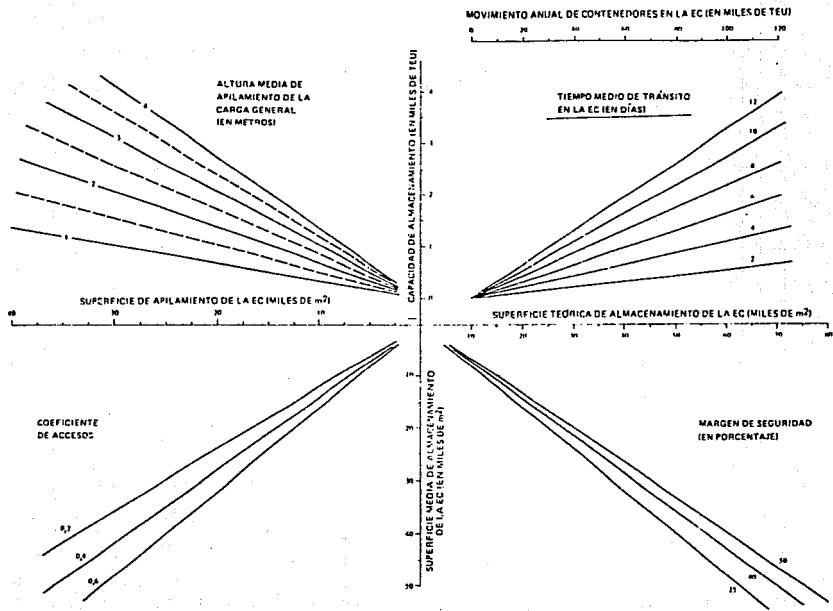
Terminal de contenedores — Diagrama de planificación I: zona de almacenamiento de contenedores



NOTA: 1 hectárea = 10000 m²

DIAGRAMA VIII-2.

Terminal de contenedores — Diagrama de planificación II: superficie de la estación de contenedores



nedores está llena. Por ejemplo, aunque una carretilla-pórtico puede apilar los contenedores en tres capas, no sería práctico apilar así los contenedores en toda la zona, ya que entonces resultaría imposible retirar contenedores individualmente. Así pues, hay que aplicar un factor de ajuste para tener en cuenta este hecho. A continuación, el planificador se desplaza horizontalmente hacia la derecha, hasta cortar la línea que representa el factor de seguridad de reserva de capacidad, factor que permitirá al parque hacer frente a las puntas de la demanda.

Finalmente, la línea sigue verticalmente hacia arriba, hasta cortar la línea que representa la superficie necesaria para el almacenamiento de contenedores. Las intersecciones de la trayectoria y de los ejes dan al planificador la información siguiente: capacidad necesaria en TEU, superficie neta de almacenamiento en tránsito necesaria, superficie bruta de almacenamiento en tránsito necesaria y superficie para el almacenamiento de contenedores. El diagrama se puede utilizar repetidamente para determinar las necesidades de superficie según se utilicen diferentes tipos de equipo de manutención a fin de encontrar la solución más económica dadas las condiciones locales.

A continuación, el planificador ha de calcular la superficie necesaria para la estación de contenedores (EC), que es la estructura utilizada para llenar y vaciar los contenedores y para consolidar y clasificar los envíos en la zona portuaria. Suponiendo que cada TEU que pase por la EC necesite un volumen de 29 m^3 , se puede determinar la superficie de almacenamiento de la EC utilizando el diagrama de planificación II (véase diagrama VIII-2). Se utilizan los siguientes puntos de inflexión: tiempo medio de tránsito de los envíos; altura media de apilamiento en la EC; coeficiente de accesos para tener en cuenta las zonas de circulación y operacionales en la EC; y margen de seguridad de capacidad de reserva para los periodos de demanda punta. Por ejemplo, una terminal en la que pasen anualmente por la EC del puerto 20,000 TEU, con un tiempo medio de tránsito de 10 días, una altura de apilamiento de 2 metros, un coeficiente de acceso de 0.4 y un margen de seguridad de 25%, necesitará una superficie de almacenamiento para la EC de $14,500 \text{ m}^2$. La estructura también deberá tener un alero ancho que ofrezca protección contra la intemperie en los andenes de carga de contenedores (véase figura VIII-6).

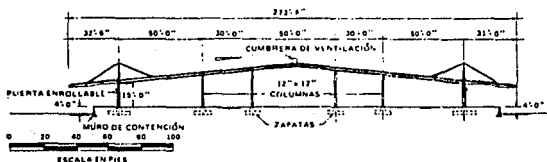


FIGURA VIII-6. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA ESTACIÓN DE CONTENEDORES

Como ya se ha dicho, además de las zonas de almacenamiento de contenedores y de la EC, la terminal necesita espacio para las zonas de clasificación, el aparcamiento de vehículos, los accesos por ferrocarril y carretera, las aduanas, los contenedores estropeados, los cargamentos refrigerados, el personal, la administración, los servicios de mantenimiento y el almacenamiento de mercancías peligrosas. Corrientemente, la superficie adicional necesaria por puesto de atraque puede ser de 20,000 ó 30,000 m².

OCUPACION DE LOS PUESTOS DE ATRAQUE EN LAS TERMINALES ESPECIALIZADAS.

Los muelles especializados, como por ejemplo las terminales de contenedores, pueden alcanzar un ritmo de manipulación de la carga cinco o incluso diez veces superior al de los muelles tradicionales. Además, la unitarización da como resultado una reducción considerable del número de escalas, al agruparse los servicios con envíos mayores por buque, lo que aumenta aún más la productividad por escala. Así pues, para la manutención de un volumen de carga determinado en forma unitarizada se necesitan menos puestos de atraque y será raro que una decisión de inversión con respecto a una terminal de contenedores comprenda más de dos puestos de atraque en la fase inicial. Por lo tanto, la tasa de ocupación de los puestos de atraque apropiada para mantener el tiempo de espera a un nivel aceptable será baja. El hecho de que los buques portacontenedores sean mucho más costosos que los buques de carga general hace aún más necesario minimizar el tiempo de espera. En el procedimiento de planificación que se indica a continuación, el efecto económico básico del tiempo de espera será un factor principal en la decisión de inversión, pero además habrá que tener en cuenta otros criterios.

En el caso de cualquier tipo de instalación especializada o avanzada, se tendrán en cuenta normalmente las tres circunstancias siguientes:

a) Si la tasa de ocupación de los puestos de atraque resultante ofrecerá el equilibrio adecuado entre los buques que esperan un puesto de atraque y los puestos de atraque que permanecen vacíos en espera de que los ocupe un buque;

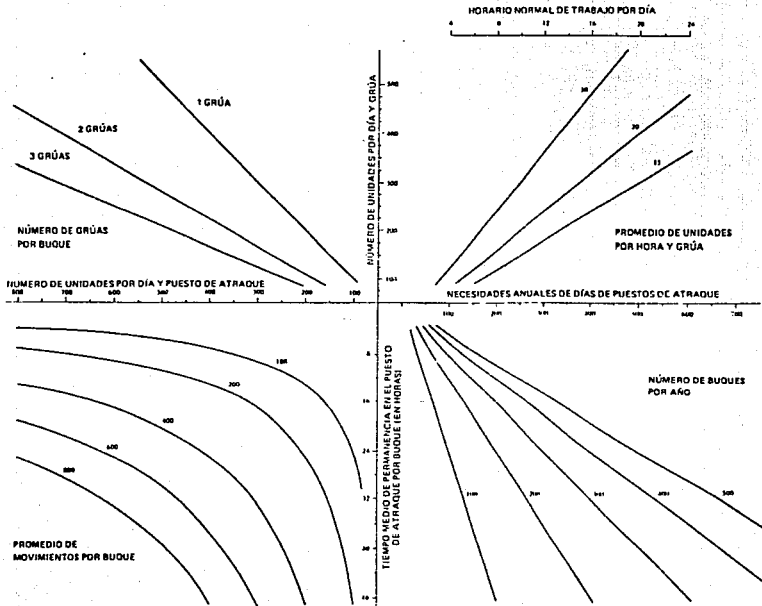
b) Si el tiempo medio de rotación de cada buque será satisfactorio para el usuario normal, independientemente de lo que esto signifique en lo que respecta a la utilización de los puestos de atraque;

c) Si existe suficiente reserva de capacidad para ofrecer un servicio satisfactorio al usuario excepcional, que es más exigente, y para dar bastantes garantías de que no se producirán congestiones en los períodos de tráfico excepcional.

Será necesario hacer cálculos del rendimiento para asegurarse de que se satisfacen las tres exigencias. Con frecuencia no se podrá satisfacer cada una de estas exigencias con una misma capacidad, por lo que en la práctica será necesario adoptar una solución intermedia. Para llegar a esa solución intermedia la administración del puerto tendrá que tomar con frecuencia una decisión empresarial dado que puede no haber una sola solución clara que esté justificada desde el punto de vista económico y al mismo tiempo ofrezca -

DIAGRAMA VIII-3.

Terminal de contenedores — Diagrama de planificación III: días de puerto de atraque que se requieren



un nivel de servicios que pueda satisfacer a los clientes. La autoridad responsable deberá estudiar estos riesgos de la inversión, para lo que el equipo de planificación le deberá presentar distintas propuestas que respondan a cada una de las tres exigencias, a fines de comparación. Esto será más útil para la autoridad que haya de adoptar la decisión que una sola propuesta que trate de satisfacer las tres exigencias.

El diagrama de planificación III de una terminal de contenedores (véase diagrama VIII-3) se utiliza para determinar las necesidades de puestos de atraque-día. El método utilizado es similar al empleado en los diagramas anteriores; se empieza con el horario normal de trabajo por día durante el que se trabajará con los buques mientras estén en la terminal y se utilizan los puntos de inflexión siguientes: promedio de unidades por hora y grúa, teniendo en cuenta el tiempo de inmovilización del equipo; número de grúas utilizadas por buque (coeficiente de eficacia de las grúas-pórtico: 1 grúa: 1.0; 2 grúas: 0.9; 3 grúas: 0.8); número medio de movimientos por buque y número de buques por año. La trayectoria da el promedio de unidades por día y grúa, el promedio de unidades por día y puesto de atraque, el tiempo medio de permanencia en el puesto de atraque por buque (incluida una hora para las maniobras de atraque y una hora para las de desatraque) y las necesidades anuales de días de puestos de atraque.

Como ahora estamos considerando el rendimiento de la terminal, obsérvese que hablamos de unidades en vez de TEU. Cuando los contenedores que han de cargarse y descargarse se expresan en TEU, la cifra resultante debe convertirse en unidades calculando la proporción de unidades de 40 pies en el total de unidades manipuladas. También debería incluirse el número de movimientos realizados para abrir y cerrar las escotillas.

SERVICIOS DE BUQUES PORTACONTENEDORES DE ENLACE.

La tendencia a concentrar el tráfico en un pequeño número de puertos -- céntricos o de transbordo es especialmente acentuada en las rutas oceánicas de contenedores. Los buques portacontenedores especializados son actualmente mayores y más complejos, y el costo de construcción de una terminal de contenedores moderna es muy elevado. Los factores económicos aconsejan cada vez más cargar y descargar todos los contenedores en un puerto bien equipado y distribuirlos por medio de buques de enlace costeros a otros puertos de la región.

Es difícil predecir esta evolución y es preciso que los planificadores y las compañías de navegación interesadas celebren consultas para estudiar el asunto detalladamente. La actitud de las compañías navieras puede cambiar y aunque, en un principio, quizás deseen que sus buques nodriza toquen en todos los puertos, más adelante tal vez les interese introducir servicios de enlace. Los cargadores prefieren las escalas directas, ya que ello reduce el tiempo de transporte y las posibilidades de que sufran daños las mercancías.

Generalmente, los buques de enlace se conciben para un servicio determinado, teniendo en cuenta las características del puerto de que se trata. Son relativamente pequeños (en general, su capacidad alcanza de un 10 a un 20% -

de la de los buques de la ruta principal) y pueden construirse sin aparejos de carga y descarga a fin de aumentar su capacidad de transporte, mejorar su estabilidad y reducir los costos. Probablemente, en su mayoría se trata de buques ro/ro, pero también hay buques de enlace puramente celulares y buques que combinan el transbordo por rodadura y el transbordo por elevación.

El factor de carga de los buques de enlace es generalmente muy elevado y se acerca a la unidad. Sin embargo, en los puertos en que sólo tocan los buques de enlace, aunque los ritmos de manipulación son mucho más elevados de los que se obtienen con los procedimientos tradicionales empleados para la carga fraccionada, son con todo inferiores a los de una terminal especializada de un puerto central o de transbordo, ya que sólo puede trabajar en el buque de enlace una grúa-pórtico. Por regla general, se pueden manipular 15 unidades por hora cuando se trata de un buque de enlace de 100 TEU de capacidad. En la tabla VIII-3 se indican las características principales de varios buques de esta clase.

TABLA VIII-3. TIPOS CORRIENTES DE BUQUES ROTRANQUENEDORES DE ENLACE

TIPO	Capacidad en contenedores		Eslora (metros)	Manga (metros)	Calado (metros)	Características especiales
	TEM	(TEU)				
Transbordo por rodadura	4 580	176	130	17	6.25	Tipo catamarán
Transbordo por elevación	1 260	106	77	13	3.70	Sin aparejo a bordo
Transbordo por rodadura	6 500	330	115	19	7.40	Equipado con una rampa inclinada en popa y una grúa-pórtico de 38 toneladas.
Transbordo por elevación						
Transbordo por rodadura	2 030	111	87	14	4.70	Equipado con una rampa en popa y una grúa-pórtico de 30 toneladas.
Transbordo por elevación						

VIII-B. TERMINAL PARA EL TRAFICO DE TRANSBORDO POR RODADURA (RO/RO).

EL PAPEL DE LOS SERVICIOS RO/RO.

La extensión de los servicios ro/ro a las rutas transoceánicas constituye una evolución que tendrá cada vez más importancia para los países en desarrollo debido a la gran flexibilidad de la operación.

En los últimos años los buques ro/ro han aumentado en buen porcentaje su número de unidades en servicio y la capacidad de los mismos. A largo plazo, cabe esperar que se mantenga la tendencia al aumento del tonelaje, a medida que las operaciones ro/ro se extiendan a rutas más largas y a las de mayor movimiento de mercancías, en las que se usarán buques mayores para el transporte de cargamentos mayores en cada travesía. El tipo más corriente es el ro/ro puro (55% de peso muerto total), seguido por el ro/ro de carga gene

ral (23%) y el ro/ro portacontenedores (20%).

Entre los diversos tipos de carga que pueden transportar los buques ro/ro —en varias combinaciones— figuran los vehículos, los remolques o semi-remolques de carretera cargados y los contenedores sobre chasis, así como cualquier tipo de carga general sobre paletas o plataformas que puedan ser cargadas y descargadas del buque por medio de carretillas elevadoras. Los buques ro/ro también se utilizan frecuentemente para el transporte de pasajeros. Además, la mayoría de los buques ro/ro cuentan con el equipo necesario para efectuar ciertas operaciones de izada de contenedores y bultos pesados y también, en algunos casos, para la manipulación de carga a granel. La prioridad de atraque que frecuentemente recibe ese tipo de servicio permite evitar los retrasos del buque debidos a la congestión en los puertos. Además, si los muelles son lo suficientemente resistentes, se pueden manipular las cargas de grandes dimensiones, de mucho peso o de difícil manejo sin necesidad de emplear grúas especiales de gran potencia y, en ciertos casos, en puestos de atraque de menor longitud.

Hay en funcionamiento buques de diversos tipos y tamaños. El diseño de los buques varía en lo que respecta a la rampa, que puede estar instalada a popa, a proa o en un costado. El buque, por su parte, puede atracar de costado o perpendicularmente al muelle, con acceso por la proa o la popa. El cargamento se transporta en varias cubiertas, y muchas veces esas cubiertas se comunican entre sí por medio de rampas o ascensores. En algunos casos, es posible el acceso directo a tierra desde cada una de las cubiertas.

En lo que respecta a los buques de línea regular transoceánicos, se pueden distinguir en general tres tipos principales:

- a) Tipo 1: buques ro/ro con varias cubiertas y/o bodegas, con portales laterales que requieren una rampa instalada en el muelle;
- b) Tipo 2: buques ro/ro dotados de una rampa sesgada en popa;
- c) Tipo 3: buques mixtos de transbordo por rociadura y por elevación que requieren una rampa instalada en el muelle.

Para los países en desarrollo resultan particularmente interesantes los buques del segundo tipo, dotados de una rampa sesgada instalada en popa y con varias cubiertas comunicadas entre sí por medio de rampas. Con esos buques se puede prescindir de las rampas complicadas y relativamente costosas, instaladas en el puerto, y también se pueden manipular cargamentos muy variados. Además, esos buques emplean frecuentemente su propio parque de carretillas-pórtico, carretillas elevadoras y otros medios mecánicos de manipulación. Eso hace que se reduzca considerablemente el costo de las inversiones en el puerto.

Un examen del desarrollo de los servicios de buques portacontenedores —celulares y de buques ro/ro muestra que, debido a las condiciones locales y a las diferentes maneras de enfocar la cuestión, esos dos modos de transporte están compitiendo entre sí en algunas rutas. Sin embargo, si de considera

el auténtico aspecto económico de la situación se verá probablemente que los dos servicios tienen cabida en las principales rutas en las que actualmente están en competencia. Las características económicas de los servicios de contenedores son tales que normalmente absorberán todos los cargamentos importantes que puedan ser contenedorizados, dejando la carga general no contenedorizable para ser transportada por los métodos convencionales. Al crecer el tráfico llega un momento en que esa carga residual, o bien los costos de manipulación de la carga y del tiempo de espera del buque, adquieren suficiente importancia para que esas mercancías se dividan en cargas "selectas", es decir, las de más valor que necesitan una manipulación rápida, y las restantes. En tal caso, la carga "selecta" se suele transportar en buques ro/ro.

Los factores más importantes son, frecuentemente, la flexibilidad y la reducción de las inversiones en el puerto, especialmente cuando los volúmenes de tráfico son más pequeños, como ocurre en muchos puertos de países en desarrollo. En esos casos, no hay competencia entre los servicios de buques portacontenedores celulares y los buques ro/ro, de modo que estos últimos estarán equipados para hacerse cargo de cualquier tráfico de contenedores que se presente.

También es interesante observar que las empresas navieras eligen los buques ro/ro para transportar un determinado producto y no para las combinaciones más diversificadas de cargas que transportan los buques tradicionales de línea regular. Así por ejemplo, en el viaje de ida pueden transportarse automóviles y en el de vuelta productos forestales, o bien puede recurrirse a buques ro/ro para el transporte de productos siderúrgicos entre puertos de un mismo país. En tales casos, la flexibilidad de la carga es un factor menos decisivo que la productividad de la manipulación de las mercancías y la facilidad con que pueden cambiarse los puertos de escala.

PREVISION DE LA DEMANDA DE SERVICIOS RO/RO.

Para cualquier pronóstico del grado en que los servicios ro/ro se impondrán en un determinado tráfico deberán tenerse presentes las dos características principales siguientes de ese tipo de servicio frente a las del servicio de contenedores:

a) La posibilidad que tiene un servicio ro/ro de lograr un ritmo elevado de manipulación de la carga en un puerto muy desarrollado, a un extremo de la ruta, y un ritmo satisfactorio en un puerto corriente al otro extremo;

b) La posibilidad que tiene un servicio ro/ro de cambiar fácilmente de puertos de escala en zonas en que la estructura del comercio se esté modificando, gracias a sus mínimas necesidades de equipo portuario especial.

Al mismo tiempo, cuando la capacidad de una ruta se va elevando hasta el punto de adoptarse un servicio de buques portacontenedores celulares, en general el servicio ro/ro se irá suprimiendo gradualmente, dado que la capacidad de transporte del buque portacontenedores especializado se puede aprovechar más plenamente que la del buque ro/ro. Cabe decir, en general, que la carga transportada en buques ro/ro es la de valor más elevado entre los car-

gamentos diversos que no pueden ser contenedorizados.

NECESIDADES DE PUESTOS DE ATRACHE.

Así pues, aparte de la necesidad de buenos accesos y de zonas de almacenamiento adecuadas, las operaciones ro/ro requieren pocas instalaciones especializadas en los puertos y pueden ser perfectamente rentables en los puertos más pequeños. Sin embargo, esa misma flexibilidad hace que sea difícil pronosticar qué clase de buques ro/ro utilizarán un determinado puerto y qué combinaciones de cargas transportarán.

Como un puesto de atraque para buques ro/ro puede habilitarse y equiparse más rápidamente que para la mayoría de los demás sistemas y como en muchos casos se conocerá el diseño del buque, las instalaciones en tierra deberán proyectarse de forma que respondan a las necesidades del buque. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un puesto de atraque durará más que la mayoría de los buques y que éstos pueden pasar a servir otras rutas si así lo aconseja la estructura del tráfico. Por consiguiente, la planificación del puesto de atraque deberá ser lo más flexible posible, aun cuando al principio no se espere más que un solo tipo de buques.

La figura VIII-7 representa cuatro disposiciones fijas posibles. La variante 1 ofrece una gran flexibilidad para el futuro, ya que puede adaptarse fácilmente para atender a buques de otros tipos, pero se pierde una parte de la longitud del muelle, generalmente unos 60 metros. La longitud total del muelle necesaria es grande y representa una inversión considerable.

La variable 2 sólo es factible a condición de que la eslora de los buques que hagan escala en el puerto no varíe durante la vida útil de la instalación (de 30

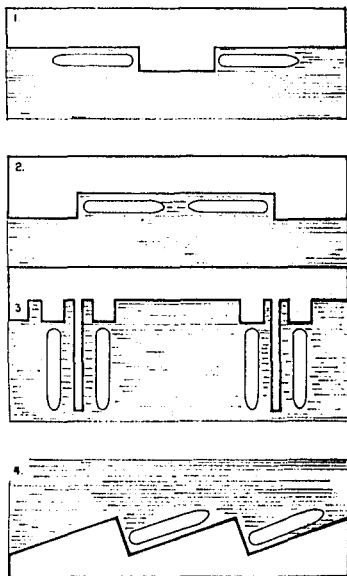


FIGURA VIII-7. DIVERSAS DISPOSICIONES DE UN MUELLE DE TRANSBORDO POR RODADURA.

a 40 años). En general, esta condición no se puede garantizar y, dada la tendencia a utilizar buques de mayor tamaño, pocos puertos estarán dispuestos a correr el riesgo de construir un muelle que podría resultar inadecuado al cabo de cinco o diez años. Este variante tiene, sin embargo, la ventaja de que separa las corrientes de tráfico en el muelle.

La variante 3 no suele ser apropiada, aun siendo la menos cara, porque sólo pueden utilizarla los buques ro/ro dotados de aparejos de manipulación de carga en popa o proa. Este requisito elimina a gran número de buques y excluye toda operación de transbordo por elevación.

La variante 4 tiene varias ventajas, dado que combina la flexibilidad requerida para prestar servicio a buques de diferentes tipos con la posibilidad de recibir buques de eslora cada vez mayor. Esta disposición escalonada de dos puestos de atraque constituye una evolución natural del puesto de atraque único en esquina para buques ro/ro, que es la disposición preferida cuando en ningún momento hay que atender a más de un buque de ese tipo. La disposición típica del puesto de atraque único en esquina se muestra en la figura VIII-8.

El puesto de atraque para buques ro/ro ha de estar en una parte bien protegida del puerto. Aunque puede admitirse algún tiempo de inactividad en cualquier muelle de un puerto, cuando se utiliza el transbordo por rodadura la economía global del transporte depende más que con cualquier otro método de la rápida rotación de los buques, y puede verse más afectada por el oleaje y las mareas que cuando se utiliza el transbordo por elevación.

En los sitios en que no hay marcas, las instalaciones ro/ro pueden prescindir de las rampas ajustables y su construcción es sumamente barata. La forma más sencilla de puesto de atraque ro/ro comprende una superficie sobre la que se apoya la rampa de popa o de proa del buque durante las operaciones de carga o descarga. Una rampa de aleta giratoria o fija permite a un buque ro/ro utilizar un puesto de atraque normal y puede ir sujeta por maquinillas de tensión que pueden limitar la presión sobre el muelle. En la figura VIII-9 se muestra el diseño típico de una rampa giratoria, que ofrece al buque mayor flexibilidad en la elección del puesto de atraque. Cuando la amplitud de la marea es grande, la rampa-puente ajustable necesaria y sus soportes incrementan considerablemente el costo de la instalación básica. Para una amplitud de marea de cinco metros, se requiere una rampa-puente de 25 a 50 metros de longitud*, capaz de soportar los camiones y remolques más pesados. En tales condiciones, debería examinarse la posibilidad económica y práctica de una dársena cerrada.

Para la rampa-puente se han propuesto varios modelos básicos que se diferencian esencialmente en el método adoptado para ajustar el extremo de la rampa-puente que termina en el buque de acuerdo con las variaciones de nivel debidas a las operaciones de carga y descarga y a las mareas. Se consideran normalmente dos variantes. La primera consiste en un pontón o rampa-puente

* La longitud exacta de la rampa depende de la diferencia máxima de altura entre la salida del buque y la superficie del muelle.

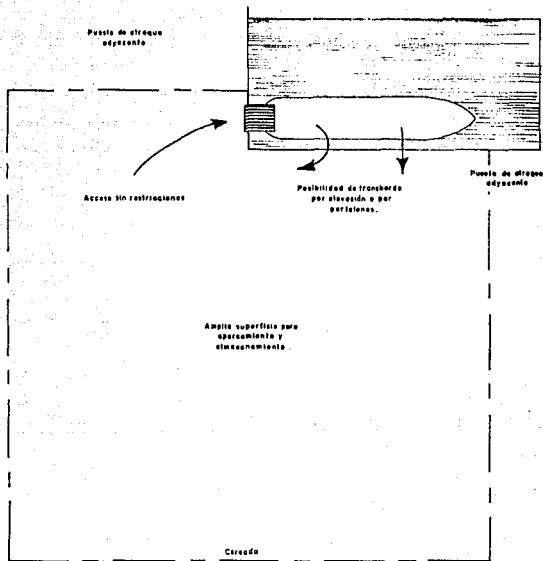


FIGURA VIII-8. DISPOSICION PREFERIBLE DE UN PUESTO DE ATRAQUE UNICO EN ESQUINA PARA BUQUES RO/RO

flotante que sube y baja automáticamente siguiendo las variaciones de la marea. La figura VIII-10 muestra una rampa-puente de ese tipo. En la segunda variante, el extremo de la rampa-puente que termina en el buque se conecta a una estructura de pórtico fija, por cables o por medios hidráulicos, que permite efectuar los ajustes necesarios.

Una importante característica de la rampa-puente flotante es la posibilidad de trasladarla a cualquier parte del muro del muelle, lo que en muchos casos es conveniente para aumentar la flexibilidad de las operaciones de atraque. Generalmente es posible remolcar los pontones con bastante rapidez.

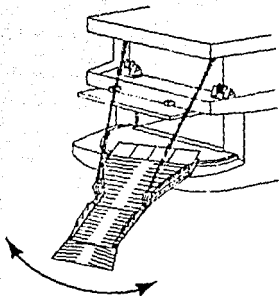


FIGURA VIII-9. EJEMPLO DE RAMPA GIRATORIA PARA TRANSBORDO POR RODADURA.

a otros emplazamientos.

NECESIDADES DE SUPERFICIE DE ALMACENAMIENTO EN LA TERMINAL.

Una característica de la terminal ro/ro es la necesidad de superficies de almacenamiento que estén debidamente cercadas y revestidas y con un acceso amplio y bien pavimentado. La zona de almacenamiento en tránsito que necesita una terminal ro/ro puede ser aún mayor que la necesaria para una terminal de contenedores, que es normalmente de diez hectáreas por puesto de atraque. Para determinar las necesidades de superficie de almacenamiento, las provisiones de carga ro/ro deben agruparse en las cuatro clases siguientes:

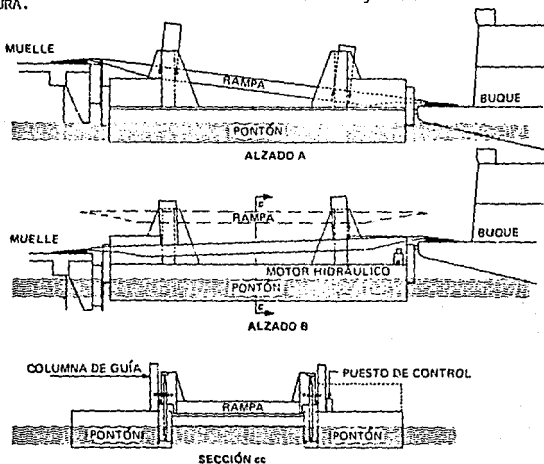


FIGURA VIII-10. EJEMPLO DE RAMPA-PUENTE AJUSTABLE PARA TRANSBORDO POR RODADURA

- a) Contenedores;
- b) Carga transportada por métodos intermedios;
- c) Carga general;
- d) Carga sobre ruedas.

La previsión del tráfico de contenedores se hace en unidades TEU, por lo que puede utilizarse el diagrama de planificación I de la terminal de contenedores. La superficie necesaria por unidad TEU, unida a otros factores, como el tiempo de tránsito, permitirá al planificador calcular la superficie necesaria correspondiente a una terminal ro/ro.

La superficie de almacenamiento necesaria para las categorías segunda y tercera de carga ro/ro puede determinarse por medio del diagrama de planificación III de la terminal de carga general fraccionada. Para cada categoría deberán emplearse los valores apropiados del coeficiente de estiba, la altura de apilamiento y el tiempo de tránsito.

La superficie necesaria para la carga ro/ro sobre ruedas puede determinarse por medio del diagrama de planificación para terminales ro/ro —zona de almacenamiento de vehículos— del diagrama VIII-4. He aquí algunos valores típicos de la superficie necesaria para diversos vehículos de transporte por carretera, excluida la zona de acceso:

	Metros cuadrados
Camión articulado de 15 metros	46.5
Camión rígido de 16 toneladas	26.5
Automóvil:	
Grande	11.0
Pequeño	7.0

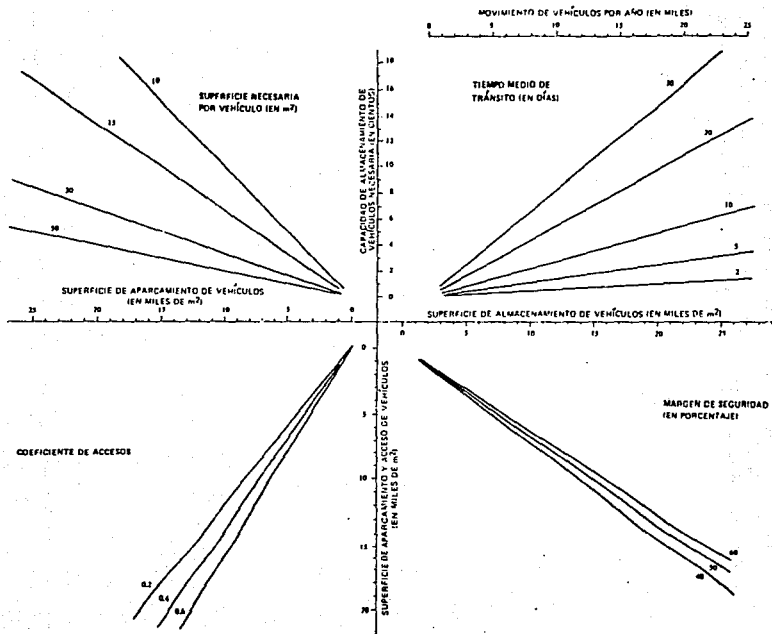
Debe asignarse una superficie suficientemente grande a esta categoría de cargas para dar cabida al mayor cargamento de vehículos que se prevea. -- Así, por ejemplo, una partida de 500 automóviles pequeños requeriría una superficie mínima de unos 4,500 metros cuadrados, incluido un margen del 25% para los accesos.

EQUIPO PARA UNA TERMINAL DE TRANSBORDO POR RODADURA.

Para las operaciones de traslado y de apilamiento en una terminal se utiliza una gran variedad de equipo. En el caso de las operaciones de traslado el elemento principal del equipo será el tractor de la terminal del puerto. El tractor deberá tener capacidad para remolcar una determinada carga por una pendiente especificada a una cierta velocidad y estará provisto de una quinta rueda resistente, adaptada a los trabajos portuarios, a fin de que pueda pasar por encima de las conexiones de las rampas. La quinta rueda tendrá tolerancia de inclinación lateral y un dispositivo de bloqueo para reducir el esfuerzo de torsión. La cabina del tractor tendrá mandos giratorios o asientos dobles para las maniobras de avance y retroceso.

DIAGRAMA VIII-4.

Diagrama de planificación para terminales *ra/ro*: zona de almacenamiento de vehículos



También se pueden utilizar para el traslado y el apilamiento carretillas-pórtico de poca altura y carretillas elevadoras con cabina de poca altura y montantes triples.

La carretilla elevadora eléctrica es preferible al vehículo con motor diésel cuando se trata de realizar trabajos en la bodega del buque con acceso por los portales. El arrufo y la vuelta de baco pueden reducir notablemente el rendimiento de las carretillas elevadoras. Las pendientes no deben pasar nunca de $1/10$. Por ejemplo, si hay que subir pendientes para llegar a la bodega del buque y al tinglado o zona de apilamiento, puede que haya que recargar tres veces durante un mismo turno los acumuladores de las carretillas elevadoras, por lo que en este caso estarían más indicadas las carretillas elevadoras con motor diésel.

En las figuras VIII-11 y VIII-12 se observan grúas pórtico de poca altura y otros equipos, respectivamente, empleados en terminales de embarcaciones ro/ro.

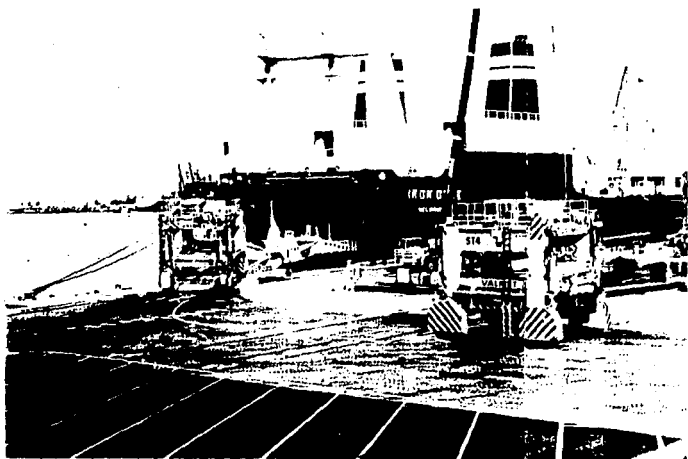


FIGURA VIII-11. CARRETIILLAS-PORTICO DE Poca ALTURA

Una cadena integrada de flujo continuo de materiales para terminales de embarcaciones ro-ro.



1. Un tractor ro-ro Sisu TR-200 (4x4) de carga pesada, con un remolque de 40 pies manejando 2 contenedores de 40 pies. Max GCV 130 ton.



2. Un cuello de cisne Sisu con su plataforma de apoyo.



3. Un remolque Sisu de 40' x 40 ton.



4. Una carretilla elevadora Valmet TD 1810 de 16 ton., para apilar contenedores llenos de 20 pies y vacíos de 40 pies, en pilas de a tres. Maniobrabilidad de contacto inmediato excelente; apropiada para ser usada en embarcaciones ro-ro.



5. Un tractor ro-ro Valmet TD 2512/6 de 25 ton., para el manejo de contenedores llenos de 20 pies. Un eje delantero de seis ruedas contribuye a una mejor distribución de la carga. Extra bajo para facilitar la capacidad de maniobra en todas las cubiertas de las embarcaciones ro-ro.

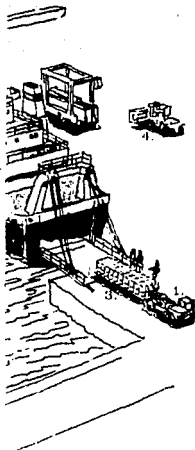
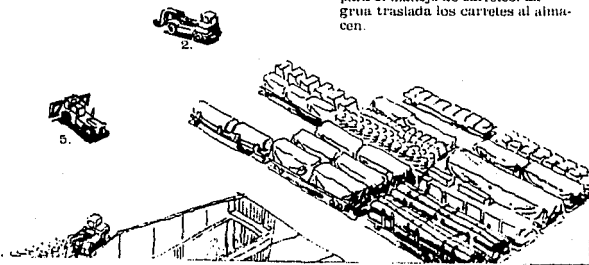


FIGURA VIII-12.



6. Una grúa-puente de 8 ton de Kone equipada con abrazaderas para el manejo de carretes. La grúa traslada los carretes al almacén.



VIII-C. TERMINAL PARA BUQUES PORTAGABARRAS.

SISTEMAS DE BUQUES PORTAGABARRAS.

Hay en servicio comercial cinco tipos de portagabarras: el BACAT, el LASH, el BACO, el SEABEE y el Danube Sea Lighter. La mayor parte de las compañías de navegación han elegido el sistema LASH. En las tablas VIII-4 y VIII-5 se dan las principales características de esos portagabarras así como las gabarras que transportan.

Sin embargo, en la práctica, los sistemas de portagabarras no han sido puestos a prueba; ello se debe principalmente a que pocos de ellos se han explotado en el tipo de ruta para el que fueron diseñados. Está además el desarrollo casi paralelo de los sistemas de manipulación contenedorizado y ro/ro, que han resultado más polivalentes y, a la larga, más baratos.

Hasta la fecha, las operaciones más afortunadas con buques portagabarras han sido, por lo general, las realizadas entre regiones altamente industrializadas, a saber, los puertos estadounidenses del golfo de México y Europa septentrional. Son también importantes las rutas entre Europa o los puertos estadounidenses del golfo de México y el Oriente Medio. Una nueva empresa es la empresa mixta soviética Interlighter, que tiene un servicio que vincula los puertos fluviales del Danubio, vía el Mar Negro, con la India, el Pakistán, Malasia, Viet Nam y Kampuchea. Dos nuevos buques portagabarras, -- más dos remolcadores, suministrarán servicios de enlace a los buques existentes.

La otra empresa de buques portagabarras es la compañía Baco-Liner. Los buques tienen un portalón de proa por los que entran y salen por flotación -- gabarras BACO, de 24 metros de largo y de una capacidad de carga de 800 toneladas. Las cubiertas superiores libres pueden utilizarse para apilar 500 TEU en tres niveles.

Como se ve en la tabla VIII-4, los buques portagabarras pueden estar -- equipados para transportar contenedores o ser buques portagabarras puros. -- Los primeros cuentan con bodegas celulares o con bastidores especiales para el transporte de contenedores en cubierta y llevan a bordo una grúa-pórtico para manipularlos.

CONDICIONES QUE REQUIERE LA MANIOBRA DE LOS BUQUES.

La idea inicial de los buques portagabarras era que las gabarras se cargaran y descargaran desde el buque portador mientras que éste permaneciera -- fondeado fuera del puerto, y que la carga transportada por las gabarras se -- cargara y descargara en cualquier muelle de poco calado, utilizando remolcadores para remolcar las gabarras hasta el muelle. Así pues, fuera de los remolcadores, las instalaciones portuarias necesarias serían mínimas.

En la práctica, se ha visto que era conveniente que la carga y descarga de las gabarras se hiciera en aguas más abrigadas, por lo que esas maniobras se realizan normalmente dentro de la zona portuaria, en fondeaderos frente a

TABLA VIII-4. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS BUQUES PORTAGABARRAS

Empresa Buque	TPI	Largo (metros)	Manga (metros)	Cubo de máximo (metros)	Número de gabarras en puerto	Capacidad de transporte de contenedores	
						Con gabarras	Sin gabarras
LASH:							
Central Gulf Lines Inc.							
Acadia Forest	48 303	261,4	32,1	12,1	80	—	—
Atlantic Forest	48 327	261,4	32,6	12,1	80	—	—
Bilderdyk	44 799	261,4	32,3	11,3	83	—	—
William Heopfer	46 892	272,3	30,5	12,4	89	—	—
Button Gwinnett	46 892	272,6	30,5	12,4	89	—	—
George Wythe	46 890	272,3	30,5	12,4	89	—	—
Spruce (no propulsado)	2 600	112,7	34,2	3,4	15	—	—
Oak	11 550	134,5	34,2	4,8	18	—	108
Willow	11 496	134,5	34,2	4,8	18	—	108
Condock Rederei							
Condock I	3 170	92,4	19,6	4,6	3	—	383
Condock II	3 170	92,4	19,6	4,6	3	—	383
Delta Steamship Lines							
Delta Caribe	30 292	249,9	30,5	10,7	70	—	840
Delta Mar	41 048	272,3	30,6	11,6	85	72	1 728
Delta Norte	41 048	272,3	30,6	11,6	85	72	1 728
Delta Sud	41 048	272,3	30,6	11,6	85	72	1 728
Prudential Lines Inc.							
LASH Italia	30 298	249,9	30,5	12,4	70	—	840
LASH Atlantico	30 298	249,9	30,5	12,4	70	—	840
LASH Pacifico	30 298	249,9	30,5	12,4	70	—	840
Waterman Steamship Corp.							
Robert E. Lee	41 578	272,3	30,6	11,6	89	—	—
Sam Houston	41 578	272,3	30,6	11,6	89	—	—
Stonewall Jackson	41 578	272,3	30,6	11,6	89	—	—
Benjamin Harrison	21 500	272,3	30,5	11,6	80	—	665
Edward Routledge	21 500	257,6	30,5	11,6	80	—	665
Navitash:							
Un buque encargado	9 640	s.d.	s.d.	s.d.	22	—	—
BACO:							
Baco-Liner GmbH							
Baco-Liner 1	21 801	204,1	28,5	6,7	12	501	501
Baco-Liner 2	21 801	204,1	28,5	6,7	12	501	501
Baco-Liner 3 (encargado)	21 800	204,1	28,5	6,7	12	501	501
SEABEE							
Lykes Bros. Steamship Co.							
Docint Lykes	39 026	267,0	32,3	11,9	38	400	1 800
Almeria Lykes	39 026	267,0	32,3	11,9	38	400	1 800
Tillie Lykes	39 026	267,0	32,3	11,9	38	460	1 800
DANUBE SEA LIGHTER:							
Interlighter							
Julius Fucik	37 850	266,5	35,1	11,0	26	720	1 552
Tibor Szamuely	37 850	266,5	35,1	11,0	26	720	1 552
Dos buques encargados	8 563	s.d.	s.d.	s.d.	6	—	513

los muelles de contenedores o de carga fraccionada, o incluso en un espigón especial en forma de T. En cualquier caso, se necesita un canal profundo de acceso; además del calado operacional del buque, hay que dejar por lo menos un metro de margen para tener en cuenta los cambios de asiento que se producen durante la operación. Las superficies de agua que hacen falta para la maniobra de esos grandes buques también son considerables, como lo es asimismo el espacio necesario en torno al buque portador para que maniobren las gabarras.

Por otra parte, los buques portagabarras con un complemento de contenedores celulares deben atracar en terminales con instalaciones para la manipulación de contenedores.

CONDICIONES QUE REQUIERE LA MANIPULACION DE LAS GABARRAS.

Para la manipulación de las gabarras dentro del puerto se necesitan "zonas de estacionamiento", que son grandes superficies de agua, bien separadas del resto del tráfico acuático del puerto, donde las gabarras con carga de exportación esperan ser embarcadas, las gabarras cargadas con mercancías de importación esperan el momento de continuar navegando hacia el interior o de ser descargadas y las gabarras vacías se mantienen en reserva. Esa zona necesita mucha atención desde el punto de vista de la seguridad en el puerto.

La superficie necesaria para una zona de estacionamiento puede ser considerable, dado que de momento son pocas las gabarras que siguen una vía navegable hacia el interior y, por consiguiente, la gran mayoría de las gabarras cargan y descargan sus mercancías en el puerto. Aunque en los puertos de estuario es posible disponer de grandes superficies de agua, en los puertos artificiales la falta de superficie de agua representa un grave inconveniente para el buen funcionamiento del servicio de transporte por gabarras. Como norma general, hay que prever una zona de estacionamiento de gabarras de 10,000 m² como mínimo para poder descargar por término medio ocho gabarras por buque, con un máximo de 25 gabarras.

TABLA VIII-5. DIMENSIONES DE LAS GABARRAS

TIPO	Eslora (metros)	Manga (metros)	Calado máximo (metros)	Capacidad de carga (toneladas)	Capacidad en balas (m ²)
BACAT	16.82	4.65	2.5	140	164
LASH	18.76	9.50	2.7	370	554
BACO	24.00	9.50	4.1	800	1 020
SEABEE	29.72	10.67	3.2	844	1 108
Danube Sea Lighter	38.25	11.40	3.3	1 070	1 300

En los puertos en que se han previsto las superficies necesarias ha habido que realizar cuantiosas inversiones. En Bremerhaven se construyeron 31 pontones para amarrar 140 gabarras. La longitud total de los pontones pasa de 650 metros y el costo total del proyecto fue casi de 4 millones de dólares. La dársena y las zonas de estacionamiento de las gabarras se indican en

la figura VIII-13.

Las gabarras se pueden cargar y descargar en los muelles existentes para carga fraccionada y para gabarras, incluso los de diseño anticuado. Sin embargo, sería conveniente prever instalaciones especiales para la manipulación de las gabarras si:

a) Las instalaciones existentes son inadecuadas por no ofrecer protección contra las intemperies ni espacio suficiente para agrupar la carga y cargarla en las gabarras;

b) Las instalaciones existentes se utilizan al máximo de su capacidad y se corre el peligro de que la manipulación de más gabarras dé lugar a una congestión;

c) La distancia entre la zona de estacionamiento de las gabarras y los muelles de carga fraccionada existentes es excesiva;

d) Desde el punto de vista operacional y de costo/eficacia se considera preferible una terminal combinada para contenedores y gabarras.

Cuanto más alto sea el costo de la mano de obra en un puerto, mayor será la necesidad de construir instalaciones bien equipadas y adecuadas para la manipulación de gabarras. Sólo así se podrá lograr el considerable aumento de la productividad que es indispensable en los puertos en que los costos de mano de obra son altos, para que el costo de la manipulación de la carga no llegue a ser prohibitivo. Ese mismo razonamiento es un incentivo para utilizar en mayor medida paletas, unidades en fardos y unidades preeslingadas en las operaciones de buques portagabarras.

En Singapur se ha reservado ahora para recibir la carga de buques portagabarras parte de un amplio complejo de almacenes (con 200,000 m² de espacio de almacenamiento cubierto), situado en Pasir Panjang, que fue construido sin tener en cuenta la posibilidad de un servicio de buques portagabarras. Para ello la administración del puerto de Singapur ha tenido que instalar en

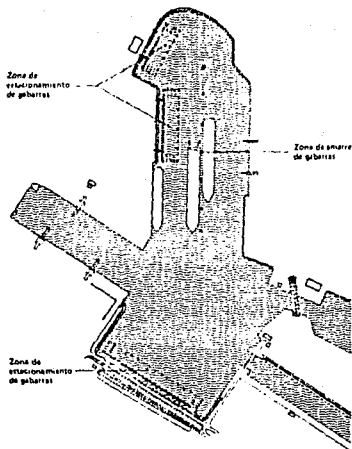


FIGURA VIII-13. INSTALACIONES PARA PORTA GABARRAS TIPO LASH EN BREMERHAVEN

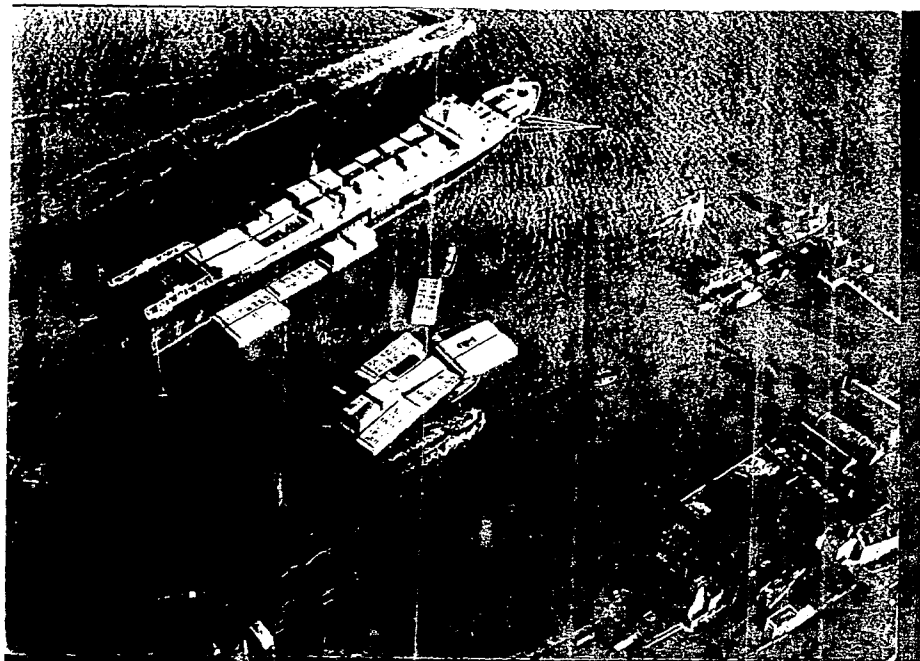


FIGURA VIII-14. BUQUE PORTAGABARRAS EN OPERACION DE DESCARGA, PUERTO DE LONDRES, INGLATERRA

la zona de Pasir Panjang seis boyas de amarre, que permitirán fondear en -- condiciones de seguridad a 120 gabarras. Las boyas están situadas a unos 700 metros unas de otras y en una sola línea, cubriendo una distancia de más de 3,500 metros.

Así pues, aunque hay diversas posibilidades en la construcción de instalaciones para buques portagabarras, combinadas o no con muelles de carga fraccionada o unitarizada, las cifras indicativas para un movimiento anual de -- mercancías de 250,000 toneladas utilizando 1,000 gabarras, con una carga media de 250 toneladas por gabarra, serían las siguientes:

Número de zonas de amarre	1	
Número de boyas de amarre	4	
Zona de estacionamiento de gabarras necesaria (suponiendo un máximo de 50 gabarras al mismo tiempo)		20,000 m ²
Número de remolcadores necesarios para remolcar las gabarras entre el buque portador y la zona de estacionamiento (según la distancia que haya entre ellas)	3	
Número de pontones (suponiendo una penetración en el interior de menos del 10%)	20	
Longitud del muelle y superficie necesaria para cargar y descargar en el puerto las mercancías de las gabarras		Equivalente a dos muelles de carga fraccionada

En la figura VIII-14 se ilustra un buque portagabarras siendo descargado en la zona de amarre, ayudado por remolques, en el Puerto de Londres, Inglaterra.

VIII-D. TERMINALES PARA CARGA A GRANEL: SECA Y LIQUIDA.

TERMINALES PARA CARGA SECA A GRANEL.

En este inciso del capítulo trataremos a las cargas secas a granel, haciendo la aclaración que la expresión "a granel" se emplea en el sentido tradicional; es decir, para indicar que un producto --por ejemplo, cereales o petróleo-- se carga o descarga en forma suelta o en forma líquida. Más recientemente, se tiende a hablar de "cargamentos a granel" en el sentido de cargas completas, de cargas que representan una parte importante de la capacidad del buque, sin tener en cuenta si el producto se manipula o no utilizando los métodos de carga a granel en el sentido tradicional. Así pues, suele hablarse ahora de "cargamentos a granel" de planchas de acero o de madera en fardos. También se habla de "semigranel", por ejemplo, tratándose de grandes partidas de carga en sacos.

Normalmente, la carga seca se divide en dos grupos, las cargas a granel principales y las cargas a granel secundarias. Las cargas a granel principales comprenden cinco productos básicos que se transportan, casi sin excepción, en cargas completas sin utilizar las líneas regulares. Dichos productos son los siguientes para el movimiento de 1980:

	Tráfico marítimo mundial (en millones de toneladas)	Porcentaje transportado por graneleros y cargueros mixtos de más de 40,000 TPM
Mineral de hierro ...	314	91
Cereales	207	43
Carbón	206	65
Bauxita	48	40
Fosfatos	48	17

En la mayoría de los casos, esos productos se transportan en buques graneleros especializados y en cargueros mixtos (de más de 40,000 TPM), aunque también se emplean hasta cierto punto los buques de carga general. Utilizando buques tradicionales de entrepuentes, baja considerablemente el ritmo de manipulación.

Características principales de una terminal de carga a granel.

Existe una diferencia fundamental entre una terminal de carga a granel principal, especialmente la destinada a la exportación de minerales, y un puerto comercial polivalente medio. Las necesidades en cuanto a emplazamiento, profundidad de agua, tipo de infraestructura, equipo, instalaciones de almacenamiento y servicios auxiliares son fundamentalmente distintas de las de un puerto de carga general típico. También hay que enfocar de distinta manera los problemas administrativos, operacionales y de mano de obra.

A diferencia del puerto de carga general, la terminal para la exportación de mineral no tiene que estar situada cerca de los centros principales de actividad comercial e industrial del país. El lugar más conveniente es el punto más próximo posible a la zona minera, con buenas comunicaciones terrestres, siempre y cuando, naturalmente, existan condiciones naturales favorables en ese sector de la costa. Las necesidades en cuanto a la profundidad del agua son más estrictas, dada la tendencia a transportar la mayoría de los minerales en buques del mayor tamaño posible, con un calado que a menudo pasa de 15 metros.

El empleo de buques de ese tamaño exige que haya existencias de mineral considerables en la terminal y, en consecuencia, grandes instalaciones de almacenamiento. Con objeto de reducir al mínimo el costoso tiempo de permanencia del buque en el puerto, hay que asegurar una tasa de ocupación de los puestos de atraque relativamente baja, a fin de evitar el riesgo de que los buques tengan que esperar, así como un ritmo de carga muy alto mientras el buque se encuentra en el puesto de atraque. Para lograr el ritmo de carga ne

sario, hay que utilizar un sistema de correas transportadoras entre las máquinas recogedoras de gran potencia y los cargadores de mineral. Al mecanizarse la manipulación de la carga ya no se necesita mucha mano de obra y dadas la uniformidad y simplicidad del material manipulado en la terminal de carga seca a granel, tampoco se necesitan los muchos servicios comerciales que son necesarios en la terminal de carga general.

Las técnicas de manipulación utilizadas permiten, de ser necesario, que los buques atraquen a un kilómetro o más de la costa embarcándose los minerales mediante correas transportadoras instaladas sobre una estructura ligera. Un muelle mineralero típico comprende por lo menos dos puestos de atraque, dos muertos de amarre y algunas boyas. En tierra, frente a los muertos de amarre, una estructura independiente sostiene el equipo de carga, compuesto por un cargador conectado a tierra por correas transportadoras. En la zona de almacenamiento en tierra se necesita un equipo apropiado para descargar los vehículos procedentes de las minas, apilar el mineral y recogerlo luego para llevarlo, mediante una correa transportadora, al cargador. Además, necesita una instalación para el transporte directo de las tolvas de descarga a los cargadores.

Aunque los elementos de base serán aproximadamente los mismos en todas las terminales, los detalles del diseño pueden variar considerablemente, según las condiciones locales, la naturaleza del material y el volumen de la operación. Normalmente cada instalación debe diseñarse y construirse de modo que se adapte a las circunstancias particulares del caso.

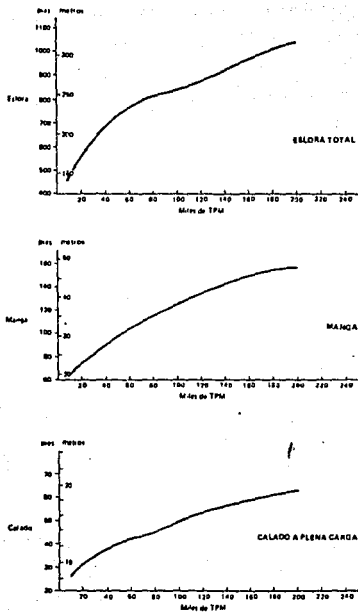
Buques graneleros.

Siempre que sea posible, las instalaciones destinadas a la carga a granel deben diseñarse en función de los buques concretos que las utilizarán. Así pues, deberá discutirse detalladamente la cuestión con los armadores y los usuarios para llegar a un acuerdo sobre las necesidades en lo que respecta a instalaciones de carga y descarga. Sin embargo, también llegarán al puerto otros buques, y en las especificaciones deberán tenerse en cuenta las dimensiones máximas y mínimas de esos buques.

La mayoría de los buques de mayor tamaño pueden transportar carga a granel tanto seca como líquida. Los graneleros se clasifican en los seis tipos siguientes: G (carga a granel), M (mineral), GM (carga a granel/mineral), MP (mineral/petróleo), MGP (mineral/carga a granel/petróleo) y MSP (mineral/carga en suspensión acuosa/petróleo).

Las curvas de la figura VIII-15 muestran la relación entre la eslora total, la manga y el calado a plena carga, y el peso muerto, para la mayoría de los graneleros de carga seca. Cuando no se tiene información sobre los buques que se van a utilizar, esas curvas son suficientemente precisas para la planificación preliminar.

Lo ideal sería que todas las extensiones de agua por las que han de pasar los buques o en las que han de fondear se diseñaran para el calado máximo (a plena carga), aunque los buques entren o salgan del puerto con este cala-



Fonte: The Principal Dimensions and Operating Drafts of Bulk Carriers, Universidad de Liverpool, Centro de Transporte Marítimo

FIGURA III-15. PRINCIPALES DIMENSIONES DE LOS GRANELEROS DE CARGA SECA

do en ocasiones. Sin embargo, a veces es posible lograr economías importantes planificando una profundidad menor si se tiene seguridad en cuanto a los cargamentos previstos. En la figura VIII-16 se da una relación general aproximada entre el coeficiente de carga y el calado en el caso de los graneleros de carga seca.

Es posible prever con exactitud las cargas secas a granel que habrán de manipularse cuando existe un servicio de transporte integrado, por ejemplo si se trata de graneleros fletados por empresas de productos químicos. En tal caso puede determinarse el coeficiente de carga máximo y, por lo tanto, el calado a partir del coeficiente de estiba conocido del producto y de las especificaciones de los buques que hayan de fletarse. También puede estar justificado prever en la planificación un calado limitado cuando el calado de los buques que entran o salen del puerto viene ya determinado por las restricciones de calado que existen en otros lugares.

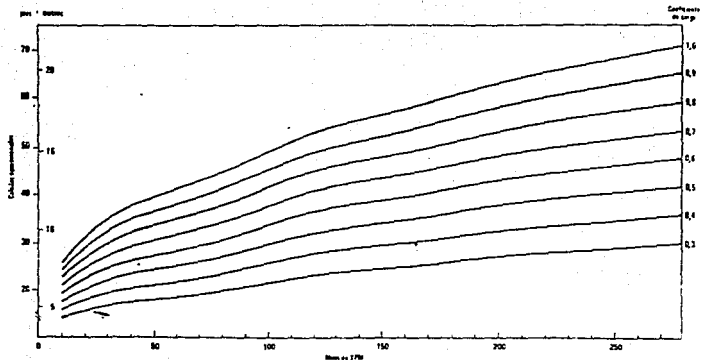
Así pues, el planificador debe tener presente que las instalaciones diseñadas para un carguero de 100,000 TPM a plena carga también puede tener que atender a un carguero de 200,000 TPM con carga parcial. Aunque la limitación del calado en el canal de entrada no es importante dado el bajo coeficiente de carga del buque, la manga y la eslora pueden impedir que el buque utilice la terminal. Este factor ha de tenerse en cuenta al definir las características del equipo mecánico de manipulación. Además, puede que las instalaciones tengan que atender buques más pequeños, de modo que sea necesario tomar medidas apropiadas, por ejemplo modificar las defensas.

Carga del buque.

Los sistemas de carga de los buques son sencillos en comparación con los sistemas de descarga. Lo normal es que sólo necesiten un elevador o transportador que alimente la operación, un tobogán y la fuerza de la gravedad. Con sistemas técnicamente tan sencillos es posible alcanzar ritmos muy altos. Otros cargadores están provistos de transportadores de arrastre o de toboganes helicoidales para reducir la degradación de los materiales friables, o de tubos telescópicos dotados de sensores o transportadores centrífugos para distribuir el material en la bodega. Por lo general, los cargadores pueden situarse junto a la escotilla, y reciben el material de transportadores de gran capacidad. El pescante de carga puede subirse o bajarse según la altura del buque que se carga. Además de las operaciones de carga continua con cargadores, también pueden utilizarse cucharas prensoras para cargar granelos.

La capacidad de los cargadores suele estar limitada por las demás partes de la instalación, como son los transportadores o recogedores, pero la capacidad normal oscila entre 1,000 y 7,000 toneladas por hora. En algunos casos especiales es posible emplear cargadores con un rendimiento de 16,000 toneladas por hora, en buques graneleros de grandes dimensiones. Con ritmos de carga elevados, el límite puede estar determinado por la rapidez del deslastre del buque.

Los cargadores están diseñados de manera que las bodegas puedan cargar-



Fonte: The Principal Dimensions and Operating Diagrams of Bulk Carriers, Universidad de Liverpool, Centro de Transporte Marítimo

FIGURA VIII-16. CALADOS OPERACIONALES PARA DIFERENTES COEFICIENTES DE CARGA EN RELACION CON EL PESO MUERTO PARA BUQUES GRANELEROS DE CARGA SECA

se en una secuencia precisa a fin de no someter el buque a tensiones estructurales. A menudo se dispone de picos telescópicos en el extremo del pescante para dirigir el flujo hacia determinadas partes del buque. El pescante puede levantarse para pasar por encima de las superestructuras del buque al cambiar de escotilla, pero para ello puede ser necesario parar el sistema de transportadores a fin de evitar el derrame de material. Esto último puede evitarse también dirigiendo el flujo de material a una tolva reguladora situada antes del cargador y volviendo al flujo normal cuando se reanuda la operación de carga. En ese momento, las cintas del cargador deben moverse más deprisa que los transportadores que traen el material, a fin de hacer frente al incremento temporal del flujo de material.

Tipos de cargadores.

El cargador de pórtico (véase figura VIII-17) se desplaza paralelamente al muelle. Por lo general el cargador está alimentado por un transportador con un carro volcador móvil. El volcador hace caer el material del transpor-

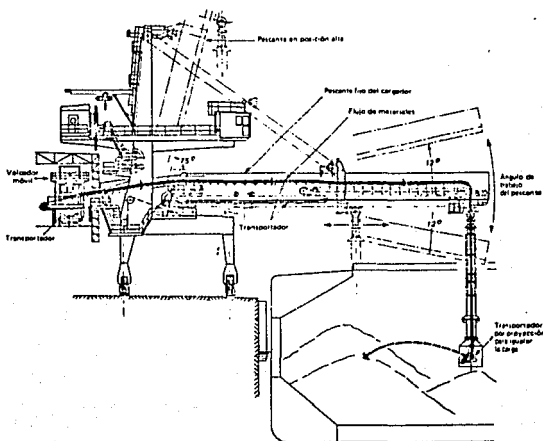
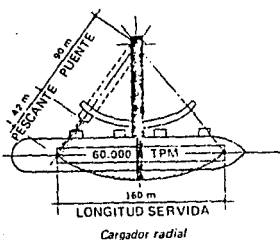
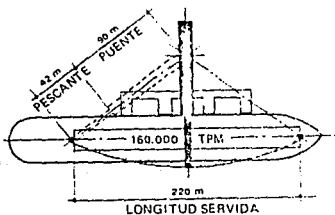


FIGURA VIII-17. EJEMPLO DE CARGADOR MOVIL CON TRANSPORTADOR ELEVADO

tador sobre el transportador del cargador. El cargador consiste en una superestructura de mástil, de la cual está suspendido un pescante levadizo. El pescante sube o baja según las características del buque, lo que le permite pasar por encima de la superestructura del buque al cambiar de escotilla. El extremo del pescante que entra en el buque puede construirse con un sistema telescópico o una sección móvil en el interior del pescante. Un dispositivo de ajuste compensa las variaciones de la longitud del transportador debidas a los movimientos del pescante. Una característica de este tipo de cargadores es que sólo se produce un ligero desplazamiento del centro de gravedad de la estructura con los movimientos del pescante, por lo que el cargador puede instalarse sobre una vía algo más estrecha que los cargadores de otros tipos.



Cargador radial



Cargador lineal

FIGURA VIII-18. COMPARACION ENTRE EL CARGADOR RADIAL Y EL CARGADOR LINEAL

El cargador radial se creó para utilizarse a lo largo y consiste en un pescante pivotante que puede girar un ángulo de unos 90° sobre uno de los extremos, en tanto que el otro descansa sobre un camino de rodadura curvo apoyado en pilares. El pescante lleva un transportador que llega hasta el buque. Esta sección, además de poder avanzar y retroceder, permite modificar el alcance del pescante. El material de descarga desde el transportador de brazo situado en el extremo giratorio del transportador del pescante; en caso necesario, puede instalarse una tolva reguladora.

La ventaja principal de los cargadores de pescante giratorio respecto de los cargadores que se mueven por traslación es el costo de capital más bajo de toda la instalación, es decir, del cargador y los transportadores conexos, así como de las estructuras marítimas. Una desventaja es que este tipo de cargador sólo puede llenar completamente, sin necesidad de igualar luego la carga, un buque granelero moderno sin mástiles ni puntales de carga intermedios. Esto impide que los buques que llevan ese tipo de equipo utilicen la terminal.

El cargador lineal cumple los mismos fines mediante una combinación de movimientos de traslación y rotación (los dos métodos se muestran en la figura VIII-18); cuando la placa giratoria delantera se desplaza sobre una vía paralela al buque, el pivote de la placa giratoria puede deslizarse y al mismo tiempo girar. La construcción suele ser más sencilla y menos costosa con una vía recta que con una vía curva, y con ello aumenta la longitud del buque servida por el cargador.

El cargador de traslación y rotación combina el sistema radial con el sistema de traslación. Ese cargador es especialmente adecuado para ser utilizado a ambos lados de un espigón, es decir, un muelle que se adentra en el mar y que tiene puestos de atraque a ambos lados. Un pórtico móvil provisto de una superestructura giratoria tiene un pescante de alcance variable con transportador alimentado por un transportador instalado en el muelle entre los carriles del pórtico móvil. Por medio de un volcador, el material pasa del transportador del muelle a la tolva de recepción situada en el extremo giratorio del pescante. Aunque sólo puede cargarse un buque a la vez, el hecho de que los buques puedan atracar a ambos lados del espigón permite eliminar demoras en la operación de atraque y desatraque. Esto puede ser importante cuando se trabaja con una tasa elevada de ocupación de los puestos de atraque y se dispone de poco tiempo para las operaciones programadas.

El cargador fijo se usa por lo general en instalaciones más pequeñas. Como el tamaño del buque suele ser pequeño, el rendimiento pocas veces pasa de 500 toneladas por hora. El pescante de carga no se mueve o tiene un movimiento limitado entre las escotillas, por lo que es necesario mover el buque. Esto puede no ser un problema con los buques más pequeños que sólo tienen uno o tres bodegas, y ese tipo de cargador se ha utilizado mucho en la exportación de azúcar sin refinar.

El transportador que lleva el material hasta el muelle descansa en una serie de cabalotes y termina en una estructura de tipo torre. El transportador se prolonga con una corta sección deslizante que termina en un tubo de bajada telescópica, o bien se instala sobre un pescante móvil provisto de un tubo de bajada de ese tipo. En algunos casos un movimiento radial limitado permite cubrir toda la apertura de la escotilla, reduciendo así la operación de igualación final de la carga.

Descarga del buque.

Hay cuatro sistemas básicos que el operador de la terminal puede utilizar para la descarga de carga seca a granel: cucharas, sistemas neumáticos, transportadores verticales y elevadores de cangilones. Para un movimiento por unidad comprendido entre 50 y 1,000 toneladas por hora, bastan los sistemas neumáticos o de transportador vertical. Tratándose de movimientos de 1,000 a 5,000 toneladas por hora, la única alternativa son los sistemas de cuchara o de elevadores de cangilones. Las cucharas son el método más difundido para cargar y descargar graneles.

1.- Cucharas.

El principio fundamental de la descarga de grancles mediante cucharas no se ha modificado en absoluto en los últimos cincuenta años. Sin embargo, normalmente la cuchara sólo se utiliza hoy para recoger material de la bodega del buque y descargarlo en una tolva situada al borde del muelle que alimenta una cinta transportadora, como se ve en la figura VIII-19. Antes el carro de la cuchara se desplazaba más para descargar en los montones apilados.

El ritmo de manipulación que puede alcanzarse con cada cuchara está determinado por el número de ciclos de manipulación por hora y por la carga media útil de la cuchara. Otros factores que influyen en la operación son la habilidad del operador, la naturaleza del material manipulado, la forma de las escotillas y bodegas del buque y la duración de la limpieza que hay que realizar después de vaciadas las bodegas. En todo caso, la fatiga del operador limita la operación a unos 60 ciclos por hora. Podría haber dos operadores que se alternasen cada hora.

Para una determinada capacidad de izada, el principal método para aumentar la productividad es incrementar la relación carga útil/peso muerto de la cuchara. La relación normal es 1:1, pero con los nuevos diseños de gran capacidad se llega a 2:1. En una terminal de carga a granel en que se manipulan diversos productos hace falta un juego de dos o tres cucharas para grúa (una en el gancho, una en reserva y/o una en reparación); además de un juego de cucharas para cada producto de características físicas significativamente distintas. El número de diseños disponibles es muy grande y va de las cucharas ligeras para manipular productos como piensos y cereales, hasta

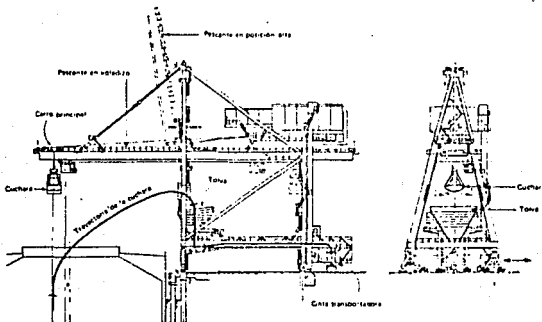


FIGURA VIII-19. GRUA DESCARGADORA DE CUCHARA CON CARRO MOVIL ELEVADO

las cucharas pesadas de 50 toneladas para mineral.

Para alcanzar el ritmo de descarga deseado, es necesario a menudo utilizar dos descargadores para cada barco. Esto ofrece la importante ventaja de que es posible seguir trabajando cuando se avería una de las grúas.

Los principales materiales para los cuales se utiliza el descargador de cuchara son los productos a granel más importantes, a saber, el mineral de hierro, el carbón, la bauxita, la alúmina y el fosfato mineral. Otros productos para los que se emplean grúas móviles de cuchara más pequeñas son el azúcar sin refinar, los fertilizantes a granel, el coque de petróleo y diversas variedades de alubias y nueces.

Hay tres formas principales de grúas de cuchara. El descargador con carro móvil elevado (véase figura VIII-19) tiene un pescante en voladizo que llega a la vertical de la escotilla. El carro desplaza la cuchara desde la bodega hasta la tolva situada en el muelle. La estructura se desplaza a lo largo del muelle y permite trabajar en cualquier bodega del buque. El ritmo típico de esos descargadores oscila entre 500 y 2,000 toneladas por hora.

La grúa giratoria de cuchara, que muestra la figura VIII-20, suele tener un brazo de inclinación variable y es probablemente la más utilizada en las operaciones de descarga. La cuchara recoge e iza el material y lo descarga en una tolva, generalmente situada en la parte delantera para evitar un movimiento giratorio durante la operación. A su vez, la tolva alimenta un transportador situado en el muelle de la manera usual o bien puede descargar directamente en camiones o vagones de ferrocarril. Estas grúas pueden alcanzar un ritmo que oscila entre 500 y 700 toneladas por hora. Cuando se utiliza una grúa normal de carga general para la descarga con cuchara, la tolva debe estar situada en la misma vía que la grúa. El movimiento giratorio de 90 grados de cada ciclo de la grúa limita el ritmo de manipulación a 250 toneladas por hora, con un ritmo medio de alrededor de 180 toneladas por hora.

La tercera forma de grúa de cuchara es la grúa torre móvil, que resulta útil en los puertos más pequeños en los que se manipula una amplia variedad de cargas que se cargan y descargan en buques de pequeño tonelaje. Este descargador comprende una grúa móvil de tipo normal con una estructura de torre adicional, a la que se ha adaptado una cabina elevada para que el operador pueda ver desde lo alto la bodega del buque. La productividad es comparable a la de la grúa giratoria de cuchara.

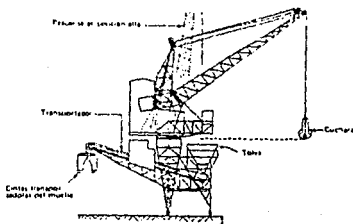
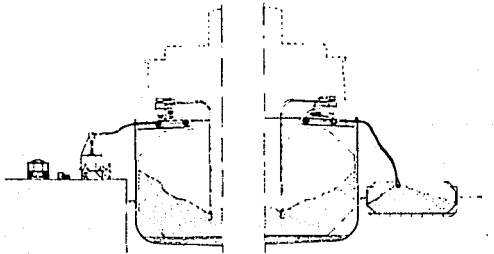


FIGURA VIII-20. GRUA GIRATORIA DE CUCHARA

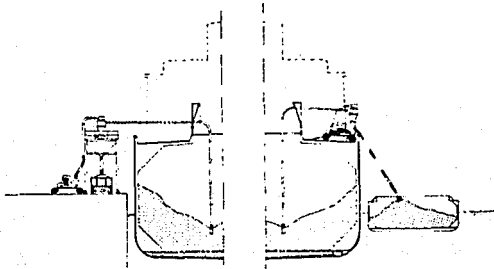
2.- Sistemas Neumáticos.

Los sistemas neumáticos son adecuados para manipular graneles de peso y viscosidad específica relativamente bajos, tales como cereales, cementos y carbón en polvo. El equipo neumático puede ser de aspiración o de presión. El del primer tipo es adecuado para recoger materiales en varios lugares y llevarlos a un solo punto, en tanto que el del segundo tipo se utiliza para transportar la carga de un solo punto a varios lugares. Sin embargo, los transportadores a presión tienden a crear problemas de polvo. También se utiliza una combinación de ambos sistemas, pero en general se limita al equipo portátil. La figura VIII-21 muestra algunas utilizaciones típicas de ese tipo de equipo.



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 vagones de ferrocarril

4. Descargo de cereales del buque por aspiración; carga de cereales en gabarras por gravedad

FIGURA VIII-21. EQUIPO NEUMÁTICO PORTÁTIL DE MANIPULACION

Los transportadores neumáticos son de construcción sencilla y evitan la pérdida de materiales por derrame durante el transporte. Sin embargo, el consumo de energía es elevado en comparación con otros sistemas. Antes de decidir si conviene adoptar un sistema neumático o un sistema mecánico convencional, hay que tener en cuenta no sólo los costos de capital, mantenimiento y funcionamiento, sino también el aspecto sanitario, la limpieza y otros factores que no pueden evaluarse directamente.

Algunos materiales son potencialmente peligrosos y han de manipularse con cuidado para proteger la salud de los operadores. Algunos de esos riesgos pueden evitarse utilizando máscaras y ropas protectoras. Muchas veces un sistema neumático de manipulación totalmente cerrado, aunque inicialmente sea más costoso, mejora las condiciones de trabajo y además reduce las pérdidas de material. Si se trabaja en condiciones de mayor limpieza mejora la moral del personal, se facilita el mantenimiento de la instalación y se reducen los riegos para la salud.

El elevador neumático móvil consiste en un p^ortico montado sobre carriles con una superestructura totalmente cerrada que contiene los principales elementos. Por lo general, cada p^ortico contiene dos elevadores y el ritmo máximo de descarga suele ser de unas 200 toneladas por hora y por unidad. Los brazos de descarga terminan en tubos flexibles con boquilla que permite limpiar eficazmente la bodega. El material aspirado por la boquilla se recoge en separadores de tipo ciclón y se descargan en el transportador de salida, que suele ser un transportador de cinta.

También existen elevadores neumáticos móviles flotantes. Se trata de maquinaria autónoma y autopropulsada, con un rendimiento comparable al de los elevadores montados sobre carriles. Estos elevadores flotantes pueden utilizarse para descargar directamente a la zona de almacenamiento en tierra o, tratándose de un tráfico que continúa hacia el interior, a gabarras. También pueden funcionar en el otro sentido, de las gabarras al buque, para el tráfico de exportación.

Además, existen máquinas neumáticas portátiles montadas sobre remolques con ruedas, que pueden instalarse en el muelle a bordo del buque, como se ve en la figura VIII-21. El ritmo de manipulación de ese equipoligero portátil es muy bajo, por lo general de unas 50 toneladas por hora.

3.- Transportadores verticales.

El transportador de cadena (véase figura VIII-22) es un descargador autónomo que trabaja conforme al principio de manipulación "en masa". La tasa estimada de rendimiento no suele pasar de 150 toneladas por hora. La cadena transportadora va instalada dentro de un conducto rectangular y su movimiento traslada el material de la bodega. Un segundo transportador puede utilizarse para enlazar con el vehículo de transporte interior, puesto que este sistema puede adaptarse como transportador inclinado y horizontal. Se utiliza exclusivamente para materiales secos y friables, que resisten el contacto directo con las partes móviles. Para una utilización intermitente, quizás resulte más económico emplear este tipo de descargador en vez de un descargador de cuchara, a pesar de su elevado costo de mantenimiento.

El transportador vertical de tornillo sin fin es un tornillo helicoidal que gira dentro de un conducto tubular. Ese transportador puede utilizarse en cualquier ángulo entre la horizontal y la vertical. Los transportadores de tornillo sin fin permiten trabajar eficazmente con todos los materiales finos granulares y en polvo, los materiales en terrones (siempre que los terrones no excedan de un determinado tamaño en relación con el diámetro del tornillo), los materiales semi-líquidos y los materiales fibrosos. Se han logrado rendimientos estimados hasta de 600 toneladas por hora. El rendimiento está limitado por el ritmo al que el material puede fluir libremente en la apertura de alimentación. Para resolver ese problema, una marca patentada de tornillo helicoidal ha adaptado una espiral de propulsión independiente alrededor de la entrada de alimentación.

4.- Elevadores de cangilones.

Los elevadores de cangilones son un tipo de aparatos que permiten alcanzar rendimientos comprendidos entre 1,000 y 5,000 toneladas por hora. Actualmente esos descargadores continuos parecen menos eficientes, en lo que se refiere al costo por tonelada descargada, que los de cuchara, teniendo en cuenta el total de gastos de capital y de costos de funcionamiento. Sin embargo, el rendimiento estimado de esos descargadores se aproxima a 5,000 toneladas por hora mientras que los descargadores de cuchara tienen un rendimiento máximo de 2,500 toneladas por hora.

Uno de los sistemas utilizados consiste en una rueda de cangilones de rotación continua suspendida del pescante oscilante de un descargador móvil. La rueda de cangilones recoge el material y alimenta un elevador de cangilones. El peso de la estructura, más la fuerza dinámica de excavación, exigen un muelle más sólido y costoso que las grúas de cuchara usuales.

Otra posibilidad es utilizar un elevador de cadena de cangilones en

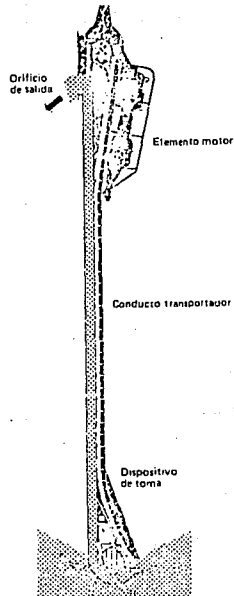


FIGURA VIII-22. TRANSPORTADOR DE CADENA PARA DESCARGA

que los cangilones actúan como recogedores. Como la rueda y el elevador, el elevador de cangilones está suspendido del pescante oscilante. También en este caso hace falta una base sólida para absorber las fuerzas de excavación, y los costos de mantenimiento pueden ser considerables. En el caso de instalaciones más pequeñas, por ejemplo las utilizadas para la descarga de carbón y fosfatos transportados en gabarras, los dispositivos construidos especialmente para utilizar el elevador de cadena de cangilones pueden resultar muy útiles.

5.- Sistemas de suspensión acuosa.

Algunos materiales, como el mineral de hierro, la sal, la bauxita, las arenas minerales pesadas y ciertos tipos de carbón, pueden prestarse al transporte en suspensión acuosa. Este método consiste fundamentalmente en preparar en la mina una mezcla con una base de mineral del 70% en suspensión acuosa y luego bombearla a bordo de buques cisterna especialmente equipados. El agua excedente se retira antes de zarpar el buque, dejándose un concentrado con más del 90% de sólidos. En el puerto de descarga, unos chorros de agua rotatorios en el fondo de las bodegas desmenuzan los concentrados de mineral y hacen más líquida la mezcla, de manera que sea posible bombearlos a tierra. Con este sistema no hace falta utilizar grúas de carga y descarga, complicadas instalaciones de atraque ni otras instalaciones.

El método de suspensión acuosa es limpio y reduce al mínimo las pérdidas materiales que llevan consigo otros procedimientos de manipulación de minerales, en que se produce polvo. El líquido decantado durante el proceso de carga puede tener que devolverse a un estanque de sedimentación, para evitar la contaminación y recuperar las partículas ultrafinas. La carga en suspensión acuosa hace que resulte económico situar las zonas de almacenamiento a cierta distancia del puerto. El ritmo de descargar dependerá del tamaño del buque y de las bombas instaladas, pero en el caso de los buques mayores será normalmente de 6,000 a 8,000 toneladas de material seco por hora. El material seco puede cargarse mediante sistemas convencionales y descargarse utilizando el procedimiento de suspensión acuosa.

6.- Buques autodescargadores.

A comienzos de 1982 disponían de equipo de autodescarga el 56% de los buques graneleros, y sólo el 12% de los buques mineraleros. El tamaño medio de los buques así equipados era bastante inferior al de los buques no provistos de ese equipo. El equipo consiste en general en grúas de cangilones, con una carga útil de trabajo que oscila entre 3 y 30 toneladas.

Se ha construido un número limitado de cargueros que utilizan un sistema de recogida por gravedad, cayendo el material en un transportador de cinta, cadena o tornillo helicoidal situado en el fondo de las bodegas, que alimenta el sistema de elevadores del buque. Esos buques sólo necesitan una instalación de tolva y un transportador en la terminal de descarga para transferir el material del sistema del buque a la zona de almacenamiento.

Transporte Horizontal.

Los transportadores son el elemento de equipo más utilizado en la manipulación de cargas secas a granel y aparecen en diversas formas, como elevadores, cargadores, embaladores y recogedores, así como en forma de dispositivos destinados exclusivamente al transporte horizontal. El transporte horizontal, es posible, teóricamente, cubrir distancias ilimitadas mediante transportadores aunque, por lo general, el costo de este transporte limita su utilización a unos pocos kilómetros, hasta el lugar en que el transporte por ferrocarril o carretera resulta más apropiado.

La adopción generalizada del transportador de cinta como medio mecánico de transporte de materiales a granel se explica por sus ventajas intrínsecas:

- a) Sencillez de construcción;
- b) Fiabilidad y economía de mantenimiento;
- c) Buen rendimiento, con escaso consumo de energía;
- d) Descarga completa del material manipulado;
- e) Adaptabilidad.

El material se descarga directamente en el transportador, que lo acarrea con un mínimo de fricción y de ruido al punto de destino. No hay juntas ni otros resaltes que se puedan romper o desgastar, y la abrasión o fricción entre el material y la cinta sólo se produce en los puntos de desvío.

Los transportadores de cinta sólo pueden funcionar siguiendo una pendiente no muy fuerte y por eso se necesita un espacio considerable para poder ganar la altura requerida. La estructura de soporte de los transportadores también precisa un mantenimiento regular; por ejemplo, es necesario pintarla de vez en cuando. Hay que tener en cuenta esos inconvenientes.

Los transportadores de cintas pueden ser planos o cóncavos; los primeros se utilizan para el material embalado. Dos transportadores de cinta plana, situados uno encima del otro y separados por una distancia apropiada, pueden formar un elevador de cinta de tipo "pinza" utilizable para la carga y descarga de productos en sacos. Se han alcanzado rendimientos máximos de 4,000 sacos por hora.

El transportador con tracción por cadena lleva una cadena con rascadores que se mueven dentro de un conducto totalmente cerrado y dividido por una partición. El material puede introducirse en cualquier punto situado en la parte superior del conducto; cae a través de una abertura de la plancha de partición a la parte inferior del conducto y es acarreado por la cadena hasta que llega a la apertura de descarga. El transportador puede utilizarse con una pendiente que está limitada por las características del material. Con este sistema se puede manipular cualquier material que fluya libremente sin producir polvo. Los materiales más frecuentemente manipulados son los cereales, con los que se han alcanzado rendimientos de hasta 500 toneladas por hora. Este tipo de equipo, en combinación con los descargadores de cadena, es muy útil en las instalaciones portuarias pequeñas.

Los transportadores "en masa" son semejantes a los transportadores de tracción por cadena, pero el principio de su funcionamiento es distinto y la sección transversal del conducto es menor. El material se mueve como un solo cuerpo, "en masa". Este método permite el acarreo tanto vertical como horizontal, y pueden utilizarse muchas aperturas de entrada y salida. Es posible construir este transportador de manera que no desprenda polvo, pero tiene el inconveniente de que produce un cierto deterioro del material.

Los transportadores de tornillo sin fin constituyen un medio muy compacto de manipular materiales dentro de un conducto totalmente cerrado, tubular o en forma de U. La elección del tipo correcto de tornillo y de la sección transversal del conducto en función del material que deba manipularse es un factor esencial para un rendimiento máximo. Por lo general, la capacidad no pasa de 500 toneladas por hora. Hace falta mucha más energía que en el caso de otros transportadores. Estos transportadores pueden estar inclinados.

La bomba de polvo puede utilizarse para el transporte de materiales secos pulverizados de flujo libre. Se han obtenido rendimientos hasta de 200 toneladas por hora sobre distancias de hasta 1,200 metros. Un tornillo sin fin de alta velocidad hace pasar el material a través de una válvula de retención, a una cámara de presión desde la cual el material pasa a un tanque de recepción. Esta técnica no es adecuada en el caso de los productos en polvo compuestos de agregados frágiles.

El transportador de fluidificación por gravedad puede utilizarse para el transporte horizontal, especialmente de productos en polvo. El principio de ese transportador es que cuando el aire asciende a través del material, la masa se expande y el material se comporta como un fluido. El transportador consiste en un conducto inclinado con una separación porosa horizontal. El material que entra en el transportador fluye libremente sobre esa separación.

El monorriel es la forma más sencilla de teleférico y la más barata de instalar y mantener. Un solo cable sin fin tanto para sostener como para transportar la carga, que se acarrea en baldes. Cada sección no suele tener más de ocho kilómetros de longitud, pero se pueden utilizar secciones múltiples. Los baldes se desenganchan del cable en los puntos de transferencia y son empujados o pasan automáticamente a la sección siguiente. En las terminales la operación de carga y descarga puede ser manual o automática. Por lo general, se calcula que la capacidad máxima es de 150 toneladas por hora, con una capacidad típica por balde de media tonelada.

En el sistema bicable se separan las funciones de soporte y de tracción de los cables. Se tienden dos cables portadores a cada lado de la línea central del teleférico. Cada cable está anclado por un extremo y en el otro lleva un dispositivo tensor. Se utiliza un cable tractor sin fin para mover los baldes sostenidos por los cables portadores. La carga relativamente pesada que puede transportar cada cable permite alcanzar rendimientos hasta de 500 toneladas por hora.

Apiladoras y recogedoras.

La apiladora es una máquina especializada diseñada para apilar de manera continua diversos tipos de materiales a granel en las zonas de almacenamiento; comprende un volcador (véase figura VIII-23) y un transportador de apilamiento. El material se descarga mediante el volcador, lo cual permite situar la apiladora en cualquier lugar a lo largo del transportador de apilamiento, que va sobre un pescante que puede ser giratorio y/o móvil o bien fijo. En la figura VIII-24 se muestra una apiladora típica. A veces el material puede descargarse directamente del volcador a fin de poder utilizar para el almacenamiento la zona adyacente al volcador. La capacidad de las apiladoras aumenta constantemente y es posible alcanzar rendimientos de 6,000 toneladas por hora o más; por lo general, el factor limitativo es el ritmo de alimentación de material a partir del equipo de descarga. La mezcla se consigue mediante un apilamiento adecuado.

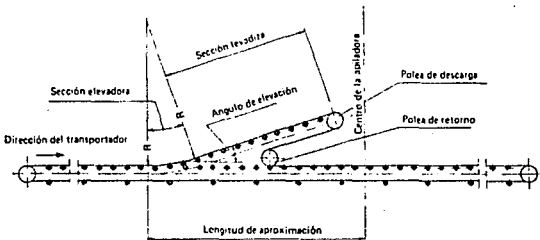


FIGURA VIII-23. PRINCIPIO DEL TRANSPORTADOR-VOLCADOR

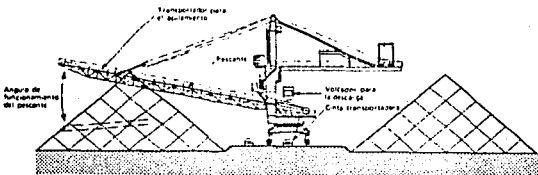


FIGURA VIII-24. APILADORA DE MATERIALES EN PILAS O MONTONES

La recogedora moderna es una máquina que puede recoger y descargar continuamente el material de la zona de almacenamiento, y consiste en un mecanismo de recogida y en un transportador intermedio. El mecanismo de recogida puede ser una rueda giratoria de cangilones o brazos colectores. Las recogedoras son muy eficaces, siempre que se hayan dispuesto debidamente las pilas o montones de materiales. El rendimiento normal de esos aparatos varía entre 1,000 y 3,000 toneladas por hora. Al proyectar los sistemas de transportadores hay que tener en cuenta los rendimientos máximos. La accesibilidad a las pilas de materiales de distintas calidades puede limitar el orden seguido en la recogida de las mismas. También puede ser necesario utilizar una explanadora para empujar las partes más alejadas del montón hasta una posición accesible al brazo de la recogedora. Las máquinas de gran capacidad son muy pesadas y requieren que la vía tenga cimientos muy resistentes, por lo que las condiciones del suelo pueden ser un factor limitativo para su empleo.

Las apiladoras-recogedoras (véase figura VIII-25) combinan en una sola máquina las dos funciones de apilamiento y recogida. El transportador del pescante se mueve en el sentido de la descarga y la rueda recogedora permanece inmóvil mientras se descarga; por el contrario, cuando se trata de recoger, el transportador se mueve en sentido inverso y la rueda recogedora funciona.

Las apiladoras-recogedoras han demostrado ser muy útiles cuando la zona de almacenamiento es pequeña. En una zona pequeña, la instalación de una máquina apiladora y de una recogedora a veces limitará la zona de trabajo de cada máquina y hará que en ciertos lugares el material resulte inaccesible. Cuando no hay necesidad de apilar y recoger material al mismo tiempo, por ejemplo cuando el flujo de entrada de un solo material puede pasar directamente al cargador junto con el material recogido, se recomienda el empleo de una apiladora-recogedora, lo cual entraña una inversión inicial más reducida. Por otra parte, si es preciso efectuar ambas operaciones simultáneamente, será necesaria una máquina para cada función.

Una alternativa a la apiladora-recogedora de cangilones es el scraper-recogedor conocido también como recogedora "retroapiladora". En este caso el transportador del pescante consiste en dos cadenas muy resistentes con paletas de grandes dimensiones a intervalos regulares. En la operación de apilamiento, las paletas del transportador del pescante llevan el material de la tolva de alimentación al montón; para recoger el material se invierte el sen-

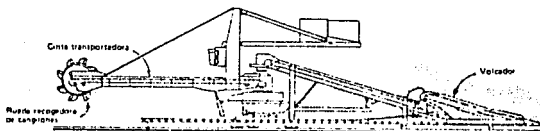


FIGURA VIII-25. APILADORA-RECOGEDORA TÍPICA

tido de la marcha del transportador, el material se recoge de la pila y, por un canalón, pasa a un transportador normal. Este sistema, que tiene menos gastos de mantenimiento y levanta menos polvo, se ha utilizado con buenos resultados en una terminal para fosfato mineral.

Hay otro tipo de máquina scraper-recogedor que, por lo general, se instala dentro del almacén, aunque se utiliza fuera de él cuando los materiales pueden permanecer a la intemperie. Con este aparato se alcanzan rendimientos de hasta 1,000 toneladas por hora; el material se recoge de la pila con un transportador de cadenas con scrapers suspendido de una estructura porticada y que puede girar sobre un extremo inferior. El pórtico se monta sobre carriles de traslación que se desplazan sobre carriles a todo lo largo del edificio. La cinta transportadora instalada en la terminal recibe el material del extremo giratorio del transportador de cadena; a veces se instala un segundo scraper de cadena en la otra columna del pórtico que empuja el material hasta ponerlo al alcance del transportador principal.

Este método tiene varias ventajas:

- a) La máquina puede funcionar de modo enteramente automático, aunque por lo general esté controlada por un operador;
- b) El rendimiento de la operación de recogida es independiente de la habilidad del operador.

Un inconveniente es que el considerable espacio que requiere la instalación va en merma del espacio de almacenamiento dentro del edificio.

El sistema de recogida subterránea puede utilizarse tanto en almacenes como al aire libre y es probablemente uno de los más utilizados, aunque tiene ciertos inconvenientes. Normalmente consiste en uno o más transportadores subterráneos instalados en túneles todo a lo largo del almacén, como se ve en la figura VIII-26. En este sistema el material de descarga por gravedad a los transportadores subterráneos. La forma de los túneles depende del método utilizado para controlar el ritmo de descarga.

En un ejemplo de este sistema hay una serie de aberturas de carga en el suelo del almacén, cada una con un tubo de bajada y una compuerta ajustable. El flujo de material que pasa por una abertura puede alcanzar las 1,000 toneladas por hora, y el ritmo total de recogida dependerá del número de aberturas que sea posible controlar. Normalmente es posible descargar simultáneamente a través de tres o cuatro aberturas en cada transportador.

La principal ventaja del sistema es que los costos de capital son relativamente bajos, pero este factor puede verse contrarrestado por los costos de funcionamiento y la ineficiencia de la operación de recogida. Cada boca de carga sólo puede recoger un volumen limitado de material, según el talud natural del material. Más aún, la velocidad del flujo a través de cada boca de carga disminuye durante toda la operación de recogida, y el operador tiene que vigilar constantemente para mantener el ritmo global de la operación. Como, por lo general, es necesario en todo momento tener en funcionamiento más de una abertura, el ritmo de extracción dependerá de la habilidad del --

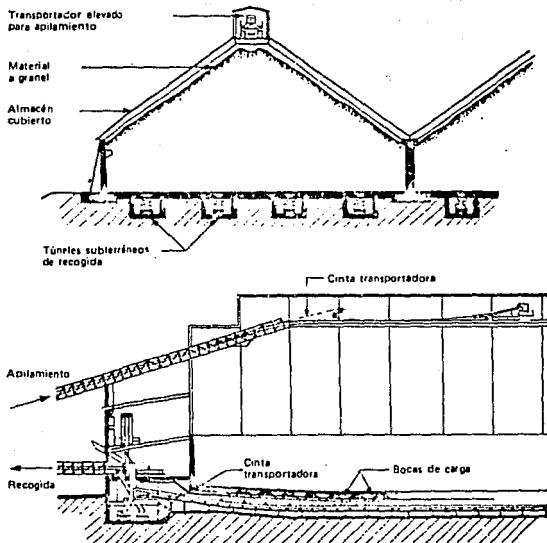


FIGURA VIII-26. RECOGIDA CON ALIMENTACION DE LA CINTA TRANSPORTADORA POR GRAVEDAD

operador y es inevitable que se produzca algún descenso en el rendimiento. - Otro inconveniente es que no es posible vaciar completamente el almacén sin recurrir al uso de explanadoras, y esto puede ser inaceptable tratándose de manipular materiales peligrosos o polvorientos. También puede ser difícil evitar que haya mucho polvo en los túneles y que los operadores del mecanismo de alimentación trabajen en condiciones penosas. Otra cuestión importante que debe tenerse en cuenta al proyectar los sistemas subterráneos de recolección es la de los desagües.

Una forma de extracción que permite salvar los inconvenientes operacionales consiste en utilizar un extractor de rueda de palas para alimentar la cinta transportadora. En este caso es preciso construir un solado especial -

para el almacén, con costados inclinados y un canal continuo todo a lo largo del almacén. El extractor de rueda de palas, provisto de brazos que giran lentamente en un plano horizontal, está montado en un carro que se mueve hacia adelante y hacia atrás a lo largo del canal. De esta forma el material se recoge constantemente y por igual en todo el almacén y la operación puede ser controlada automáticamente por un operador desde una cabina aislada, lo que resulta ventajoso cuando se manipulan materiales que levantan polvo. El principal inconveniente del sistema es que el costo de construcción del canal especial puede ser considerable.

Tratándose de instalaciones muy pequeñas que disponen de una zona de almacenamiento de dimensiones apropiadas junto a los muelles o de un sistema de recogida por transportadores, puede ser conveniente utilizar una pala cargadora de ataque frontal y una cinta transportadora móvil con una tolva de alimentación de tamaño adecuado. En algunas instalaciones es preciso utilizar un pequeño transportador de alimentación instalado bajo la superficie, junto con una tolva de grandes dimensiones a nivel del suelo, abierta por un lado, a través del cual puede empujarse directamente el material. Utilizando la pala cargadora de ataque frontal, un operador puede alcanzar un rendimiento de hasta 100 toneladas por hora. Los transportadores móviles también pueden utilizarse para cargar directamente en gabarras y barcasas a partir de camiones basculantes.

Almacenamiento.

La disponibilidad de terrenos suficientes para los montones de material está limitada por condiciones naturales o por el costo de adquisición. Así pues, el almacenamiento debe planificarse de manera que pueda almacenarse un volumen máximo de materiales en una superficie mínima. El volumen de material que se puede almacenar en una superficie determinada dependerá no sólo de la resistencia del suelo y de las características del material, sino también del alcance y la altura de las apiladoras y recogedoras. La función del almacenamiento es permitir que los medios de transporte con horarios y ritmos de trabajo diferentes funcionen independientemente unos de otros para evitar demoras que ocurren cuando un servicio ha de esperar que termine otro.

La forma más frecuente de almacenamiento a granel es la disposición en caballón (véase figura VIII-27), en que el material se coloca en un montón alargado cuyo ancho está determinado por la altura de descarga y por el talud natural del material. En las instalaciones más pequeñas puede disponerse el material en forma de pila circular, realizándose las operaciones de apilamiento y recogida mediante una apiladora-recogedora giratoria central. La zona de almacenamiento puede estar a la intemperie o totalmente cubierta, según el material y las condiciones climáticas.

En el caso de materiales a los que perjudica la intemperie se utiliza un almacén cubierto, por lo general una estructura porticada que cubre toda la pila a lo largo y a lo ancho. La alimentación de material se realiza generalmente mediante un transportador situado en la parte más alta del edificio y la recogida mediante un scraper-recogedor o un transportador subterráneo.

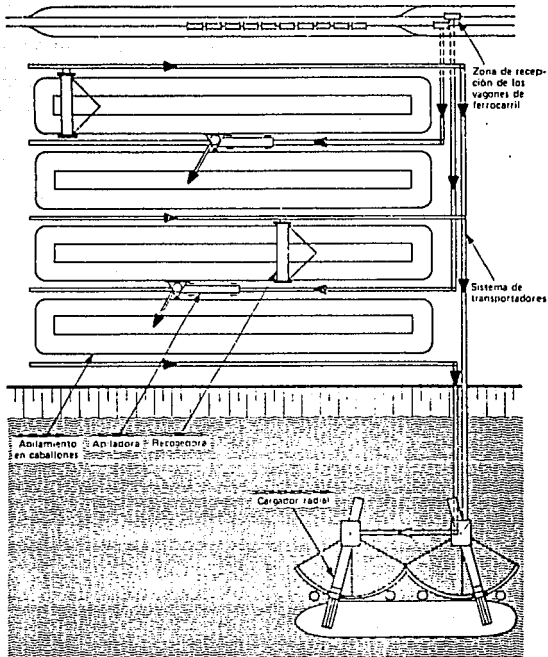


FIGURA VIII-27. PUERTO DE EXPORTACION CON APILAMIENTO EN CABALONES

El material descargado de un buque debe cargarse a veces en vehículos de carretera o de ferrocarril para su transporte hacia el interior. En ese caso quizás sea conveniente utilizar un depósito o silo conjuntamente con el almacenamiento en explanada. El depósito tiene la forma de un almacén elevado de capacidad limitada, que puede alimentarse al mismo tiempo que el flujo principal que va a los montones o pilas. La carga de los vehículos para el transporte hacia el interior se realiza mediante compuertas en el fondo del

depósito. Por lo general, el control se hace desde plataformas elevadas, -- desde las que se puede ver toda la operación de carga y los movimientos del tráfico. Los depósitos pueden ser de hormigón armado o de estructura de acero, y pueden alimentarse con sistemas transportadores aéreos o con elevadores neumáticos.

Cuando los depósitos están vacíos, el material que entra puede caer -- desde una altura considerable, lo cual da lugar a la segregación y degradación de los materiales friables. Para evitar esa degradación se utiliza un descensor especialmente diseñado en forma de espiral, que frena por fricción la caída del material.

Un silo puede ser una instalación única o una instalación múltiple en la que se almacenan ciertos tipos de productos. Por lo general, los silos -- se utilizan para el almacenamiento de cereales y piensos, a los que hay -- que proteger contra la humedad y los insectos. En el caso de que la construcción sea de acero, es preferible que las planchas de acero de las paredes -- estén revestidas de un esmalte vítreo de modo que la superficie sea prácticamente inmune a la corrosión. Esa protección es importante, puesto que las paredes de un silo situado cerca del mar pueden verse rociadas por las olas. Dentro del silo cualquier corrosión afectaría a la calidad de los cereales.

En los últimos años se ha desarrollado un sistema de bidones (tote bin) para el transporte de cargas a granel de poco volumen, especialmente cuando se requiere un recipiente hermético. El tote bin es al mismo tiempo un contenedor de transporte y un recipiente de almacenamiento intermedio, que se transforma en una tolva de descarga una vez montado sobre un dispositivo -- volcador especial. Así pues, el material permanece en un solo contenedor durante todo el transporte.

El material más utilizado para construir esos bidones es el aluminio, -- que es ligero, resiste a la corrosión y permite el apilamiento. Por desgracia, como sucede en todos los recipientes para el transporte a granel, el -- viaje de vuelta en vacío aumenta considerablemente el costo del transporte, y esto constituye una seria limitación tratándose de viajes largos y de materiales de exportación. Si es posible reducir el volumen del recipiente para el viaje de regreso, este inconveniente se reduce al mínimo. Otra posibilidad es utilizar un recipiente de bajo precio que sólo se emplee una sola -- vez.

Recepción de vehículos.

Hay cuatro maneras principales de descargar los vagones de ferrocarril que transportan carga a granel:

- a) Descarga por el fondo;
- b) Basculación circular;
- c) Basculación longitudinal;
- d) Descarga neumática.

En los tres primeros métodos, el material se descarga a una tolva que --

se vacía mediante un transportador. Los vagones que se descargan por el fondo tienen en la parte inferior compuertas que se abren para vaciar el vehículo. En las instalaciones de basculación circular y longitudinal, el vagón -- bascula o se vuelca para descargarse. Con el basculador circular no es preciso desacoplar los vagones de ferrocarril si están provistos de acoplamientos giratorios.

En el caso de materiales polvorientos de cierta fluidez puede utilizarse una combinación de aire comprimido y de gravedad para descargar los vagones, que consisten en un recipiente a presión que mediante mangueras se descarga en el almacén de recepción.

Los camiones se descargan por los mismos métodos que los vagones de ferrocarril, pero a menudo pueden ser autobasculantes. Los camiones autobasculantes pueden descargar directamente a los montones por medio de una cinta transportadora con una tolva.

Consideraciones ambientales.

La prevención de la contaminación es un importante elemento de costo y en cualquier proyecto habrá que comenzar por definir una política del medio ambiente. El planificador tendrá que preparar un informe sobre los efectos -- que podría tener el proyecto en el medio ambiente local si no se tomase ninguna precaución especial. Además, habrá que hacer un estudio de las condiciones de trabajo en la terminal.

El material manipulado puede ser muy polvoriento, peligroso para la salud, o incluso formar mezclas explosivas con el aire o la humedad. Se plantean varios problemas en los que respecta a la supresión o extracción del -- polvo. En primer lugar, hay que especificar claramente el grado de contaminación tolerable fijando cuantitativamente las exigencias mínimas, por ejemplo, que la zona situada a una determinada distancia de la instalación no debe -- contener más de un número determinado de gramos de polvo por metro cúbico. -- De una instalación cuyo mantenimiento sea inadecuado se desprenderán grandes cantidades de polvo; por eso al elegir el equipo hay que buscar la simplicidad del diseño y la facilidad de mantenimiento.

Hay que hacer un estudio del equipo utilizado en la práctica para la manipulación de materiales semejantes, a fin de determinar sus efectos sobre -- el medio ambiente. Por ejemplo, se han buscado muchas maneras de cerrar herméticamente la tolva de recepción del descargador cuando el material se descarga de la cuchara a la tolva. Un método muy eficaz puede ser instalar la -- tolva en una cámara cerrada con cortinas de caucho.

Planificación.

El planificador del puerto deberá efectuar sus propios cálculos en lo -- que respecta a cada uno de los puntos siguientes, para los cuales se indican procedimientos en el presente trabajo:

- a) La capacidad horaria efectiva de cada instalación de manipulación y

las capacidades combinadas de todas las instalaciones de manipulación;

b) El número de puestos de atraque y el número de aparatos de carga y -descarga de cada puesto;

c) La capacidad y ubicación de las instalaciones de almacenamiento de -reserva, almacenes y depósitos;

d) La capacidad del parque de vehículos de transporte interior.

Desde el punto de vista de los intereses del puerto, es preferible disponer de una terminal de carga a granel de gran capacidad en lugar de dos o más terminales de poca capacidad anual. Cuando el crecimiento de las exportaciones se considere posible pero no seguro, quizás fuera conveniente empezar con unas instalaciones modestas y no demasiado costosas. Aun así, habrá que tener en cuenta la posibilidad de instalar cargadores y transportadores de mayor capacidad y de aumentar la superficie de almacenamiento en caso necesario, en una etapa posterior, sin causar ninguna interrupción importante de las operaciones. Mediante una planificación cuidadosa, la ampliación realizada de esta forma resultará más económica que la construcción de una segunda terminal para el mismo tipo de material.

El conjunto de las operaciones de la terminal debe formularse sistemáticamente, indicando el rendimiento horario en toneladas de cada elemento del equipo, para todas las situaciones que surjan durante la secuencia de carga y descarga. Se necesitarán unos procedimientos especiales para cuando sea necesario interrumpir las operaciones en una parte de la instalación.

La capacidad de la terminal para cargar y descargar buques se determina mediante un análisis conjunto del número de puestos de atraque y de instalaciones de carga o descarga de cada puesto, así como de su ritmo de manipulación. Los ritmos de manipulación de los cargadores son en gran parte función del ritmo de recogida de los materiales. Para este análisis deben utilizarse los diagramas de planificación I y II de los diagramas VIII-5 y VIII-6. Cuando las variaciones estacionales sean importantes, habrá que dedicar especial atención a las ventajas y desventajas de la inversión.

Los diagramas de planificación para la terminal de carga seca a granel se han preparado con objeto de ayudar al planificador del puerto en sus análisis económicos de los efectos de los diversos ritmos de manipulación sobre el tiempo de rotación de los buques. Además de los aspectos económicos, al planificador le interesan también los tiempos de servicio que requerirán los diversos volúmenes de los cargamentos. Esos diagramas se pueden utilizar indistintamente para una terminal de importación o de exportación de carga seca a granel.

Como ya se ha explicado, la productividad de cada instalación de carga o descarga varía según las características del buque y de la carga, así como en función de la posición de la carga en el buque. Los fabricantes suelen publicar unas capacidades nominales para un producto determinado que se basan en unas condiciones de funcionamiento casi óptimas. Así pues, hay que aplicar un coeficiente o factor de eficiencia de la totalidad del tiempo de trabajo efectivo del buque para obtener su capacidad horaria efectiva en condiciones de trabajo. El coeficiente debe determinarlo un especialista, pero de un modo aproximado se puede suponer que no es más de 0.5 en el caso de la -descarga y 0.7 en el de la carga.

DIAGRAMA VIII-5.

Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación I: tiempo de permanencia en el puerto de atraque

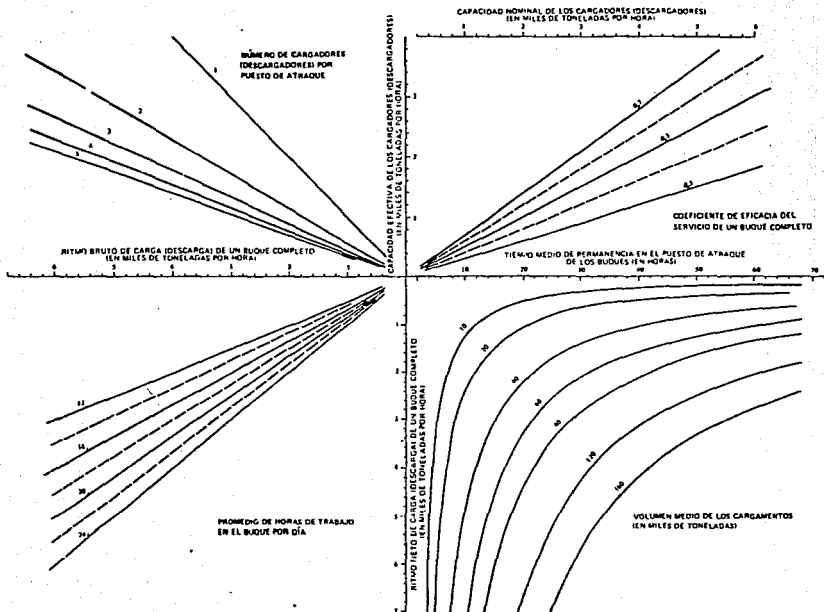
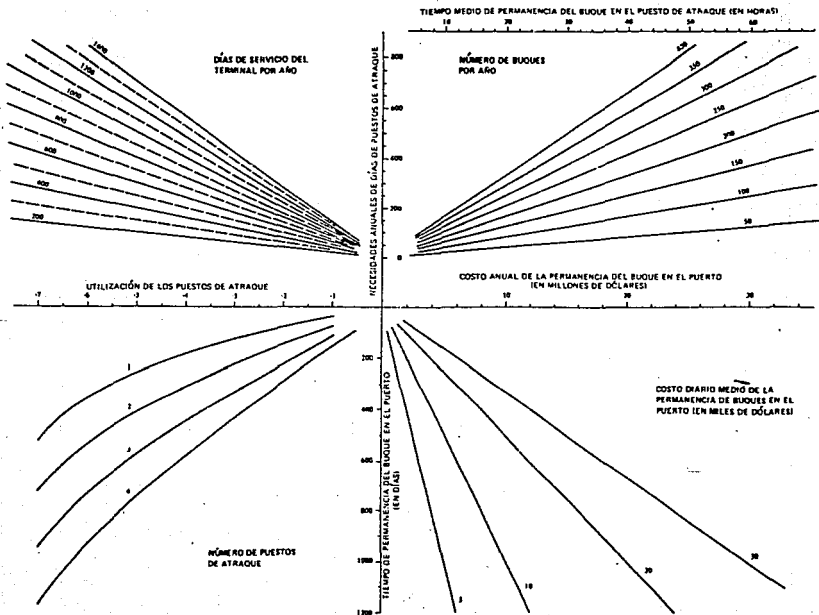


DIAGRAMA VIII-6.

Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación II: costo de la permanencia de buques en el puerto



La ley del rendimiento decreciente rige en lo que respecta al número de cargadores o descargadores que pueden utilizarse en un buque. Es decir, que multiplicando por dos el número de instalaciones de un puesto de atraque no siempre se conseguirá duplicar el movimiento de mercancías. A los efectos del diagrama de planificación, se han supuesto los siguientes coeficientes de rendimiento para dos, tres, cuatro y cinco cargadores/descargadores por puesto de atraque, respectivamente 1.75, 2.25, 2.60 y 2.85.

Los diagramas de planificación I y II para terminales de carga seca a granel se utilizan del mismo modo que los diagramas de planificación I y II para terminales de carga seca fraccionada. El planificador necesita los datos básicos siguientes para poder utilizar esos diagramas: las capacidades nominales de los cargadores/descargadores, el volumen medio de los cargamentos, el número de buques al año, el costo medio de los buques por día y el número de días de servicio del puesto de atraque por año.

En el diagrama de planificación I los puntos de intersección con los ejes proporcionan al planificador la información siguiente: la capacidad efectiva de cada cargador o descargador; el ritmo bruto de carga o descarga; el ritmo neto de carga o descarga que equivale al ritmo bruto si el muelle funciona 24 horas diarias, y el tiempo medio de permanencia en el muelle de los distintos buques. A ese tiempo medio se ha añadido una demora típica de dos horas para el atraque y desatraque de los buques. Cuando la demora efectiva difiere de esta cifra, se puede ajustar en consecuencia el tiempo medio de permanencia en el muelle. El ritmo neto es una cifra clave para describir la productividad de un muelle de carga a granel.

En el diagrama de planificación II las intersecciones con los ejes proporciona al planificador los datos siguientes: las necesidades anuales de días de puestos de atraque; la utilización de los muelles; el tiempo de permanencia de los buques en el puerto, y el costo anual de la permanencia de los buques en el puerto. El número de días de servicio de la terminal por año está representado por la suma del número de días de servicio de cada puesto de atraque.

El planificador también puede utilizar el primer diagrama para determinar la mejor combinación de capacidad nominal, número de instalaciones y período de servicio diario necesarios para un determinado tiempo de permanencia en el muelle y un volumen de cargamento determinado. Cuando se ha encontrado una combinación adecuada, el planificador puede utilizar el segundo diagrama para seleccionar el número de puestos de atraque necesario para el movimiento anual de mercancías previsto. El número aproximado de buques por año se calcula dividiendo el movimiento anual de mercancías previsto por el volumen medio de los cargamentos. Para determinar el número óptimo de puestos de atraque hay que hacer estimaciones del total de los tiempos de permanencia de los buques en el puerto utilizando diferentes números de puestos de atraque. El número óptimo de puestos será el número para el cual el total de costos de muelle y de buque sea menor.

Se necesita una reserva de material para la exportación como elemento de regulación entre el sistema de entrega a la terminal y el sistema de carga del buque. La distribución de las llegadas al sistema de entrega depende

del ritmo de producción y del sistema de transporte interior. Por lo general, el ritmo de llegada es mucho más lento que el de carga de los buques, y por razones de economía, no hay que hacer esperar al buque. Por consiguiente, -- cuando llegue un buque deberá estar almacenada en el puerto la cantidad de mercancía necesaria para formar el cargamento.

Con la reserva de material de importación ocurre lo contrario, dado que la red de transportes interiores funciona a un ritmo mucho más lento que las operaciones de descarga del buque. La reserva de material no deberá nunca -- ser tan grande que impida a un buque descargar, ni tan pequeña que se interrumpa la distribución en el interior y resulten afectadas las industrias -- que utilicen los materiales a granel.

El planificador se enfrenta con el problema de seleccionar un nivel de existencias y una capacidad de almacenamiento que, al actuar como elemento -- regulador entre una oferta y una demanda variables, reduzca al mínimo los -- costos. Si el nivel desciende demasiado, se producirá una situación en la que el buque o la zona industrial tendrán que esperar para conseguir el material que precisan. Si la capacidad de almacenamiento es insuficiente, el sistema -- muestra material a la reserva -- los transportadores interiores o el buque -- tendrán que esperar. Esos gastos que entraña la espera tienen que compararse con los gastos de capital y de funcionamiento originados por la creación y mantenimiento de la reserva.

La superficie necesaria para el almacenamiento depende de los factores siguientes: el volumen del cargamento de los buques, la distribución de las llegadas, la distribución de los transportes internos y los ritmos de carga y descarga de los buques. Por lo que respecta a la carga de exportación, las necesidades de transporte interior dependerán de los ritmos de producción. -- Los factores mencionados son estocásticos y, por consiguiente, no existe una solución al problema de determinar el nivel adecuado de las existencias ni -- la capacidad de almacenamiento.

Las curvas que se dan en la figura VIII-28, muestran los niveles medio y máximo de la reserva que reducen a menos del 1% la probabilidad de que se produzca una interrupción en las operaciones de los buques, de las zonas de producción o de zonas industriales. Junto a cada curva de trazo continuo se indica el movimiento anual de mercancías proyectado de la terminal. Las curvas dan la relación entre el volumen medio de los cargamentos de los buques -- indicados en la escala inferior, y la capacidad de almacenamiento de reserva -- indicada en la escala de la izquierda. Ahora bien, el costo de mantener ese nivel de existencias y de crear la capacidad de almacenamiento necesaria podría ser superior al costo de las interrupciones.

Dada la simplicidad del modelo, hay que tener cuidado al utilizar los -- diagramas que, sin embargo, pueden dar una primera idea aproximada del nivel a que habrá que mantener las existencias. Así pues, en una terminal que maneja un millón de toneladas por año, con buques que transporten un cargamento medio de 20,000 toneladas, la capacidad máxima de almacenamiento deberá -- ser de 140,000 toneladas y el nivel medio de la carga almacenada de 75,000 -- toneladas. A esas cifras hay que añadir la reserva inactiva, es decir, el ma

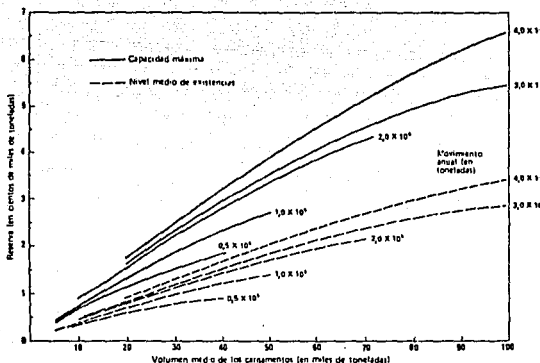


FIGURA VIII-28. DIRECTRICES PARA DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA RESERVA DE EXPORTACION EN FUNCION DEL MOVIMIENTO ANUAL DE MERCANCIAS Y DEL CARGAMIENTO MEDIO DE LOS BUQUES

terial residual que no se carga en el buque con objeto de evitar demoras a los buques como consecuencia del lento proceso que supone vaciar completamente la zona de almacenamiento. Este proceso, que se realiza en los períodos de inactividad, debe completarse dentro de un plazo determinado.

Con frecuencia hay que separar las mercancías a granel según sus características. Por ejemplo, en lo que hace a las importaciones, cada zona de almacenamiento deberá tener el tamaño suficiente para dar cabida por lo menos al cargamento completo de un buque de cada procedencia. En una terminal de importación de mineral de hierro cada zona de almacenamiento tiene una capacidad superior en un 50% al volumen de carga que puede transportar el mayor buque utilizado. Eso permite dar cabida al siguiente cargamento completo de un mineral similar antes de que se haya agotado por entero el primer cargamento. Así pues, al planificar las zonas de almacenamiento para carga a granel hay que tener en cuenta ese factor.

Si se proyecta una instalación de almacenamiento de la terminal teniendo en cuenta las fluctuaciones estacionales o del mercado con objeto de proporcionar un suministro continuo a pesar de la irregularidad del consumo, o viceversa, habrá que disponer de amplias zonas de reserva. Es evidente que, en este caso, resulta antieconómico dotar de un alto grado de mecanización a toda la zona de almacenamiento, por lo que habrá que seleccionar un sistema

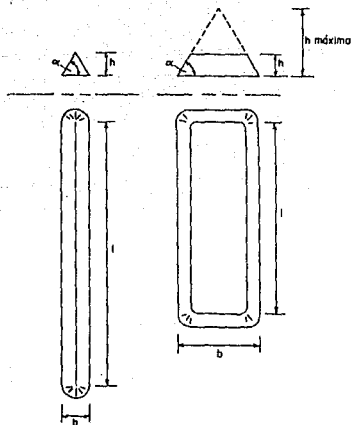


FIGURA VIII-29. DISPOSICION DE LOS MONTONES DE MATERIAL.

ángulo formado por la horizontal y la generatriz del cono que se forma al descargar el material. En la tabla VIII-6 se dan los taludes naturales de diversos productos. Trazando una línea hacia la derecha se halla la altura máxima a que se puede apilar el material y hacia la izquierda la superficie de la sección transversal máxima. La relación entre la altura real y la altura máxima determina el siguiente punto de inflexión. Se desciende desde ese punto a la línea que indica la longitud del montón. La superficie de la sección transversal del montón viene indicada por la intersección de esta trayectoria con el eje. De la línea correspondiente se pasa hacia la derecha hasta la línea del coeficiente de estiba y luego se sube hasta la línea horizontal que indica la capacidad de apilamiento. Para una base y una altura determinadas, puede modificarse la longitud con objeto de obtener distintas capacidades de almacenamiento.

La determinación del número de vehículos de transporte interior es sencilla, pese a lo cual no debe omitirse nunca al efectuar la planificación, con objeto de tener debidamente en cuenta el número, a veces enorme, de vehículos que serán necesarios. A continuación se indican los elementos que suelen ser susceptibles de error:

adecuado.

Una vez determinada en toneladas la cuantía de la reserva, el planificador deberá proceder a determinar la disposición y la superficie necesarias para almacenar ese tonelaje. En la figura VIII-29 se muestran diversas disposiciones posibles, donde α representa el talud natural del material, h la altura, l la longitud y b la base. La altura y la base de la pila o montón dependerá de las características del material, de la carga admisible del piso y del alcance de la apiladora-recogedora. Con esas dimensiones el planificador podrá servirse del diagrama de planificación III de diagrama VIII-7 para calcular las dimensiones de la reserva de material de la terminal de carga seca a granel.

Para utilizar el diagrama se parte de la cifra correspondiente a la base o anchura del montón de material. Se baja luego hasta la línea que representa el talud natural del producto, que es el

DIAGRAMA VIII-7.

Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación III: dimensiones de los montones de material

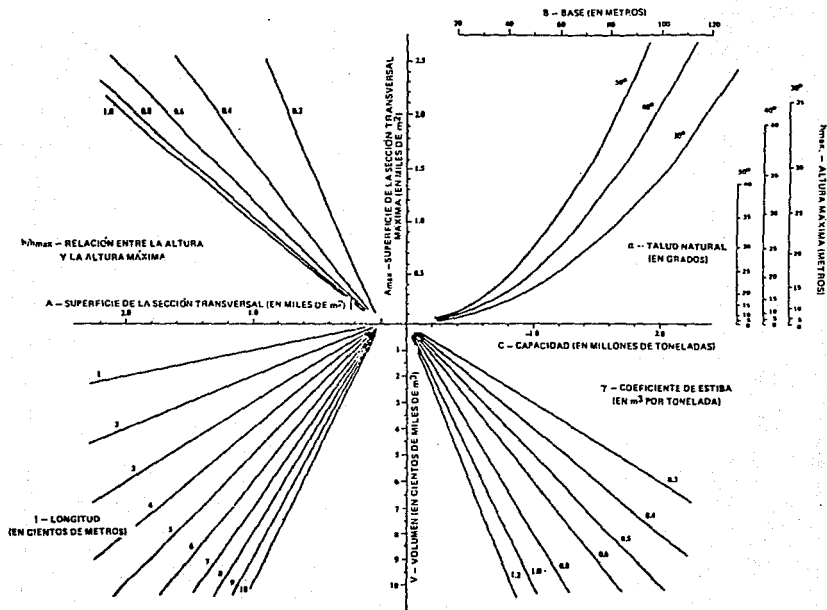


TABLA VIII-6.
 CARACTERISTICAS DE CIERTOS PRODUCTOS A EFECTOS DE PLANIFICACION DE PUERTOS

Producto	Producto a granel, talud natural cuando corresponda (grados)	Características físicas		
		Coeficiente de estiba		
		[metros cúbicos/tonelada (pies/tonelada)]		
		A granel	En sacos	Otros envases
CARGAS LIQUIDAS				
Aceites vegetales		1.1(39)		Barriles, bidones
Látex		1.0(37)		1.8(64)
Melazas		0.8(27)		Bidones
				1.5(52)
Petróleo crudo		1.2(42)		Cestas, cubas
Productos del petróleo		1.2(43)		1.4(50)
Vinos				Cubas, depósitos
				1.8(63)
CARGAS SECAS				
Minerales, productos minerales y químicos:				
Alúmina	35	0.6(21)		
Arena	30-40	0.5(19)		
Arcna de ilmenita	40	0.4(13)		Cajones
Azufre	35-40	0.9(31)		1.7(60)
Bauxita	28 (seca)- 49 (húmeda)	0.8(28)	1.0(36)	Barriles
				1.3(47)
			1.1(39)	
Caolín (arcilla de porcelana)	30-35	1.1(39)		
Carbón	30-45	1.4(48)	1.3(46)	
Cemento	40	0.7(23)		
		0.9-1.5	1.0(34)	
Coque	37	2.4(85)		Bidones, cubas
Coque de petróleo	30-40	1.5(52)		1.1(40)
Fosfatos naturales	30-34	1.0(34)		
Magnesita	35	0.7(25)		
Mineral de cromo	35	0.4(14)		
Mineral de hierro	30-50	0.4(14)		Cajones
				0.4(15)

TABLA VIII-6. (Continuación)

Producto	Producto a granel, talud natural cuando corresponda (grados)	Características físicas		
		Coeficiente de estiba		
		[metros cúbicos/toneladas (pies cúb/tonelada)]		
		A granel	En sacos	Otros envases
Sal	45	1.0(37)		
Productos alimenticios y productos de origen vegetal:				
Algodón				Balas 2.7(94)
Arroz			1.5(54)	Barriles 1.9(69)
Avena	32	2.1(75)	2.3(80)	
Azúcar	32	1.3(46)	1.3(46)	Cestas 1.5(52)
Azúcar sin refinar				Cajones 2.5(87)
Cacao			1.9(67)	
Café			1.8(65)	
Cebada	16-28	1.5(54)	1.7(60)	
Centeno	30	1.4(50)	1.6(55)	
Copra		2.1(73)	2.9(103)	
Esparto				Balas 4.2(150)
Frutas perecedoras				Cajones, cajas de cartón, etc. 2.7(97)
Frutos cítricos				Cajones, cajas de cartón, etc. 2.5(88)
Harina			1.3(45)	Sacos, barriles 1.6(55)
Harina para animales			1.5(53)	
Maíz	30-40	1.4(44)	1.5(54)	
Otras legumbres			2.0(71)	Cajones, barriles, balas 1.61(57)
Trigo	25-28	1.3(47)	1.5(52)	
Uvas				Cajones, barriles 3.9(140)

CUADRO VIII-1. PLANIFICACION DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE PARA UN SOLO PRODUCTO

Movimiento anual de mercancías de la terminal (toneladas)	Número de días hábiles para el transporte por año	Demanda diaria de transporte (toneladas)	Capacidad media de los vehículos (toneladas)	Demanda diaria de vehículos	Promedio de viajes por día	Número de vehículos necesarios
Exclusivamente por carretera:						
2 000 000	278	7 200	24	300	3	100, más la reserva de mantenimiento = 110 camiones
Exclusivamente por ferrocarril:						
2 000 000	330	6 060	20	303	1	303, en 5 trenes de unos 60 vagones cada uno
Combinación sugerida:						
20% por carretera						
400 000	278	1 440	24	60	3	20 más la reserva = 24 camiones
80% por ferrocarril						
1 600 000	330	4 850	20	242	1	242, en 4 trenes de unos 60 vagones cada uno

CUADRO VIII-2. PLANIFICACION DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE PARA VARIOS PRODUCTOS

Movimiento anual de la fundición:
 Producción: 120 000 toneladas de aluminio
 Insumos: 240 000 toneladas de alúmina
 72 000 toneladas de coque de petróleo

Necesidades semanales (toneladas)	Número de días programados por semana	Toneladas de transporte por día	Capacidad media de los vehículos (toneladas)	Demanda diaria de vehículos	Promedio de viajes por día	Número de vehículos necesarios
Alúmina	4	1 154	20	58	6	10
Coque	1	1 385	20	69	6	12
Propuesta : 12 vehículos más 3 de reserva = 15 camiones						
Aluminio	5	462	22	21	4	5+
Propuesta : 7 tractores de remolque, incluidos los vehículos de reserva						

- a) El número de días laborables de transporte por año;
- b) El promedio de viajes por día;
- c) El número de vehículos de carretera fuera de servicio por mantenimiento y reparación.

Teniendo presentes esas consideraciones, el método de cálculo para un solo producto es simple y directo. En el cuadro VIII-1 se da un ejemplo cifrado. Se indican en primer lugar las consecuencias que tendría el transportar toda la producción por carretera o por ferrocarril, y luego se hace una sugerencia para la repartición de la carga. Es necesario disponer de vehículos de reserva, no sólo para el mantenimiento del material sino también para poder aumentar el número de vehículos temporalmente en los momentos de máxima demanda.

Surge una complicación cuando es necesario transportar varios productos diferentes utilizando los mismos medios. Por ejemplo, una fundición de aluminio puede necesitar importar 1,500 toneladas de coque de petróleo por cada 5,000 toneladas de alúmina importadas, y exportar luego por la misma ruta 2,500 toneladas de aluminio. En este caso, lo normal sería planificar el transporte de los tres productos conjuntamente. En el transporte por ferrocarril podría recurrirse a un sistema de trenes en circuito cerrado. En el transporte por carretera se podría coordinar el transporte de diferentes productos utilizando el mismo parque de vehículos. En el ejemplo de la fundición de aluminio, como no hay posibilidad de equilibrar las corrientes de importación y exportación y como, además, el tipo de vehículo adecuado para la alúmina y el coque es inadecuado para transportar barras y lingotes de aluminio, sería conveniente introducir dos sistemas de transportes separados y aceptar que el viaje de regreso se haga con un cargamento reducido.

En el cuadro VIII-2 se da un ejemplo cifrado de esta solución. En relación con el cuadro VIII-1 hay aquí un elemento adicional, a saber, que en la operación común de transporte de alúmina y de coque deben preverse unos cuatro días para el transporte de la alúmina y un día, aproximadamente, para el transporte del coque. Ese calendario dependerá de la capacidad de la reserva existente en el puerto y en la fundición y, a su vez, influirá en esa capacidad.

Principales productos a granel.

1.- Mineral de hierro.

Aunque en los países en desarrollo no hay ninguna gran terminal para la descarga de mineral de hierro, si existen varias terminales de carga. En general, los puertos utilizados para la carga y la descarga de mineral de hierro actúan como terminales de transbordo, que enlazan dos modos de transporte y, por lo tanto, casi siempre es necesaria cierta capacidad de almacenamiento de reserva que sirva de regulador entre los movimientos del transporte terrestre más o menos continuos y los movimientos intermitentes del transporte marítimo. En la figura VIII-30 se muestra una terminal típica para la exportación de mineral de hierro.

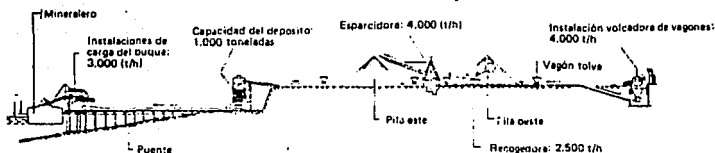


FIGURA VIII-30. CORRIENTE DE MATERIAL EN EL PUERTO DE EXPORTACION DE MINERAL DE NOUADHIBOU (MAURITANIA)

2.- Cereales.

Un ejemplo de terminal de cereales es el que posee y explota la administración del puerto de Marsella para todos los usuarios, que se utiliza principalmente para descargar cereales de los buques. En la figura VIII-31 muestra un plano de la terminal. Los cereales u otros materiales que pueden descargarse mediante un sistema neumático pueden almacenarse en el almacén de carga a granel.

En la terminal se utilizan dos puestos de atraque, con una longitud total de 297 metros, para descargar o cargar buques de hasta 9,8 metros de calado. Hay cuatro extractores neumáticos montados sobre raíles, con cuatro tubos de alimentación para descargar los buques, cada uno de ellos con una capacidad nominal de 250 toneladas por hora y una capacidad efectiva de 200 toneladas por hora. Dos de los extractores, cada uno de ellos con dos tubos de descarga independientes, pueden utilizarse también para la carga, pero tienen un rendimiento efectivo de 100 toneladas por hora solamente.

Hay cuatro transportadores de cinta, cada uno de ellos con una capacidad nominal de 250 toneladas por hora; en dos de ellos puede invertirse el sentido para cargar los buques. Los cuatro transportadores llegan hasta el silo vertical donde se elevan los cereales hasta la parte superior de la torre de pesado y distribución. Hay cuatro básculas de cuba, cada una de ellas con una capacidad de tres toneladas, que permiten registrar el movimiento de cereales antes del almacenamiento. El silo vertical comprende 57 células de 420 m³ cada una y 40 células de 110 m³ cada una, lo que permite almacenar unas 20,000 toneladas de cereales. Desde el silo se pueden descargar en camiones o en vagones de ferrocarril. Se necesitan de 14 a 41 personas, según el número de extractores neumáticos utilizados.

En la figura VIII-32 se muestra una panorámica de la terminal de granos de Tilbury en el Reino Unido, perteneciente al puerto de Londres.

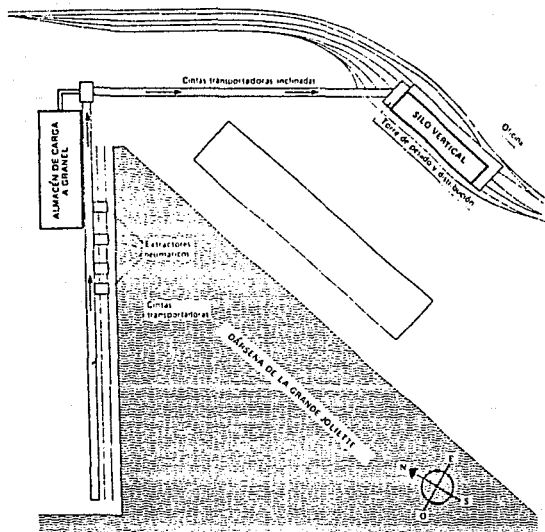
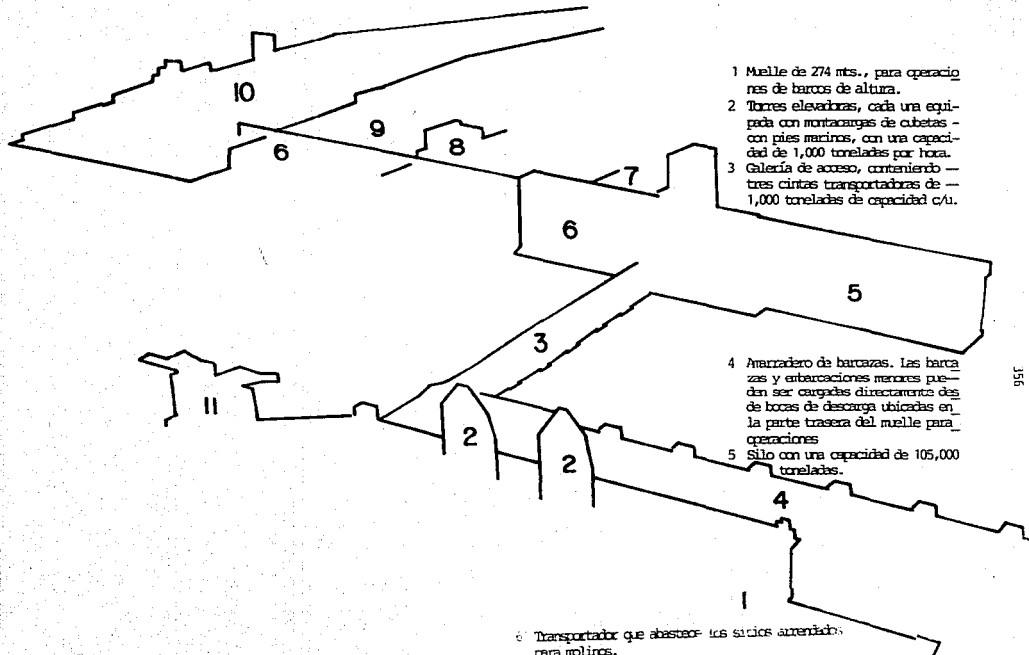


FIGURA VIII-31. PLANO DE UNA TERMINAL DE CEREALES TÍPICA, EN MARSELLA



- 1 Muelle de 274 mts., para operaciones de barcos de altura.
- 2 Torres elevadoras, cada una equipada con montacargas de cubetas - con pies marinos, con una capacidad de 1,000 toneladas por hora.
- 3 Galería de acceso, conteniendo tres cintas transportadoras de 1,000 toneladas de capacidad c/u.

- 4 Amarradero de barcazas. Las barcazas y embarcaciones menores pueden ser cargadas directamente desde bocas de descarga ubicadas en la parte trasera del muelle para operaciones.
- 5 Silo con una capacidad de 105,000 toneladas.

- 6 Transportador que abastece los sitios arrendados para molinos.
- 7 Sitio no. 1 para molino.
- 8 Sitio no. 2 para molino.
- 9 Sitio no. 3 para molino.
- 10 Sitios 4 y 5 para molinos. Un nuevo complejo de molinos para raíz.
- 11 Muelle costero recientemente construido para servir al tráfico adicional.

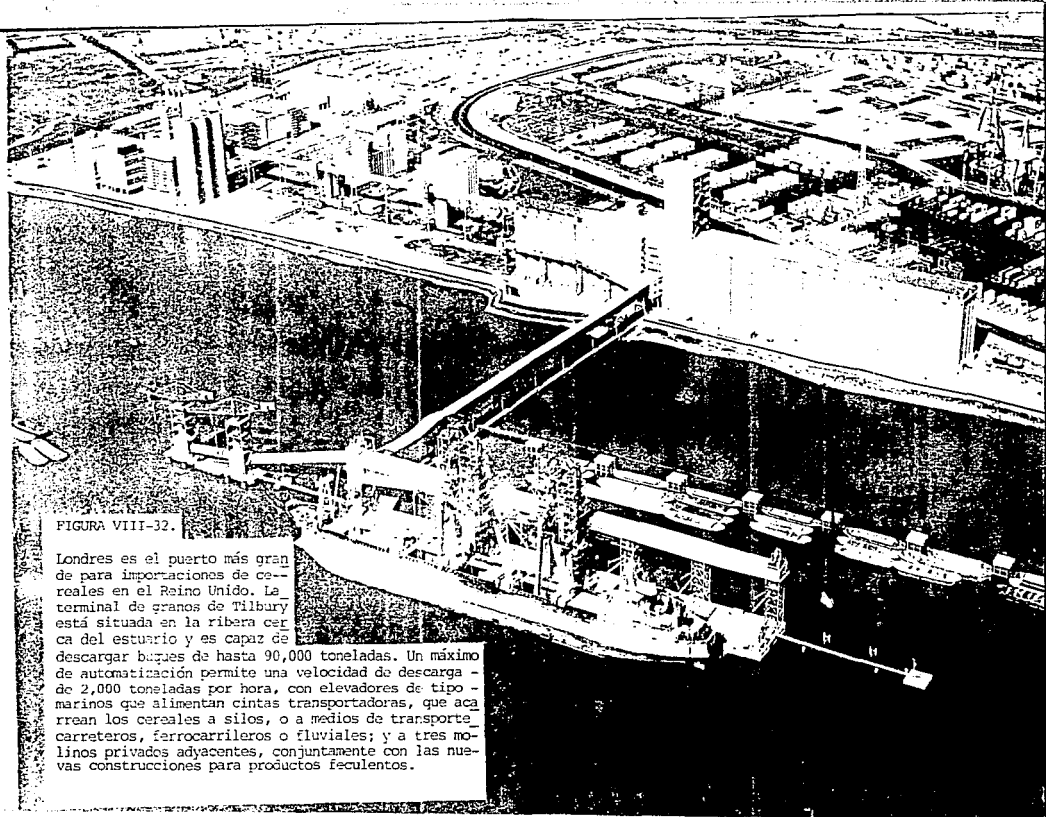


FIGURA VIII-32.

Londres es el puerto más grande para importaciones de cereales en el Reino Unido. La terminal de granos de Tilbury está situada en la ribera cerca del estuario y es capaz de descargar buques de hasta 90,000 toneladas. Un máximo de automatización permite una velocidad de descarga de 2,000 toneladas por hora, con elevadores de tipo marinos que alimentan cintas transportadoras, que acarrear los cereales a silos, o a medios de transporte carreteros, ferrocarrileros o fluviales; y a tres molinos privados adyacentes, conjuntamente con las nuevas construcciones para productos feculentos.

TERMINALES PARA CARGA LIQUIDA A GRANEL.

Es difícil dar directrices para el diseño de una terminal de carga líquida a granel, ya que el equipo y el número de puestos de atraque necesarios guardan relación directa con el volumen total de la carga líquida a granel que ha de manipularse. Esto se debe principalmente a la necesidad de separar las distintas calidades, que siempre son muchas, de un mismo producto líquido. Por ello el número de depósitos de almacenamiento y el equipo necesario dependen más del número de calidades diferentes de un mismo producto que se espera lleguen a la terminal que de su volumen total. En general, el ritmo de descarga del cargamento líquido viene determinado por la capacidad de las bombas del buque y no por la del equipo de manipulación del puerto. Así pues, la planificación de las instalaciones para carga líquida a granel es una operación especializada cuya realización incumbe normalmente a la industria interesada, en estrecha colaboración con la administración del puerto.

En la mayoría de las terminales para carga líquida a granel la principal preocupación es la seguridad. Muchas de las mercancías son inflamables o peligrosas por otras razones o presentan un riesgo de contaminación en el momento de cargar y descargar y cuando están almacenadas. Estos problemas condicionarán la elección del emplazamiento de la terminal y los detalles de su disposición técnica. Todas las propuestas de desarrollo deberán examinarse debidamente desde el punto de vista de la seguridad y de la contaminación.

La planificación general y el emplazamiento de cada terminal tienen para las administraciones portuarias mucho más interés que los detalles técnicos. El proyecto técnico dependerá de las características propias de los distintos buques que utilicen la terminal. Para asegurar la compatibilidad entre el buque y la terminal habrá que verificar cuidadosamente los puntos siguientes:

- a) Número, longitud y diámetro de los brazos o mangueras de carga;
- b) Altura máxima del colector del buque;
- c) Características de las conexiones del colector;
- d) Número, diámetro y presión máxima de las conducciones del muelle.

Petróleo crudo y productos del petróleo.

Los grandes puertos de carga y descarga de petróleo crudo se encuentran en puntos muy separados y aislados, por lo general lejos de las regiones muy pobladas. El requisito más importante es un acceso fácil desde el mar a zonas adecuadas con aguas tranquilas y muy profundas. Las exigencias de calado obligan con frecuencia a construir terminales en mar abierto, con sólidos sistemas de defensa para absorber el impacto de los grandes petroleros al atracar. Si se importan productos petrolíferos o pequeñas cantidades de petróleo crudo para las refinerías locales, es necesario delimitar con tal fin un sector especial dentro del puerto comercial. Otra consideración importante que ha de tener presente el planificador es el modo de impedir que se extiendan los derrames de hidrocarburos. La figura VIII-33 muestra la disposición de los puestos de atraque de una terminal petrolera típica.

El petróleo crudo y los productos petrolíferos tienen características muy distintas y se pueden clasificar en dos grupos principales:

- a) Los aceites negros, que comprenden el petróleo crudo, el petróleo de horno y el aceite pesado diésel;
- b) Los aceites blandos, que comprenden la gasolina de automóvil, la gasolina de aviación, el queroseno y el gasoil.

El transporte de petróleo crudo ha ejercido una presión muy fuerte en favor de la economía del transporte, con la consiguiente construcción de superpetroleros. En la figura VIII-34 se indican las características de eslora, manga y calado de esos superpetroleros.

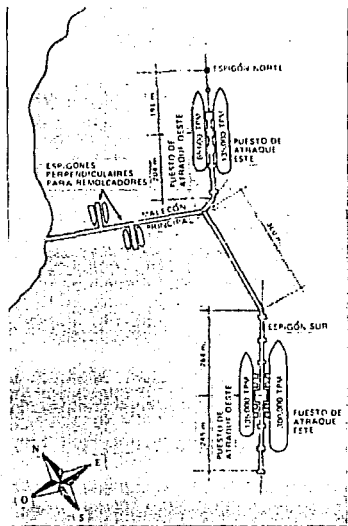


FIGURA VIII-33. DISPOSICION TIPICA EN ESPIGON DE UNA TERMINAL PARA PETROLEROS

Cada grupo de hidrocarburos requiere un equipo de manipulación diferente. En ciertas circunstancias, es posible que se necesite un equipo distinto para cada producto, o para cada subgrupo de productos dentro de un grupo, a fin de evitar la contaminación. Cuando se utiliza un mismo equipo para un grupo de productos, las operaciones de bombeo han de seguir un orden muy estricto.

La manipulación de los petróleos crudos y productos petrolíferos es peligrosa, y por ello se efectúa siempre en puestos de atraque, espigones o amarres de boya única completamente aislados de los demás muelles e instalaciones portuarias, y destinados exclusivamente a esos productos. Todos los componentes del equipo están especialmente concebidos para la manipulación de esos hidrocarburos y para funcionar en una atmósfera peligrosa. Para impedir la acumulación de la electricidad estática, es preciso que los muelles o espigones estén dotados de cables eléctricos de puesta a tierra.

Se recomienda que los brazos de carga y descarga sean de acero dulce comercial y se ac-

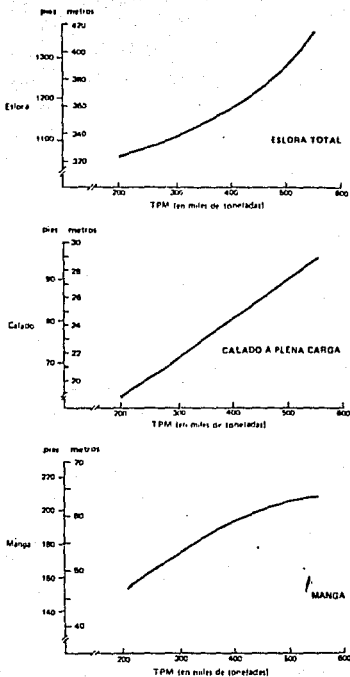


FIGURA VIII-34. PRINCIPALES DIMENSIONES DE LOS SUPERPETROLEROS

cionen a mano o hidráulicamente. Pueden utilizarse mangueras adecuadas cuando las cantidades que deban manipularse sean pequeñas, por ejemplo en el caso de los petroleros con una capacidad de 18,000 toneladas y cuando la presión de trabajo y la amplitud de la marea sean bajas. Según sea el ritmo nominal de carga o descarga, el diámetro de los brazos puede variar entre 200 mm. y 500 mm. El ritmo de bombeo entre la tierra y el buque variará considerablemente según el tamaño del buque que deba cargarse, las limitaciones del equipo de a bordo para la recepción del petróleo y el tiempo de rotación previsto. Como la capacidad de los buques está comprendida entre 500 y 500,000 toneladas, la escala de variación es grande. El ritmo de bombeo del buque a tierra depende de la capacidad de las bombas del buque. Normalmente el buque lleva cuatro bombas de carga, con un ritmo combinado de descarga de 6,500 m³ por hora para un petrolero de 60,000 TPM, y de 15,000 m³ por hora para un petrolero de 200,000 TPM.

Se utilizan siempre tuberías de acero suave, cuyo diámetro oscila generalmente entre 150 mm. y 900 mm. Se pueden utilizar diámetros incluso mayores, según sea el volumen de hidrocarburos que haya de manipularse. En los climas templados puede ser necesario calentar o calorifugar (forrar con un revestimiento termoaislante) los conductos utilizados para petróleos de horno y otros aceites negros pesados. Se utilizan normalmente bombas centrifugas, salvo para los aceites negros pesados que pueden requerir bombas volumétricas o bombas rotativas. Algunos aceites negros pesados necesitan ser calentados, incluso en climas subtropicales.

Si los productos se bombean por tuberías a una distancia superior a 3 km., puede que haya que utilizar un sistema de tacos para limpiar los conductos y evitar así una contaminación excesiva al pasar de un producto a otro, o para despejar los conductos a fin de aumentar el gasto. Mediante un sistema de introducción y recuperación se puede insertar una esfera de caucho duro en la tubería. La presión del petróleo hace avanzar esa esfera, que va limpiando la tubería, hasta una compuerta que permite recuperarla. En vista del carácter peligroso de esos hidrocarburos, es de importancia fundamental un sistema de comunicaciones eficaz entre los diversos puntos de la canalización. Se necesita un sistema especial de teléfono o de radiocomunicaciones previsto para su uso en una atmósfera tan peligrosa.

Se necesita un sistema de recogida y eliminación de los derrames para combatir la contaminación en las zonas en que pueden producirse, por ejemplo, en los puntos de conexión de las mangueras y de introducción o recuperación de los tacos de limpiar. El equipo comprende principalmente un depósito de acero dulce de tamaño adecuado situado bajo el suelo o a poca altura, y una pequeña bomba para volver a enviar el contenido del depósito colector a la tubería o al depósito apropiado. Además, hay que prever medios para contener y eliminar los derrames accidentales en el mar, como barreras flotantes de contención y embarcaciones especializadas para la recogida del petróleo derramado.

En los países exportadores, los buques deben descargar en tierra el agua de lastre antes de cargar. Antes de arrojar el agua hay que separar el petróleo que la haya contaminado. Para ello se necesita un equipo adecuado,

en particular depósitos, separadores de agua y petróleo y equipo de bombeo.

Hay que instalar un equipo perfeccionado contra incendios en todos los puntos peligrosos. Para ello hay que disponer primero de un suministro adecuado de productos contra incendios: espuma para los incendios provocados por el petróleo y agua para los provocados por otros productos. Los principales componentes del equipo necesario son: bombas de alta presión, mangueras, tomas de agua, depósitos de almacenamiento y tubería de distribución de espuma, torres de vigilancia y equipo móvil adecuado. Si el suministro de agua no es seguro, habrá que tomar medidas para almacenar un volumen de agua adecuado. Se puede utilizar el agua de mar para combatir los incendios siempre que se disponga de un equipo que permita emplear agua salada.

Se necesitan depósitos de acero dulce soldado para el almacenamiento de los productos petrolíferos. Hay que construir dos grupos diferentes de depósitos: uno para los aceites negros y otro para los aceites blancos; cada grupo estará rodeado de muros de una altura adecuada con elementos de trabazón. Hay dos tipos de depósitos: uno de techo flotante y otro de techo cónico fijo. El primero permite reducir las pérdidas por evaporación durante el almacenamiento del petróleo. Todos los depósitos están dotados normalmente de sumideros. La capacidad de los depósitos varía entre 500 y 20,000 m³, pero puede ser incluso mayor si es necesario. El peso de los depósitos, así como su altura, están limitados por las condiciones del terreno. En los climas templados puede ser necesario calentar y calorificar los depósitos de aceites negros pesados. La medición de la cantidad de petróleo que contienen los depósitos se efectúa mediante la inmersión de una varilla graduada o con ayuda de indicadores instalados expresamente. También se necesita equipo especial de laboratorio para controlar la calidad de los productos.

Gas natural licuado.

La criogenia es la rama de la física que trata de la producción y de los efectos de las temperaturas muy bajas. El gas natural licuado (GNL) se transporta a una presión próxima a la atmosférica y a una temperatura de -161°C. El coeficiente de dilatación del GNL hace que al pasar éste al estado gaseoso su volumen sea 630 veces superior a su volumen inicial. El gas de petróleo licuado (GPL) es un producto de la refinación del petróleo y de la explotación de los campos petrolíferos. El GPL debe transportarse a presión, a diferencia de lo que ocurre con el GNL, que puede transportarse a la presión atmosférica, aunque a temperaturas extremadamente bajas.

El carácter peligroso del GNL y la necesidad de mantenerlo a temperaturas muy bajas obligan a disponer de instalaciones especiales completamente aisladas del resto del puerto. Las superficies que entran en contacto con el GNL deben estar hechas de aleaciones capaces de resistir temperaturas muy bajas, ya que el acero corriente sería tan frágil como el vidrio.

Se necesita una gran variedad de equipo muy complejo para la licuación, el almacenamiento, la refrigeración, la carga, la descarga y la regasificación del GNL. Por la distancia de la zona productora de gas y por otros factores, no todas esas operaciones pueden realizarse siempre en la terminal. -

Sin embargo, se necesitan conductos y depósitos de almacenamiento aislados y dotados de instalaciones frigoríficas para el almacenamiento del GNL en la terminal. Los depósitos de almacenamiento para la exportación suelen tener una capacidad de 300,000 barriles (47,750 m³).

Aceites vegetales.

Comprenden diversos aceites —por ejemplo, el aceite de almendras de — palma, el aceite de semillas de algodón y el aceite de coco—, cada uno de los cuales tiene propiedades y densidades diferentes. Algunos de ellos se hallan en estado sólido a la temperatura ambiente y es preciso calentarlos. — Así pues, el equipo de manipulación necesario será distinto en cada caso. La figura VIII-35 muestra una instalación típica.

Las temperaturas de manipulación de los aceites vegetales oscilan entre 15°C y 65°C. Cuando haya que calentar el aceite, el cambio máximo de temperatura en 24 horas no debe pasar de 5°C. Los aceites no deben calentarse y enfriarse repetidamente, ya que ello conduce a una pérdida de calidad. La densidad varía entre 0.8 y 0.95, según el tipo de aceite y su temperatura.

Para cargar el buque es preferible utilizar mangueras especiales de caucho adecuadas para la manipulación de aceites vegetales. No obstante, en las operaciones de carga y descarga se pueden utilizar brazos de acero dulce con un revestimiento interior especial. El diámetro de las mangueras o los brazos de carga oscila normalmente entre 150 mm. y 200 mm. Se necesitan mangueras de menor sección para la descarga de los vagones o camiones cisterna. En este caso se utilizan bombas de fundición especialmente concebidas. Normalmente se utilizan bombas centrífugas, aunque también pueden utilizarse bombas rotativas o bombas monocilíndricas. El ritmo normal de bombeo de tierra al buque es de 100 a 150 toneladas por hora.

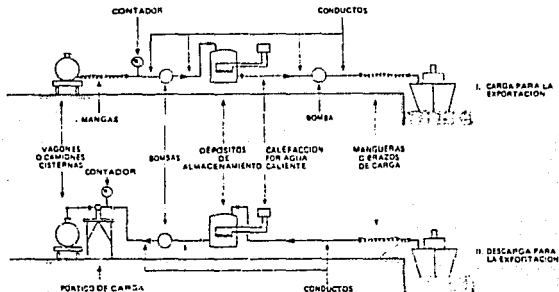


FIGURA VIII-35. INSTALACION TÍPICA PARA LA MANIPULACION DE ACEITES VEGETALES

En cuanto a los conductos, se recomienda el empleo de tuberías de acero inoxidable de 150 mm. a 200 mm. de diámetro sin revestimiento interior. En los climas templados también puede ser necesario calentar y aislar los conductos. Las válvulas principales de los depósitos y las bombas deben ser de acero moldeado. Todas las demás válvulas pueden ser de fundición. El lavado de los conductos se realiza con ayuda de detergentes apropiados y de tacos esféricos. Así pues, hay que instalar en puntos adecuados los dispositivos necesarios para introducir y recuperar los tacos de limpiar.

Los aceites vegetales se almacenan en depósitos de acero dulce soldado con un revestimiento interior adecuado. Como el volumen de aceites vegetales transportado a granel es relativamente pequeño, la capacidad de los depósitos es normalmente de unas 1,000 toneladas o menos. Todos los depósitos deben llenarse por la parte superior. Para ciertos aceites grasos hay que instalar puntos de extracción a distintos niveles en la pared del depósito. Los depósitos pueden instalarse fuera de la zona portuaria si es necesario, pero hay que tener presentes las limitaciones del equipo de bombeo. Las cantidades almacenadas en los depósitos se miden generalmente mediante una varilla graduada. También hay que disponer de equipo para la limpieza y lavado de los depósitos, sobre todo cuando ha de almacenarse en el depósito un tipo de aceite vegetal distinto del que había.

Para la carga de camiones o vagones cisterna se necesitan grúas-pórtico cubiertas, provistas de tuberías retráctiles con articulaciones giratorias o con mangueras de caucho adecuadas. Las grúas-pórtico están provistas también de contadores especiales para medir la cantidad recibida o entregada. Se necesitan camiones o vagones cisterna de construcción especial, dotados eventualmente de un dispositivo para calentar el aceite. Hay que disponer de bombas de descarga si los vehículos no las llevan.

Melazas.

La melaza es un jarabe viscoso, de color marrón oscuro, extraído del azúcar durante la refinación. El control de la temperatura es importante tanto durante la manipulación como durante el almacenamiento de las melazas, ya que por debajo de 32°C se solidifica y por encima de 38°C se caramelizan, es decir se convierte en una sustancia pegajosa similar al caramelo. Su densidad es de 1.34. Los métodos de manipulación de las melazas difieren de los empleados para los aceites vegetales.

Las mangueras para la carga o descarga de los buques deben tener un diámetro mínimo de 250 mm. y son normalmente manipuladas por los puntales de carga de los buques, pero puede ser necesario utilizar grúas móviles para la manipulación de las mangueras más allá del alcance de esos aparejos. El diámetro de las mangueras para la carga o descarga de los camiones o vagones cisterna no debe ser inferior a 150 mm. Sólo deben utilizarse bombas del tipo volumétrico o rotativo, con cabezal de aspiración directa y doble paso para facilitar la puesta en marcha. El ritmo normal de bombeo del buque a tierra es de 150 toneladas por hora.

Los conductos pueden ser de acero dulce o de fundición, pero su diáme--

tro debe situarse entre 500 mm. y 600 mm. En toda la instalación debe utilizarse válvulas de compuerta de acero colado. Después de utilizarlos, los conductos y las mangueras deben vaciarse con aire comprimido y lavarse con agua dulce.

La alta densidad de la melaza hace que sea necesario utilizar depósitos de acero dulce soldado, especialmente concebidos, con techos fijos. No hace falta ningún revestimiento interior del depósito. Una capacidad típica de los depósitos es de 14,000 toneladas. Para medir el contenido de los depósitos se utilizan indicadores hidrostáticos.

Los camiones o vagones cisterna deben ser de construcción especial; además, necesitan un revestimiento, así como dispositivos para calentar la melaza y bombas de descarga con orificios de salida de 150 mm. de diámetro. La capacidad media de esos vehículos es de 30 toneladas. Es posible que también haya que instalar puentes-báscula para medir las cantidades cargadas en los camiones o vagones cisterna.

Látex de caucho.

El látex líquido es una savia lechosa y viscosa que mana del hevea cuando se hacen incisiones en la corteza. De 100 toneladas de látex se obtienen aproximadamente de 36 a 38 toneladas de caucho. El fluido es miscible con el agua y el caucho. El fluido es miscible con el agua y el caucho se forma por coagulación. Se puede impedir la coagulación del látex añadiendo amoníaco o formaldehído. Es importante controlar la temperatura, que no debe ser inferior a 5°C ni superior a 32.5°C. La temperatura normal de almacenamiento en los depósitos es de unos 29°C. La densidad del látex líquido es de 0.94.

Se utilizan para manipular el látex mangueras especiales de caucho, cuyo diámetro es normalmente de 150 mm. a 200 mm. Se recomienda el empleo de bombas de tornillo de Arquímedes o bombas monocilíndricas dotadas de un estator de neopreno. También se pueden utilizar bombas centrífugas. El ritmo normal de bombeo para la carga de los buques es de 150 a 200 toneladas por hora.

Las características de los conductos y depósitos de almacenamiento utilizados para el látex de caucho son las mismas que las de los empleados para los aceites vegetales, aunque en el caso del látex se recomienda generalmente la utilización de válvulas esféricas de acero inoxidable. También pueden utilizarse válvulas de membrana. La capacidad de los depósitos de almacenamiento oscila entre 200 y 2,500 toneladas, y suele aplicarse a las paredes del depósito un revestimiento interior de cera de microparafina para impedir la formación de depósitos de caucho.

Amoníaco líquido.

El amoníaco es un gas anhidro incoloro, de olor acre. Si bien el amoníaco no es fácilmente inflamable, si se mezcla con aire o con oxígeno puede formar una mezcla explosiva. Es un gas muy irritante y tóxico, peligroso para los ojos, la piel y el aparato respiratorio. El amoníaco anhidro contiene nitrógeno, que es uno de los elementos básicos de los abonos. El amoníaco lí

quido se usa principalmente para producir abonos nitrogenados (nitrato de amonio) o abonos compuestos (abonos compuestos granulados).

El gas amoniaco se licúa enfriándolo a -33°C a presión atmosférica. El amoniaco líquido se transporta en cargueros especiales de 3,000 a 40,000 TPM. La descarga a los depósitos en tierra se efectúa por medio de las bombas del buque al ritmo de descarga típico de 600 toneladas por hora, con brazos de 6 pulgadas y el amoniaco a -33°C . Uno o varios brazos articulados conectan las tomas del buque con las tuberías terraaislandas situadas en tierra.

Los depósitos de almacenamiento deben estar protegidos contra los rayos solares, el calor y todos los productos que reaccionan cuando se mezclan con el amoniaco. El diseño de los depósitos debe minimizar la posibilidad de descarga directa en caso de accidente. El depósito de almacenamiento debe estar provisto de caretas antigás guardadas en un lugar central bien conocido y de fácil acceso. También debe preverse un sistema de aspersión de agua de gran capacidad.

Acido fosfórico.

Los ácidos fosfóricos elaborados a partir de fosfatos naturales son unos líquidos pegajosos de color entre verde y marrón. A 20°C la densidad de una solución al 50% de ácido fosfórico industrial es 1.65. Los ácidos industriales son corrosivos para metales como el hierro, el zinc y el aluminio. El acero inoxidable, el cobre, el bronce, el latón, algunas materias plásticas, el caucho y las pinturas a prueba de ácidos son resistentes al ácido fosfórico a temperaturas normales. A temperaturas superiores a 80°C , sólo el vidrio, la ebonita, el carbono y los materiales refractarios a prueba de ácidos resisten completamente. Aunque los ácidos fosfóricos son compuestos no inflamables y no explosivos, reaccionan con muchos metales liberando hidrógeno, lo que puede dar lugar a explosiones e incendios. Los ácidos fosfóricos irritan la piel y los ojos.

El transporte se realiza en buques especiales de hasta 25,000 TPM y las operaciones de carga y descarga se efectúan por medio de tuberías de acero inoxidable y de una manguera que establece la conexión entre el buque y la tierra firme. El ritmo típico de carga es de 600 toneladas por hora.

Los ácidos fosfóricos se almacenan en cisternas de acero con un revestimiento interior de caucho (planchas de caucho autovulcanizantes de 4 mm. de espesor). Las cisternas se encuentran en depósitos estancos de hormigón que pueden contener la capacidad de una cisterna llena en caso de escape o accidente.

Los ácidos fosfóricos se utilizan para la fabricación de abonos, ya que contienen fósforo. Se mezclan con otros compuestos fertilizantes, ya como ácidos, ya después de ser neutralizados como amoniaco.

IX. PUERTOS FLUVIALES.

El desarrollo de los puertos fluviales en nuestro país ha sido prácticamente nulo. Mas no ha sido así en otros países en los cuales las condiciones naturales han permitido un pleno desarrollo y explotación de sus vías y áreas navegables interiores (ver figuras IX-1, IX-2, IX-3, IX-4 y IX-5).

Es por ello que en este capítulo se trata un tema como es el referente al régimen de estuarios, que aunque no es el indicado, se justifica y a su vez complementa este trabajo; dado que en nuestro país la construcción de puertos en zonas de desembocaduras de ríos no es desconocida, sino lo contrario.

IX-A. REGIMEN DE ESTUARIOS.

En el aprovechamiento de las desembocaduras de ríos y lagunas litorales es muy importante describir, desde el punto de vista ingenieril, los diferentes conceptos que permitan entender el funcionamiento de estos cuerpos de agua. Conociendo este funcionamiento, es posible realizar el análisis de los accesos o bocas y sus problemas para plantear, en caso contrario, las obras de protección requeridas para mejorar el desarrollo de actividades en el interior de dichos cuerpos.

El principal problema para el establecimiento de un puerto o terminal pesquera en un río o en una laguna litoral, es generalmente la existencia de una barra con determinada profundidad (producto del azolvamiento), resultando necesario para el establecimiento de un puerto, contar con un canal de navegación que tenga un tirante que permita el acceso a las embarcaciones en el interior del puerto.

Para poder determinar la posibilidad anterior, resulta necesario realizar estudios físicos de la zona del acceso del puerto y de las condiciones fluviales existentes, a fin de determinar el comportamiento general de la costa, el río o la laguna litoral y las características de funcionamiento del acceso que permita definir las causas que originan el problema de azolvamiento y el establecimiento de las obras de protección necesarias para reducir o eliminar dicho problema.

TIPOS Y MORFOLOGIA DE LAS DESEMBOCADURAS.

Los cuerpos de agua principales deben considerarse de dos tipos: la laguna y el estuario.

Lagunas costeras: Desde un punto de vista geomorfológico se define como "depresión" que contiene agua dulce y salada localizada en el borde litoral. En otras palabras, son cuerpos de agua ubicados en la zona litoral del continente, que presentan una comunicación con el mar y a las cuales llegan corrientes superficiales de agua dulce continental, que propician la mezcla de ambas para dar como resultado concentraciones variables según la zona.

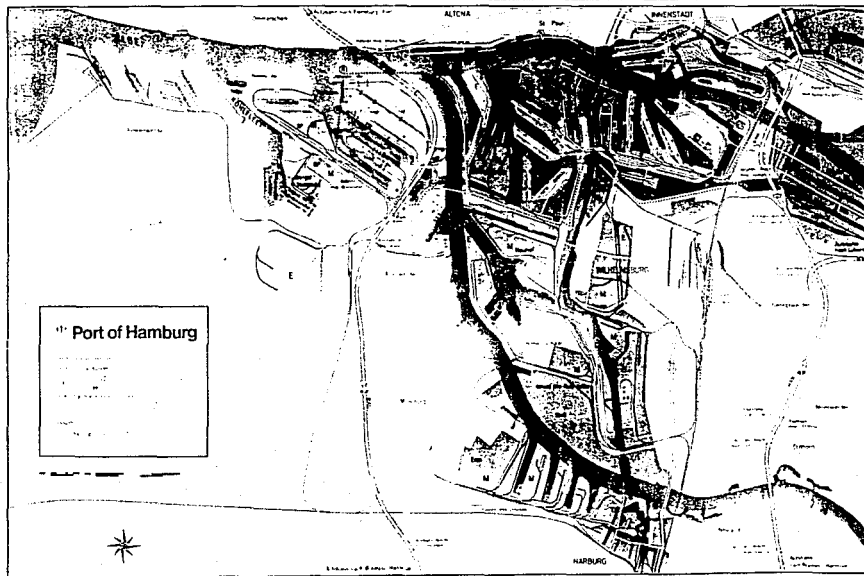


FIGURA IX-1. EL RIO ELBA, NAVEGABLE HASTA AGUAS ARRIBA DE DRESDE, ALOJA A LOS PUERTOS DE CUXHAVEN. ALTONA, HARBURG Y HAMBURGO.

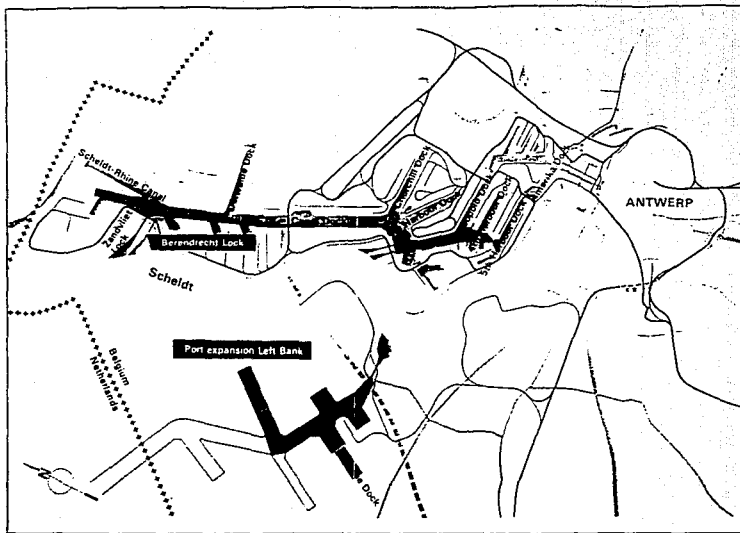


FIGURA IX-2. EL PUERTO DE ANWERP, DENTRO DEL RIO SCHELDT, EN BELGICA, A BASE DE CANALES ARTIFICIALES.



FIGURA IX-3. EL RIO SENA ALOJA LOS PUERTOS DE HAVRE MUY PROXIMO A LA DESEMBOCADURA Y ROUEN ALGO MAS ARRIBA, Y MUY ESPECIALMENTE EL PUERTO DE PARIS, EN FRANCIA.

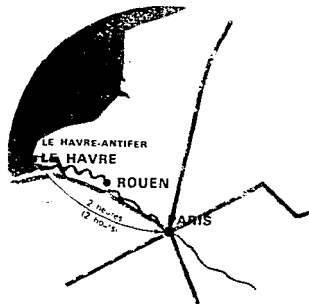




FIGURA IX-4

PORT OF COPENHAGEN



Printed in Denmark by
Bureau of Technical Drawing



FIGURA IX-5. TRAMO FINAL DEL RIO RIN, QUE CONDUCE AL PUERTO DE ROTTERDAM, EN HOLANDA.

Estuario: La palabra estuario proviene del latín "aestuarius" que quiere decir marea. En forma general el término se aplica a una formación costera en la cual la marea juega un papel importante. Históricamente se ha definido como la parte baja de los ríos sujeta a efectos de marea. Según Emery y Stevenson, estuario es una amplia desembocadura de un río o un brazo de mar, donde la marea encuentra a la corriente de un río.

Por su parte Pritchard, tratando de integrar ampliamente el concepto, establece que estuario es un cuerpo de agua costera semi-cerrado que tiene libre conexión con mar abierto y dentro del cual el agua marina puede encontrarse diluída con el agua dulce procedente de los escurrimientos de tierra firme.

Normalmente las lagunas costeras presentan variaciones relativamente pequeñas de marea, con amplia plataforma continental y una pendiente suave, en las cuales existe un cierto transporte litoral, que tenderá en la mayoría de los casos a cerrar completamente el acceso a la laguna.

En condiciones naturales existe un cierto equilibrio entre la acción de los diferentes agentes que intervienen en el funcionamiento de una laguna, actuando unos en el sentido de absorberlas y hacerlas desaparecer y otros en el sentido de profundizarlas o mantenerlas.

La acción humana es fundamental en este aspecto, ya que puede ayudar -- con sus obras a la desaparición de las lagunas o a la conservación de las mismas.

El cordón litoral tiende a adelgazarse o aun acortarse por el efecto de tempestades o ciclones, mientras que el transporte litoral tenderá a robustecerlo y a cerrar las bocas o accesos.

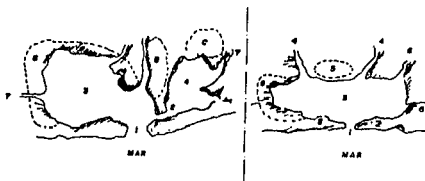
Las fuertes avenidas provocadas por las lluvias tratarán de abrir más -- bocas o profundizar los fondos por las corrientes que originan, al mismo tiempo que aportan sedimentos que posteriormente serán introducidos nuevamente por las corrientes de flujo, debido a los efectos de los fuertes oleajes al destruir la barrera litoral. Es frecuente establecer la diferencia entre laguna y estuario desde el punto de vista de la estabilidad en la salinidad. Así se dice que cuando el escurrimiento de agua dulce en un vaso separado de desarrolla un cuerpo estable de agua salobre puede considerarse como laguna. Si este mezclado no es estable y presenta cambios periódicos, el vaso podrá considerarse como estuario.

Sistema Lagunario-Estuarino. Un sistema lagunario-estuario está compuesto por los siguientes elementos:

Canal de comunicación con el mar, que puede ser la desembocadura del río del sistema o la liga de la laguna con el mar. En el primer caso la laguna puede estar integrada completamente con ese canal o comunicada a su vez con el río a través de un segundo canal. En el sistema estuarino más simple la parte baja del río se amplía considerablemente en comparación al resto del cauce.

Para el segundo caso la liga puede tener únicamente una longitud equivalente al ancho del cordón litoral que separe a la laguna del mar o constituir un brazo de mar de varios kilómetros de extensión. (Ver figura IX-6.)

Sistemas estuarios-Lagunarios: Desde el punto de vista de la mezcla de aguas dulces y saladas, en el primer caso presenta características bien definidas, aunque variables, para ir desde el movimiento estratificado con la cuña salina en la parte inferior, apareciendo inclusive en las fases más intensas del flujo inversión de corrientes, hasta el mezclado débil en toda la sección sin inversión de flujo. En el segundo caso, el fenómeno de mezcla es menos acentuado y el sentido de las corrientes de flujo y reflujos es bien definido.



Sistema preponderante Fluvial

- 1 Canal de comunicación.
- 2 Canal Laguna-Mar.
- 3 Laguna integrada al estuario.
- 4 Laguna separada del Río.
- 5 Vaso principal integrada por el río y laguna existente.
- 6 Planicies de inundación, vasos secundarios y Marismas.
- 7 Esteros (ocasionalmente).

Sistema preponderante Lagunario

- 1 Canal de comunicación.
- 2 Cordón Litoral.
- 3 Vaso principal.
- 4 Escurrimiento superficial.
- 5 Planicie de inundación, vasos secundarios y Marismas.
- 6 Esteros (ocasionalmente).

FIGURA IX-6. SISTEMAS ESTUARIOS-LAGUNARIOS

Vaso Principal: Es la zona donde las áreas de agua tienen una extensión sensiblemente mayor a la sección transversal del canal de comunicación.

En un sistema estuarino típico esta parte la constituyen tramos muy amplios del río mismo, dentro de los cuales pueden estar incluidas zonas lagunarias.

Para el sistema combinado o con dominio lagunario, el vaso principal es la laguna propiamente dicha; según las características de la marea, la presencia salina tendrá mayor o menor influencia, pero en general los procesos

de mezclado son más débiles y la salinidad tiende a ser menor. En los sistemas lagunarios, los escurrimientos de tierra son en forma de corrientes intermitentes que desembocan en ellos siendo ésta la causa del abatimiento de la salinidad.

Esteros, Vasos Secundarios y Planicies de Inundación y Marismas: Estas partes se localizan en la zona más alejada del mar y constituyen el extremo inferior del sistema. Se integra por pequeños vasos y zonas bajas, que están sujetas a inundación, sea en épocas de avenidas para sistemas estuarinos puros, o por efectos de variación de mareas en sistemas lagunarios.

Existe también una barra interior que la separa del sistema principal y su liga con él puede ser a través de pequeños canales o cuando el agua rebasa la cota superior de la barra.

De este margo general es posible entrar al terreno de la clasificación según diversos criterios científicos; sin embargo conviene establecer como conclusión el hecho de que desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica, el problema del aprovechamiento de las zonas estuarinas y lagunarias radica en asegurar un sistema circulatorio adecuado de las aguas, principalmente de las marismas, que en sí constituyen un elemento preponderante de la dinámica del sistema. Según Bowden, el factor determinante en la circulación estuarina es el papel desempeñado por las corrientes de marea con relación a los aportes de agua dulce.

Al considerar el origen de los accesos de marea, se ha concluido que la mayor parte de éstas han sido abiertos por la naturaleza, a través de una barra construída mediante la acción del oleaje.

Las deltas son formaciones locales en la costa donde el material es principalmente suministrado por un río. Inicialmente consideremos un caso simple en donde no existen corrientes por marea o litorales y los frentes de ola son siempre paralelos a la costa. El río depositará el material sólido en la inmediata vecindad de la desembocadura porque la velocidad del agua y su consecuente capacidad de transporte se reducen prácticamente a cero. Si no existe oleaje se formará un delta como se muestra en la figura IX-7 y consistirá de arena, limos y arcilla.

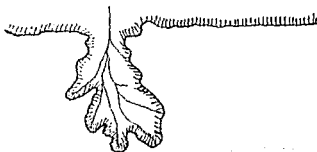


FIGURA IX-7. DELTA SIN LA PRESENCIA DE OLAJE

Si al mismo tiempo existe oleaje, ocurrirá el fenómeno de refracción -- del oleaje y en ambos lados del delta se presentarán corrientes litorales. - Estas corrientes, combinadas con la acción perturbadora del oleaje, transportarán el material en la dirección de la costa original. En la zona adyacente al delta, la refracción inicialmente se incrementará para posteriormente disminuir. Por ello, el material se decantará en ambas extremidades del delta, -- primero el material grueso y finalmente el fino. El resultado final es la comúnmente denominada delta de pata de pájaro. (Ver figura IX-8.)

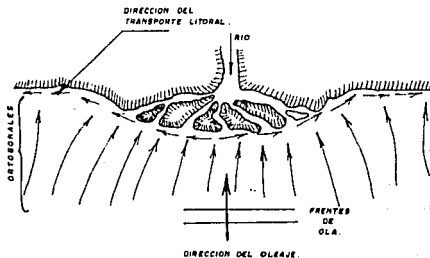


FIGURA IX-8. DELTA TIPO PATA DE PAJARO

Generalmente existe el fenómeno de las mareas y las olas se aproximan a la costa con un cierto ángulo desarrollando corrientes litorales. La corriente por marea tienden a mantener abierta las bocas en la costa, mientras que el transporte de sedimentos en el mar debido a la acción del oleaje y corrientes, tratan de cerrar las comunicaciones hidráulicas en la costa.

El tipo de comunicación con el mar del río o estuario se establecerá, -- finalmente, dependiendo de muchos factores. Los más importantes son:

- Corrientes en la comunicación (por marea y escurrimientos).
- Corrientes y oleaje en la zona costera.
- Transporte litoral.
- El sedimento transportado por el río.

Las variaciones de cada uno de estos factores conducen a un gran número de posibles combinaciones, cada cual produce un tipo único de comunicación. -- las más características resultan al relacionar el aporte de sedimentos y las fuerzas distributivas del oleaje que actúan sobre éstos. Esta concepción de-

FENOMENO DE AZOLVAMIENTO EN LA DESEMBOCADURA DE RIOS.

El azolvamiento en la boca de un río se debe a la combinación de corrientes fluviales, de marea y oleajes, dando como resultado la estratificación de la intrusión salina con el flujo natural de agua dulce. A esta mezcla del mismo fluido, pero con diferentes contenidos de sal $\Delta\rho/\rho < 3\%$ se le llama "cuña salina", la cual está caracterizada por una interface entre el agua dulce del río y el agua salada del mar. Dependiendo del tipo de mezcla, ésta se clasifica en los tres grupos siguientes:

a) Mezcla débil.- Se caracteriza porque el agua del río y el agua del mar se mezclan débilmente al margen de contacto, notándose la diferencia de densidades (ver figura IX-9).

La cuña salina se mueve conforme la variación de mareas.

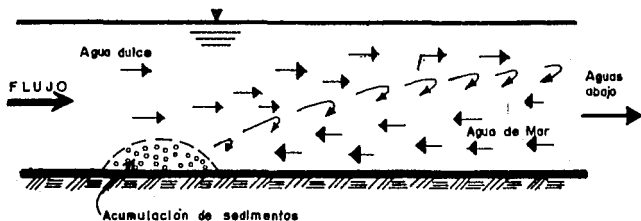


FIGURA IX-9. DISTRIBUCION DE CORRIENTES EN EL TIPO DE MEZCLA DEBIL

b) Mezcla moderada.- Se caracteriza porque se mezcla según el cambio -- cuantitativo de la densidad. El margen de contacto depende del ascenso y descenso de la marea cuando cambia la dirección de la corriente, (ver figura -- IX-10).

c) Mezcla fuerte.- Es cuando el agua de río y el agua de mar se mezclan fuertemente a través de su superficie vertical y horizontal. La diferencia de densidad en la dirección horizontal es continua, cambiando de dirección -- por el ascenso y el descenso de la marea, (ver figura IX-11).

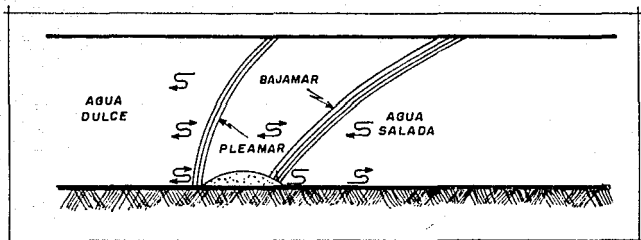


FIGURA IX-10. DISTRIBUCION DE CORRIENTES EN EL MARGEN DE CONTACTO DE MEZCLA MODERADA

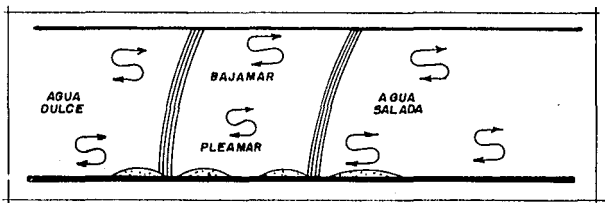


FIGURA IX-11. DISTRIBUCION DE CORRIENTES EN LA MEZCLA FUERTE (SIMMONS, 1966)

Simmons (1966) determinó que la relación de la cantidad del agua del río que sale por la boca en un período de marea respecto a la cantidad del agua del mar que entra por la boca es 1 para el tipo de mezcla débil, 0.2 a 0.5 para el tipo de mezcla moderada y menor de 0.1 para la mezcla fuerte.

La presencia de una cuña salina indica que no fue suficiente la corriente de agua dulce para arrastrar el agua salada hacia el mar.

Schifjt y Schonfeld propusieron una expresión para calcular la longitud de la cuña salina en un canal horizontal con sección rectangular descargado al mar con insignificante influencia de la marea (ver figura IX- 12). En el caso de que esto ocurra el criterio anterior se expresa como:

$$LW = \frac{2h}{F_I} \left(\frac{1}{SF} - 2 + 3F^{2/3} - \frac{6}{5} F^{4/3} \right)$$

donde:

$$f_I = \frac{8 \tau_1}{\rho (V_1 - V_2) V_1 - V_2}$$

$$F = \frac{Vr}{\Delta gh}$$

LW = Longitud de la cuña

Vr = Velocidad en el río aguas arriba de la cuña

V₁ = Velocidad del agua dulce sobre la cuña

V₂ = Velocidad en la cuña salina

τ₁ = Esfuerzo cortante en la interface

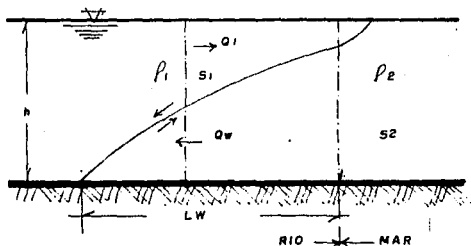


FIGURA IX-12. LONGITUD DE LA CUÑA SALINA

La forma en que los sedimentos se transportan en un río pueden dividirse en dos tipos :

- Los que son arrastrados por la corriente del río sobre el fondo.
- Los que se mantienen en suspensión dentro de la turbulencia de la corriente del río.

Quando se tiene una cuña salina, la velocidad de la corriente del río disminuye alrededor de ésta, ocasionando la acumulación de sedimentos en el fondo. Por otro lado, los sedimentos en suspensión se precipitan debido a la reducción de la turbulencia de las corrientes del río y a la coagulación por el contacto con el agua salada mientras el agua del río corre sobre la cuña salina.

DETERMINACION DEL ANCHO Y LA PROFUNDIDAD DE LA BOCA DEL RIO.

O'Brien (1966) presenta, a partir de una relación gráfica, la estabilidad vertical de bocas de ríos y lagunas litorales, ver figura IX-13. En la figura indicada, el área estable del acceso se relaciona mediante el prisma de mareas en marea viva.

Floyd en 1968 encontró para un río con base en datos de campo, una relación de estabilidad entre la profundidad máxima, el ancho y la sección de la boca, para una condición en lo que los oleajes no son grandes, dicha relación se expresa como:

$$D_c = 1.3 \frac{A}{W}$$

donde:

D_c = Profundidad máxima de la boca en la pleamar media superior

W = Ancho de la boca en la pleamar media superior

A = El área de la sección en la pleamar media superior

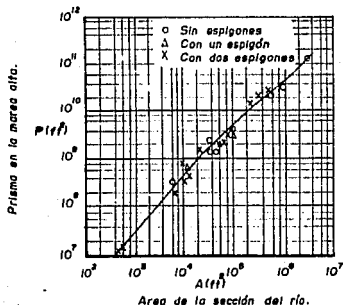


FIGURA IX-13. RELACION ENTRE EL PRISMA DE MAREA EN MAREA VIVA "P" Y EL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DE RIO "A" (O'Brian, 1966)

PARAMETROS QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LOS ACCESOS COSTEROS.

Considerando que los accesos costeros pueden ser naturales o artificiales, su funcionamiento hidráulico depende de factores geométricos y dinámicos, a saber:

Entre los factores geométricos se tiene:

- a) El área de la sección transversal del acceso.
- b) La longitud del acceso.
- c) La eficiencia de la sección hidráulica.

Mientras que entre los factores dinámicos que afectan la estabilidad se tienen:

- a) El prisma de mareas.
- b) El acarreo litoral.
- c) El coeficiente de rugosidad "n".
- d) El esfuerzo cortante de estabilidad.
- e) La acción del oleaje.

Debe observarse en estos casos, si las corrientes generadas por las cargas hidráulicas son suficientes para mover los sedimentos y abrir los accesos. Debe estudiarse el transporte litoral a lo largo de las costas y que al encontrar el acceso, tiende a invadirlo y en un tiempo determinado, a cerrarlo, contribuyendo las corrientes de marea en el mantenimiento del área de la sección transversal tendiendo éstas a desplazarse en el sentido del transporte litoral.

La capacidad de transporte que circula en los accesos está en función del flujo o reflujo de la marea, así como del oleaje.

Si se observa la configuración de la boca de un río, se notará una tendencia a desviarse hacia la orientación del transporte litoral como se indica en la figura IX-14.



FIGURA IX-14. DESVIACION DE LA BOCA DE UN RIO POR LA ACCION DEL TRANSPORTE LITORAL

MEDIDAS PARA CONTRARRESTAR EL EFECTO DE AZOLVAMIENTO EN LA BOCA DE UN RÍO.

Para definir alguna estructura que impida el azolvamiento en la boca de un río, deberán contemplarse los siguientes lineamientos:

i) Incrementar la velocidad de la corriente del río en la boca, de modo que los sedimentos transportados por el mismo se impulsen hacia el mar -- sin acumularse en ella.

ii) Establecer la localización de la boca e impedir que el transporte litoral se deposite en el acceso.

iii) Garantizar la seguridad de la salida y la entrada de barcos en el puerto.

Una vez definidos los lineamientos anteriores se seleccionará la obra de protección necesaria, pudiendo ser:

A) El espigón.

Esta obra de protección debe satisfacer las siguientes recomendaciones:

- El espigón en la desembocadura se debe prolongar en línea curva o en línea recta, de tal manera que pueda correr suavemente la corriente de marea o la del río, sin puntos de protuberancia o discontinuidad.

- El espigón de la desembocadura debe ser impermeable contra el agua y el transporte litoral.

- Los espigones se deben prolongar pasando la barra de la desembocadura o la del litoral que existía antes de construirlos. A medida que los espigones se prolongan en ambos lados de la boca, la barra de la desembocadura se mueve hacia el mar disminuyendo su altura, desapareciendo al final cuando solamente se construye un espigón, generalmente es difícil demostrar este -- efecto.

- Es conveniente que el ancho entre espigones sea estrecho para mantener grande la profundidad, sin embargo, ese ancho deberá decidirse prestando atención al problema de inundaciones, por lo que a veces el menor espigón (de ambos espigones) se construye sumergido.

- El espigón del lado de arriba del transporte litoral debe curvarse -- hacia el lado de abajo para prevenir la invasión de los oleajes y del transporte litoral.

B) Dragado de trampas de sedimentos.

Este método impide que los sedimentos llevados por la corriente del río se acumulen en toda el área de la dársena, propiciando que se precipiten

y acumulen en una trampa que se construye por medio del dragado del fondo en la zona aguas arriba de la dársena. Esto depende de que los sedimentos transportados por el río tiendan a acumularse en la parte de contacto con el agua de mar y la del río; la corriente del río se contacta con el agua de mar en la trampa en donde empiezan a acumularse los sedimentos transportados por el mismo.

Aunque la trampa no puede impedir completamente la acumulación de los sedimentos, ésta puede reducir bastante el azolvamiento. La trampa debe construirse en el punto superior de la zona de contacto del agua del río con la del agua de mar, dado que esa zona de contacto se mueve por la marea y la cantidad de agua de la corriente de río; en general, la parte más hacia aguas arriba de la dársena se excava un poco más y se utiliza dicha zona como trampa.

Es recomendable realizar dragados de mantenimiento en la trampa, con el fin de aumentar su eficiencia para captar sedimentos.

C) Construcción de un canal de desvío:

El desvío del río se efectúa en la parte de aguas arriba del mismo para desviar la mayor cantidad de agua hacia el mar antes de que alcance la boca en época de avenidas, debido a que la corriente del río transporta muchos sedimentos en ese tiempo. Esta desviación se realiza para proteger contra inundaciones a las ciudades situadas alrededor del mismo, y para disminuir la acumulación de sedimentos en la zona del puerto.

D) Separación de la dársena del puerto de la zona del río:

Es una contramedida para impedir que los sedimentos del río penetren a la dársena del puerto, y consiste en separar la dársena del puerto de la zona del río usando espigones.

X. PUERTOS MULTIPLES.

X-A. LA TERMINAL POLIVALENTE DE CARGA GENERAL.

CUESTIONES ECONOMICAS.

La función de la terminal polivalente es proporcionar instalaciones de manipulación eficientes para el período —que puede prolongarse muchos años— durante el cual harán escala en el puerto buques de carga general con cargas diversas transportadas por métodos modernos, tales como contenedores, --plataformas, cargas proceslingadas, productos siderúrgicos de gran tamaño y --madera empacada en grandes unidades, así como automóviles y maquinaria pesada, además, naturalmente, de la carga fraccionada básica, en forma cada vez más paletizada. Esos métodos modernos de transporte de la carga se introdujeron con objeto de reducir tanto el costo de manipulación de la carga en los puertos de los países desarrollados como el costo del transporte marítimo. -- Sin embargo, esos métodos pueden llegar, de hecho, a reducir la productividad de la manipulación de la carga y perturbar las operaciones en los puertos que no estén equipados para manipularlas eficientemente.

Para poder manipular todas esas cargas eficientemente, la terminal necesita disponer de un equipo mecánico más variado que el que se requiere para una terminal de carga fraccionada de tipo tradicional y diferente del que -- normalmente se utiliza en una terminal de contenedores especializada. La terminal necesita una disposición diferente y una gestión moderna. Estos requisitos se resumen más adelante. Aun cuando el costo inicial de la terminal es elevado, su flexibilidad permite un movimiento de mercancías considerable, y además puede ser utilizado plenamente poco después de entrar en servicio, dado que se presta a cualquier tipo de tráfico que pueda llegar. Por consiguiente, el costo resultante por tonelada de carga manipulada y la inversión total pueden ser considerablemente inferiores a los que harían falta si se siguieran construyendo nuevos puestos de atraque de tipo tradicional.

Así por ejemplo, una terminal polivalente de dos puestos de atraque, -- con dos turnos al día y 200 días de trabajo al año, debería realizar un movimiento de unas 650,000 toneladas al año, supuniendo que la productividad sea de 800 toneladas por buque y turno, para una combinación de cargas típica, -- siendo diferente la productividad para cada tipo de carga, según se indica a continuación:

	Toneladas por turno
Carga general de tipo corriente, carga paletizada y carga preelingada	450
Productos forestales embalados y productos siderúrgicos en haces	1000
Contenedores y unidades ro/ro	1500

La secretaría de la UNCTAD, utilizando cifras de costos de 1980, ha llegado a la conclusión de que esa terminal costaría unos 33.3 millones de dólares y tendría un costo de manipulación de 20 dólares por toneladas (incluido el costo de permanencia del buque en el puerto). Si el mismo tipo de carga fuese manipulado en puestos de atraque tradicionales, el movimiento no pasaría probablemente de unas 175,000 toneladas anuales, de modo que harían falta cuatro puestos de atraque de tipo convencional con un costo aproximado de 50 millones de dólares y un costo efectivo de manipulación de unos 33 dólares por tonelada. Las cifras consignadas para una terminal polivalente, que suponen economías muy apreciables, se basan en costos y tipos de interés típicos en los países en desarrollo.

La terminal polivalente permite una utilización total y pronta de una instalación de alta capacidad y ofrece la posibilidad de reducir el costo total de puerto en el caso de algunos neograneles. En vista de la ventaja suplementaria que a largo plazo representa la mayor facilidad con que una terminal polivalente puede transformarse más tarde en una terminal especializada para unidades de carga, hay poderosos argumentos para que en los puertos de países en desarrollo se prevea la expansión del tráfico de carga general en función principalmente de instalaciones polivalentes.

DISPOSICION.

La figura X-1 representa la disposición propuesta para una terminal con dos puestos de atraque. Pueden observarse las siguientes características: la colocación de los tinglados de tránsito y grupaje para unidades de carga en la parte posterior del muelle, de forma que los camiones puedan ser cargados y descargados junto a los tinglados sin obstaculizar las operaciones de traslación; las extensas zonas de almacenamiento al aire libre situadas más cerca del muelle para unidades de carga de cualquier tipo, incluidos los contenedores, o para el almacenamiento de carga general al aire libre; las amplias explanadas operacionales del muelle; las zonas destinadas al transporte por carretera y ferrocarril que atraviesan la terminal y, finalmente, una rampa ro/to.

El diseño expuesto se ha utilizado, si bien adaptado a las condiciones locales, en nuevas instalaciones portuarias, en su mayoría de países desarrollados, para manipular semigraneles y neograneles. A continuación se indican las últimas innovaciones en materia de disposición que se habrán de tener en cuenta al estudiar la figura X-1.

a) Extensión de la longitud de los puestos de atraque hasta 400 ó 450 metros, para poder manipular buques mayores y buques dotados de rampas;

b) Ampliación de la zona de almacenamiento al ser necesario manipular envíos mayores y ser más larga la permanencia de la carga en la terminal, -- con lo que la superficie total de la terminal llega a ser de 120,000 m² en vez de la superficie original de 100,800 m²;

c) Aumento del peso de la unidad de carga, que exige un equipo de mayor capacidad. A causa de su flexibilidad, se hace mayor uso de las carretillas.

elevadoras pesadas con accesorios. Al recibirse grandes cantidades de cargas homogéneas ha sido posible proceder al apilamiento por elevación o por grúas -pórtico.

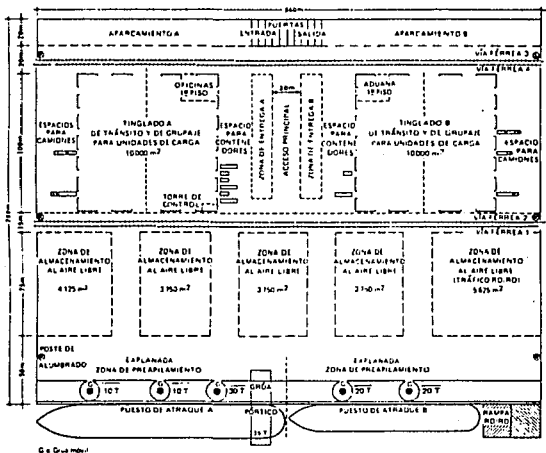


FIGURA X-1. DISPOSICION PROPUESTA PARA UNA TERMINAL POLIVALENTE DE CARGA GENERAL CON DOS PUESTOS DE ATRQUE

Dado que esa terminal corresponde a una etapa de transición, quizá convendría proceder en dos fases en función del tráfico previsto. La figura X-2 muestra la disposición correspondiente a una primera fase con un solo puesto de atraque, en la que ese puesto de atraque único puede atender al tráfico y en el que la combinación de cargas exige unamayor proporción de almacenamiento al aire libre que en tinglados. La figura X-3 presenta una disposición más adecuada para cuando hay mayor proporción de carga que ha de almacenarse en tinglados, está justificado que haya dos puestos de atraque y se han asignado claramente y recubierto, en parte, de un firme los terrenos para el desarrollo de la segunda fase. En esta versión, el tinglado de tránsito y de agrupaje debe poder desmontarse y utilizarse de nuevo, con adición de nuevos materiales, para construir más hacia atrás dos tinglados durante la segunda fase.

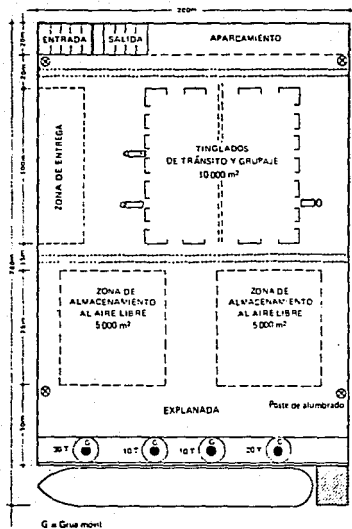


FIGURA X-2. PRIMERA FASE DE LA TERMINAL POLIVALENTE, VARIANTE 1

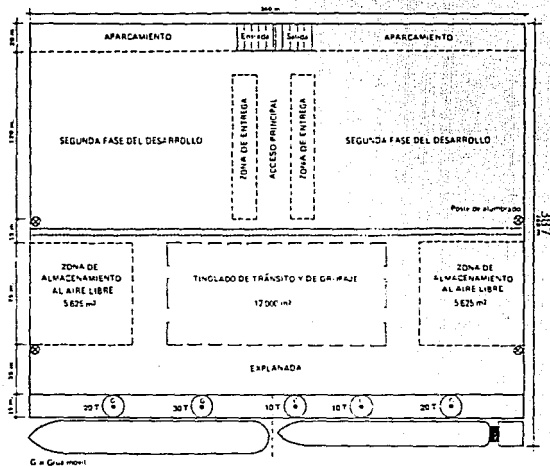


FIGURA X-3. PRIMERA FASE DE LA TERMINAL POLIVALENTE, VARIANTE 2

EQUIPO.

El principal método de manipulación de la carga del buque consiste en utilizar el aparejo de a bordo o una grúa-torre móvil. Normalmente sólo existe en principio una grúa-pórtico, en vez de varias grúas montadas sobre carriles. Sin embargo, sobre los mismos carriles de la grúa-pórtico puede haber una grúa-torre-móvil de 30 toneladas. Para prácticamente todas clases de carga el método normal de traslación es la combinación de tractor y remolque, utilizando remolques de un tamaño generalmente apropiado para las operaciones de contenedores, pero sin piezas de sujeción en las esquinas, de perfil bajo, y equipados con mecanismo para el fácil acoplamiento y desacoplamiento. El costo del equipo enumerado en el cuadro X-1 es considerable, pero es fácil de justificar. Ese costo está incluido en el costo total de la terminal indicado anteriormente. La lista dada contiene el equipo inicial de las terminales tomadas como ejemplo. Es posible que las dificultades halladas en la explotación de terminales de carga unitarizada tengan por causa principal el no haberse reconocido plenamente la necesidad de equipo de traslación, de modo que no debe reducirse la cantidad que se sugiere de ese equipo. A medida que un determinado tráfico va cobrando importancia, la terminal puede ir asumiendo funciones más especializadas, lo que podría justificar un aumento del equipo (grúas-pórtico y carretillas-pórtico suplementarias para la manipulación de contenedores).

ADMINISTRACION.

Para sacar todo el partido de la terminal polivalente es preciso enfocarlo con un criterio moderno la administración del puerto. En la fase de planificación debe considerarse de manera especial la nueva condición del trabajador portuario, y la necesidad de una planificación integrada de la explotación. La condición del trabajador portuario constituye uno de los aspectos más delicados en la evolución de los puertos. Una pronta actuación de la administración puede contribuir a allanar el camino para ir adoptando gradualmente mejores políticas de gestión de la mano de obra. Entre las actividades de la administración en este sentido deben figurar las siguientes:

- a) Formación de personal especializado (conductores de equipo mecánico, técnicos mecánicos y electricistas para mantenimiento de equipo, inspectores de tráfico);
- b) Planificación anticipada de las necesidades de trabajadores manuales y empleados de oficina, con una revisión periódica de las cifras necesarias;
- c) Mejora gradual del estatuto de los trabajadores portuarios gracias a la transformación de la fuerza de trabajo eventual en permanente, al menos para una proporción importante de la fuerza de trabajo;
- d) Establecimiento de un sistema de retribución en función del tiempo trabajado, con disposiciones adecuadas en materia de seguridad social.

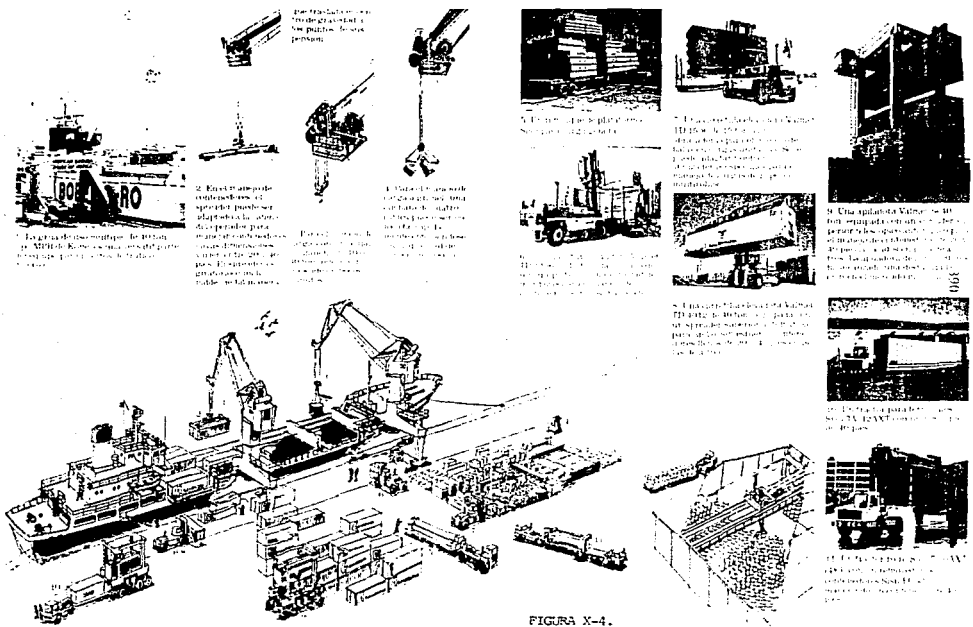
La administración del puerto debe hacer participar plenamente a los sindicatos en estas reformas y estar dispuesta a admitir propuestas tanto de --

CUADRO X-1.

EQUIPO DE MANIPULACION QUE SE NECESITA EN LAS TERMINALES
POLIVALENTES DE CARGA GENERAL

	Un solo puesto de atraque, primera fase, variante 1 (almacenamiento predominantemente al aire libre)	Dos puestos de atraque, primera fase, variante 2 (almacenamiento predominantemente en tinglados)	Dos puestos de atraque, segunda fase
Grúas-pórtico de 35 toneladas	-	-	1
Grúas pesadas de 30 toneladas	1	1	1
Grúas-torre móviles de 20 toneladas (para -- trabajo en el buque).	1	2	2
Grúas-torre móviles de 10 toneladas (para -- trabajo en el buque).	2	2	2
Grúas móviles de 20 toneladas (para trabajo en explanada).....	1	-	1
Grúas móviles de 5 toneladas (para trabajo en explanada).....	1	2	2
Carretillas pórtico ...	2	-	3
Carretillas elevadoras de 3 toneladas	8	15	15
Carretillas elevadoras de 10 toneladas	2	3	5
Tractores (tugmasters).	3	6	6
Remolques/chasis	9	18	18
Rampas ro/ro	1	1	1

Su llave hacia la versatilidad - un sistema del Finnport Team.



1. El traslado de los contenedores desde el buque a los puntos de destino.



2. En el punto de transferencia el operador puede ser desplazado a lo largo del período para manejar contenedores de un tipo u otro, o para moverlos a un punto de destino u otro.



3. El operador puede controlar una o varias unidades de transporte, o mover los contenedores de un punto de destino a otro.

4. Para el control de las unidades de transporte, el operador puede ser desplazado a lo largo del período.



5. El operador puede planificar el movimiento de los contenedores.



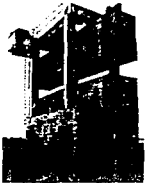
6. El operador puede controlar el movimiento de los contenedores desde el punto de destino hacia el buque.



7. El operador puede controlar el movimiento de los contenedores desde el punto de destino hacia el buque.



8. El operador puede controlar el movimiento de los contenedores desde el punto de destino hacia el buque.



9. Una plataforma de transporte equipada con un sistema de control puede ser desplazada a lo largo del período para manejar contenedores de un tipo u otro.

FIGURA X-4.

los trabajadores manuales como de los empleados de oficina. Los cambios se efectuarán siempre con menos contratiempos si se han celebrado amplias consultas previas.

Otra esfera de actuación preliminar se refiere a la organización del funcionamiento de la terminal. Frecuentemente se ha dado el caso de considerar separadamente las actividades que se realizan en el buque, el muelle y el tinglado. El resultado ha sido una considerable pérdida de capacidad operacional, incluso en el caso de la manipulación de carga general fraccionada. Esa separación es completamente inaceptable en una terminal especializada, ya que la responsabilidad unificada respecto de la operación global y la unidad de control de la terminal especializada constituyen un requisito de creciente importancia para su eficiencia. Por otra parte es conveniente que la terminal especializada sea operacionalmente independiente de los muelles de carga fraccionada de tipo tradicional.

Los métodos de administración debería concentrarse en el control y la vigilancia continua de todo el tráfico atendido, tal como se hace en las operaciones especializadas de contenedores. Esto requerirá que en la fase de planificación se prevean los siguientes aspectos:

- a) Formación de personal directivo;
- b) Una organización administrativa de apoyo con planificación de las corrientes de información;
- c) Planificación del mantenimiento preventivo del equipo mediante unas buenas instalaciones de reparación;
- d) Reunión y empleo por la administración de indicadores estadísticos de rendimiento, tal como se sugiere en la publicación de la UNCTAD sobre esta materia (Indicadores de rendimiento de los puertos, publicación de las Naciones Unidas)
- e) Estrecha colaboración con los agentes de transporte marítimo, los agentes de expedición y las empresas de ferrocarriles, que deberían tener representantes en la terminal.

En la figura X-4 se ilustra una disposición en actividad de algunos de los equipos y disposición de elementos y áreas utilizadas en el movimiento de mercancías de una terminal polivalente de carga general (terminal de usos múltiples).

X-B. TERMINALES POLIVALENTES PARA CARGA A GRANEL.

Si se prevé que llegará a la terminal más de un tipo de carga a granel, pero el movimiento de cada producto es insuficiente para justificar la existencia de puestos de atraque especializados, entonces se puede establecer una terminal de carga a granel para varios productos distintos. Mediante instalaciones de doble función se pueden manipular productos como carbón y azúcar, petróleo, coque y alúmina, así como minerales y carbón. En algunos ca--

Los puede utilizarse el mismo equipo para distintos materiales, pero harán falta almacenes independientes para cada producto, y deberá tenerse especial cuidado en que los productos manipulados sean compatibles y que se puedan limpiar a fondo todos los sistemas de manutención después de utilizarlos. Habrá que tener cuidado, al manipular y almacenar los materiales, de que el polvo levantado por el viento no contamine otros productos. En otros casos, sólo el puesto de atraque se podrá utilizar para varios productos, mientras que hará falta un equipo distinto para cada material. La figura X-5 muestra una terminal polivalente diseñada para la importación de petróleo y la exportación de mineral de hierro y de otras cargas secas a granel.

Habría que determinar las características del equipo para llegar al mejor compromiso posible entre las exigencias de los diversos materiales manipulados, teniendo en cuenta factores como la densidad de los granulos, el tonelaje y tipo de los buques y el volumen de cada cargamento. Es posible manipular importaciones y exportaciones en el mismo puesto de atraque, siempre que la capacidad sea suficiente y que no haya conflictos entre las fechas de llegadas y salidas de los buques. El puesto de atraque debe tener longitud suficiente para almacenar el equipo que no se utilice en una posición que permita trabajar con el resto del equipo en todas las escotillas de los buques. Es más sencillo instalar un sistema de transportadores para las importaciones y otro para las exportaciones; el tamaño de esos transportadores permite generalmente una explotación más económica que cuando se utiliza un solo sistema de transportadores reversibles.

No es conveniente combinar en un puesto de atraque la carga a granel con la carga general, a menos que los tonelajes anuales de carga a granel manipulados sean manifiestamente demasiado pequeños para poder dedicarles un puesto de atraque independiente. En ese caso, es aconsejable tener en cuenta dos factores:

a) Los dispositivos de carga y descarga deben ser móviles o, si están montados sobre carriles, la disposición del puesto de atraque debe comprender una longitud del muelle suficiente para estacionarlos a distancia de la zona de manipulación de la carga general;

b) Los sistemas transportadores deben montarse sobre pórticos, a una cierta altura, en la parte trasera del puesto de atraque, o ser subterráneos, de modo que no obstruyan la zona de manipulación de la carga general. No obstante, debe acudirirse al empleo de sistemas transportadores subterráneos como último recurso, debido a las dificultades de mantenimiento y limpieza.

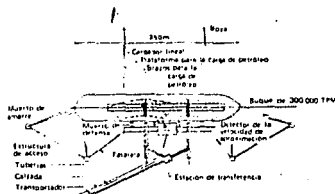


FIGURA X-5. EJEMPLO DE MUELLE POLIVALENTE PARA PETRÓLEO, MINERALES Y CARGA A GRANEL

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Después de todo lo expuesto a lo largo de los capítulos que conforman - estos apuntes, destaca el papel del Ingeniero Civil en el desarrollo portuario de un país, y más específicamente en el nuestro. En donde su labor principal será pues, proporcionar las instalaciones portuarias y sistemas operacionales en beneficio del país al costo combinado más bajo posible para el puerto y para sus usuarios, como parte de un sistema de transporte integrado y coordinado, y de esta manera lograr que las exportaciones lleguen a su destino con oportunidad y a precios competitivos quedando así establecido el medio de transporte adecuado que permita lograr una diversificación de los mercados exteriores.

En un proyecto de desarrollo portuario, la labor de los ingenieros abarca un largo período de tiempo. Comenzando con estudios iniciales del potencial del desarrollo de diversas ubicaciones posibles, se estiman en términos aproximados los costos de las propuestas de ingeniería que satisfacen las necesidades de zonas marítimas y terrestres a fin de proporcionar una base para la evaluación de la inversión y para la decisión sobre el proyecto. Luego preparan los dibujos y especificaciones detallados, celebran contratos, supervisan la labor de construcción, y, finalmente, entregan las nuevas instalaciones a la autoridad encargada de la explotación.

Es así como la preparación de proyectos portuarios nos lleva a la práctica de integración de todas y cada una de las áreas de conocimientos en las cuales se basa el desarrollo profesional de un Ingeniero Civil; siempre en pos del bienestar de su comunidad, de su país y de la humanidad entera.

Es por ello, que el presente trabajo intenta dar una idea muy amplia de todo lo que implica el desarrollo portuario a través del estudio de los elementos básicos que intervienen en su planeación, diseño y operación. Este hecho puede ser considerado como su gran y más importante ventaja.

La gran diversidad y extensión de los temas, probablemente nos haya llevado a caer en errores como racionalizar, ahondar o modificar la información; esto último principalmente por la falta de documentación específica del tema. Como lo fue en el caso del capítulo correspondiente a los puertos fluviales.

La apertura comercial que se inicia en nuestro país marcará aún más la necesidad de implementar programas urgentes de desarrollo portuario.

Existen en el mundo algunos países que tienen como único acceso al mar grandes ríos que los cruzan, por lo que han creado y desarrollado por necesidad, nuevos sistemas de transporte, o bien han intensificado el uso de los existentes.

A lo largo de los ríos se han construido instalaciones que facilitan la transferencia de las mercancías de o hacia las barcazas, a veces a algunos cientos de kilómetros de la costa. Este sistema se ha desarrollado con éxito entre los países con economías de escala en donde los trenes de barcazas auxilian a los modos de transporte terrestre en el manejo de los bienes, racionalizando el empleo de tales vehículos, circunscribiéndolos en su uso a radios de acción adecuados.

México, cuenta con ríos caudalosos y con la posibilidad de construir canales intracosteros tanto en el Golfo de México como en el Océano Pacífico, que permitirían aprovechar las ventajas de estos nuevos medios de transporte de carga. Si hasta ahora tal situación no se ha presentado, se ha debido fundamentalmente a lo exiguo del desarrollo de las costas; sin embargo algunas zonas costeras del Golfo plantean ya la necesidad de que sean construidos algunos tramos de canales que vendrían a aliviar en mucho, el transporte interregional de mercancías que se efectúa por el sistema carretero.

Por último, otro aspecto que sería importante mencionar, es el hecho de que un tema como este no sea de rápido acceso. Es decir, que la información y documentación necesarias para su desarrollo se concentre en sólo un centro

de información y en el conocimiento de no muchos ingenieros especializados - en el área. La solución ha este problema se tendrá en el momento en que la ingeniería portuaria tome un buen sitio dentro de los planes de estudio vigentes en las universidades, no desde niveles de especialidad o maestría, -- que aún así son ya de gran ayuda, sino desde la licenciatura; y así promover, ampliar, traducir y contar con más y mejores fuentes de información al alcance de los estudiantes de ingeniería.

G L O S A R I O .

- Albufera.- Laguna formada del agua del mar en playas bajas.
- Altura.- Término relativo a alta mar.
- Anarradero.- Sitio y/o elemento donde se sujeta una embarcación.
- Andén.- Corredor o sitio para carga o descarga de plataformas de ferrocarril o camiones, a un costado de una bodega.
- Aparejo.- Conjunto de palos, velas, perchas, picos, "botavaras". "botalones", "jarcias" y "motonería".- Sistema de cuerdales y cabos "guarnidos" para vencer resistencias.
- Arrecife.- Banco o bajo formado en el mar por piedras, juntas de roca o poliporos y llega casi a flor de agua.- Banco de arena, según algunos autores.
- Atracar.- Arrimar lo más que sea posible un buque a otro o al muelle. Generalmente, acercar una cosa a otra.
- Avituallar.- Suministrar o abastecer de vituallas.
- Azolve.- Material que es arrastrado por el oleaje o por las corrientes y que se deposita en las zonas portuarias o vías navegables.
- Bajamar.- El momento de más bajo nivel o de mayor descenso que sufren -- las aguas del océano en la marea vaciante.
- Baliza.- Señal fija o flotante que marca bajos, veriles, canales, direcciones y otros puntos que se desea señalar.
- Barcaza.- Embarcación de fondo plano sin propulsión propia que se emplea en la navegación, en operaciones de carga y descarga de los buques y en diversos servicios de obras portuarias.
- Berma.- Formación casi horizontal a lo largo de la playa, causada por depósito de material bajo la influencia de las olas.- Escalón que se deja al pie de un talud o entre dos taludes.
- Bitá.- Elemento metálico o de otro material, bien anclado, que sirve para que las embarcaciones se amarren.
- Boya.- Aparato flotante, sujeto al fondo del mar, lago, río, etc. que -- por común indica lugares peligrosos, la entrada de los puertos o un objeto sumergido o de amarre. Estas van pintadas convencionalmente. Las hay con luz, campana, sirena, etc.

- Cabotaje.**- Transporte marítimo de carga y de personas entre puertos del mismo país.- Navegación costera.
- Cantil.**- Roca en la costa o en el fondo del mar, cortado más o menos a pique a manera de escalón.
- Contenedor.**- Caja prismática de sección cuadrada o rectangular, en la que se guardan mercancías para facilitar su manejo, su preservación y transporte.
- Caña.**- Palanca de hierro o madera que va en la cabeza del timón, sirve para gobernar.
- Costa.**- Faja de tierra de anchura indefinida, que se extiende desde la orilla del mar hasta encontrar el primer cambio notable en el aspecto del terreno.
- Difracción de la ola.**- Modificación del comportamiento del oleaje como resultado de su expansión lateral provocada por un obstáculo o por una abertura.
- Dragado.**- Operación que consiste en excavar o limpiar el fondo de los puertos, ríos, canales, etc.
- Encallar.**- Quedar detenido un barco por tocar en el fondo.
- Enfilar.**- Dirigir la visual a dos objetos distantes entre sí, pero que en el momento de la observación están en un mismo plano.- Poner la proa a un punto determinado.
- Esclusa.**- Recinto con compuertas, que se construye en un canal para que los barcos puedan pasar de un nivel a otro.
- Escollo.**- Peñasco oculto bajo el agua.
- Fondear.**- Anclar o dar fondo al ancla.
- Gabarra.**- Ver "barcaza".
- Gánguil.**- Embarcación de uso interior de puerto, rada y río, para sacar lejos de la costa el fango extraído de las dragas.
- Hinterland.**- Zona de influencia económica de un puerto. Región terrestre de la cual y hacia la cual se oriente el flujo de los productos que se mueven por el puerto.
- Lastre.**- Peso o elemento constructivo con el que se carga una embarcación, destinado a mejorar o asegurar su estabilidad.
- Litoral.**- Costa u orilla del mar.

Muelle.- Obra de atraque para embarcaciones, sobre el que se efectúan operaciones de carga o descarga de mercaderías y de embarques de pasajeros.

Muerto.- Pieza generalmente de concreto o metálica bajo tierra o en el fondo del agua que sirve de anclaje o de amarre.

Plano de oleaje.- Configuración en planta de las características del oleaje, y de su comportamiento, en un determinado lugar del mar.

Pleamar.- Estado de la marea al alcanzar su máxima altura.

Pontón.- Barco chato para pasar los ríos o construir puentes.

Rada.- Ensenada o bahía. Lugar de fondeo a corta distancia de la costa, sirve de abrigo a las embarcaciones.

Refracción de la ola.- Cambio de dirección de la ola, debido a un obstáculo.

Reflujo.- Corriente que produce el descenso de la marea.

Remolcador.- Embarcación provista de motores potentes que se emplean para halar a otra por medio de cables o de cadenas.

Resaca.- Movimiento de olas del mar al retirarse de la orilla.

Ría.- Parte del río próxima a su desembocadura, hasta donde las mareas hacen sentir su influencia.

Sea and swell.- Datos estadísticos sobre alturas y dirección del oleaje en aguas profundas, obtenidos de reportes de observaciones hechas en embarcaciones durante largos períodos.

Tinglado.- Cobertizo.- Espacio cubierto que carece de muros.

Vaciante.- Menguar o bajar la marea.

Varadero.- Sitio donde se "varan" las embarcaciones para mantenerlas en seco, para fines de conservación, limpieza de fondos u obras en ellas.

Varar.- "Encallar una embarcación".- Sacar a la playa o poner en seco -- una embarcación.

Vituallas.- Conjunto de cosas necesarias para la comida.

BIBLIOGRAFIA.

INGENIERIA DE RIOS Y COSTAS.

José Aguilar Alcerrega
Ed. Arte y Fotografía, España 1977.

INGENIERIA MARITIMA.

Roberto Bustamante Ahumada
Ed. Temas Marítimos S.R.L.

CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DE LAS OBRAS DE SEÑALAMIENTO MARITIMO.
(Tesis Profesional)

Daniel Salvador Lira Castro
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

PUERTOS (Vol. I y II).

Fernando Hernández de Labra
E.N.E.P. Acatlán, U.N.A.M. 1983.

PROTECCION DE COSTAS, PLANIFICACION Y DISEÑO.

Ejército de los E.E.U.U.
Centro de Investigación de Ingeniería de Costas
Depto. del Cuerpo de Ingenieros del Ejército
Reporte Técnico No. 4, 1966.

INGENIERIA COSTERA.

Armando Frías Valdez y Gonzálo Moreno Cervantes
Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria, A.C., 1986.

MODELOS HIDRAULICOS MARITIMOS.

M. en C. Miguel Angel Vergara Sánchez
Curso de Estudios Marítimos y Portuarios
Centro de Educación C ontinua, U.N.A.M. 1979.

DESARROLLO PORTUARIO (MANUAL DE PLANIFICACION PARA LOS PAISES EN DESARRO
LLO).

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD)
Naciones Unidas, Nueva York, 1984.

MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES, HIDROTECNIA.

A.2.2.3. HIDRAULICA MARITIMA
C.F.E. Instituto de Investigaciones Eléctricas.

PUERTO TURISTICO DE PUNTA BANDA, B.C.N.

Dirección General de Obras Marítimas
Subsecretaría de Puertos y Marina Mercante, S.C.T. 1977.

PROYECTO DE TERMINAL PESQUERA EN TAMPICO, TAMPS.
Dirección General de Obras Marítimas
Secretaría de Marina.

AZOLVAMIENTO DE PUERTOS.
4o. Curso Internacional de Ingeniería Hidráulica Portuaria
Ing. José Miguel Montoya Rodríguez
Puertos Mexicanos, S.C.T., México 1991.

APUNTES DE APOYO PARA LA ASIGNATURA "INGENIERIA MARITIMA" QUE SE IMPARTE
EN LA FACULTAD DE INGENIERIA, U.N.A.M.
(Tesis Profesional)
María de Lourdes Santillán Pérez, Luis César Vázquez Segovia, Ricardo Sánchez Cortés
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1982.

DEFINICION DE TERMINOS QUE SE EMPLEAN EN OBRAS MARITIMAS.
Dirección General de Obras Marítimas
Subsecretaría de Puertos y Marina Mercante, S.C.T.

TERMINOS NAUTICOS.
C. Adolfo Larios Pérez
Dirección General de Marina Mercante
Subsecretaría de Operación, S.C.T., México 1987.