

Geometría de un puerto industrial (*)

Por **CARLOS MARTINEZ CEBOLLA**

Doctor Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos

El autor, partiendo del concepto de puerto industrial, establece una serie de consideraciones generales a la redacción del Plan Director del Puerto para, seguidamente, exponer su criterio en la geometría de los diques de abrigo, canales de acceso y obras de infraestructura y superestructura.

Por la gran importancia que el uso de los terrenos tiene en la explotación comercial de un puerto, la última parte del artículo hace referencia a este tema.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Concepto de puerto industrial

Aún cuando sea someramente, ya que el tema del epígrafe es materia de otra conferencia del Curso, entendemos por puerto industrial uno en el que la disponibilidad de terreno de suave topografía es, al menos, de 2.000 hectáreas (unos 5.000 acres) y en cuyos canales y muelles se pueden mantener sin costos excesivos unos calados comprendidos entre 50 y 60 piés. La altura de ola en el interior del puerto no debe sobrepasar un metro, con el objeto de asegurar las maniobras en las dársenas. En general, el emplazamiento no coincidirá con ningún cauce natural de río, para evitar la servidumbre de los aterramientos periódicos. El puerto industrial deberá estar situado no lejos de los núcleos urbanos actuales, pero tomando la garantía de que el crecimiento de estos núcleos nunca represente una limitación al desarrollo portuario. De forma especial hay que disponer de unas excelentes comunicaciones terrestres y marítimas.

(*) El artículo se corresponde con la conferencia pronunciada por el autor en el II Curso Iberoamericano de Planificación, Explotación y Dirección de Puertos, celebrado en Madrid, en el mes de octubre del pasado año.

El primer objetivo del puerto industrial es puramente económico al facilitar el asentamiento, junto a las obras portuarias, de unas industrias cuyo volumen de importaciones o exportaciones es importante, y todo ello facilitando a dichas industrias terrenos suficientes a un bajo precio. La economía de escala se consigue ya que toda concentración de obras de infraestructura o de industrias reduce las inversiones respecto a las correspondientes a una política de dispersión, y por otra parte se consigue una economía en el transporte marítimo al permitir la entrada a barcos de gran tamaño y otra economía importante en la manipulación de las mercancías, graneles generalmente, al acercar el complejo industrial al muelle.

Estadísticas de tráfico

Todo puerto industrial ha de atender, naturalmente, al tráfico previsto en cada una de las etapas de su construcción, pero, al margen del desarrollo vegetativo de las industrias de un país, queremos llamar la atención sobre los estudios que normalmente se hacen para la determinación de las previsiones de tráfico en diversos años y que generalmente no son válidas, puesto que un puerto industrial provoca unos tráficos específicos importantes y aumen-

tan de forma notoria las previsiones consideradas.

El puerto industrial, favoreciendo el emplazamiento, a bajo coste, de numerosas industrias y facilitando el asentamiento de todas aquellas que tengan una cierta dependencia en sus procesos, puede provocar, y de hecho es lo que se busca, un aumento importante en el tonelaje de mercancías movidas, muy superior a las anteriores tendencias del tráfico del país, y es este incremento el que hay que calcular cuidadosamente. El puerto industrial es una poderosa herramienta al servicio de una política de acción territorial de largo alcance.

Plan Director

Con independencia de la zonificación de las áreas terrestres, que es objeto del apartado «Zonificación junto a canales, dársenas y muelles», seguidamente enumeramos una serie de consideraciones diversas a tener en cuenta a la hora de confeccionar el Plan Director del puerto industrial:

- Circunvalando la zona industrial, prever un cinturón verde de la mayor anchura posible y que protegerá en un futuro la invasión del puerto por los núcleos urbanos.
- Al decidir el emplazamiento de industrias, con independencia de la obligada proximidad entre aquellas que sean complementarias en sus procesos industriales, todas las industrias molestas o peligrosas hay que situarlas lo más lejos posible de las futuras expansiones de los núcleos urbanos.
- Estudio ambicioso de las comunicaciones terrestres, con soluciones alternativas de conexiones o enlaces que no estrangulen los accesos al puerto aún en los casos de siniestros o sabotajes.
- Los viales interiores en el puerto han de permitir la circulación entre sus distintas zonas, sin necesidad de hacer uso de las carreteras generales del país.
- La parte posterior de los terminales dispondrá de conexiones ferroviarias e, igual-

mente, accesos de carretera al vial de circunvalación del puerto o a la red general viaria.

- Los muelles con más calado hay que situarlos cerca de la entrada del puerto, para evitar un exceso de dragado y para disminuir los movimientos de los buques de más arqueo.
- Los muelles con la misma función han de estar próximos.
- Es preferible la solución de muelles en una misma alineación a la de muelles formando líneas poligonales.

Ejecución por fases

Un puerto industrial es un conjunto de obras de infraestructura y superestructura y su ejecución no puede llevarse a cabo en un plazo reducido, tanto por su elevado coste como por la inutilidad que significaría adelantarse exageradamente a las necesidades del tráfico. Tiene, por ello, una gran importancia la cuidadosa división en fases o etapas de construcción, así como las previsiones de ampliación de mayor o menor envergadura, bien al final de cada fase, por insuficiencia de instalaciones o por cambios en la tecnología respecto al primitivo Plan Director.

La ejecución por fases, así como la posibilidad de ampliaciones sucesivas, ha de referirse tanto a obras de infraestructura (diques, anchura y calado de canales, etc.) como a las de superestructura (mejora de la maquinaria de manipulación y transporte, aumento de las superficies de depósito, etc.).

Una de las razones del éxito de un puerto industrial será su correcta planificación a largo plazo, con unas primeras ideas concretas sobre las necesidades del momento, pero con unas posibilidades estudiadas y razonadas de ampliación y mejora a medida que el tráfico lo exija y ello enmarcado dentro de la política de acción territorial del país.

2. DIQUES DE ABRIGO

Dinámica litoral

En los tramos de costa hay un equilibrio en el movimiento de arenas del litoral, bien procedan de la misma costa o de las aportaciones de los ríos a sus desembocaduras. Debemos considerar a la costa como algo vivo y recordar que la línea divisoria entre agua y tierra varía constantemente.

Los arrastres irán en un sentido u otro, según los tramos de costa que estudiemos o según las estaciones en las que hagamos nuestras observaciones, y todo ello en función de las corrientes, oleaje, mareas y condiciones de viento imperantes.

Cualquier barrera artificial que situemos en el litoral (y un dique de abrigo lo es) altera el equilibrio, provocando de forma automática una acumulación de depósitos a un costado del dique y unas socavaciones como consecuencia de la falta de material aportado al otro costado. En conjunto, dique-contradique produce el mismo efecto, con la complicación suplementaria de que, a veces, los aterramientos rebasan el morro del dique y son necesarios dragados en la boca del puerto para evitar la formación de la barra.

En la figura 1 acompañamos la planta del puerto industrial de Taichung, de Taiwan, en la República de China («Boletín» número 25 de la PIANC —Asociación Internacional Permanente

de los Congresos de Navegación—). En esta planta se observa la preocupación de los proyectistas para evitar los aterramientos en la boca del canal principal, y de forma especial pueden analizarse las medidas adoptadas, y que son:

- Gran espigón al Norte, para la contención de los arrastres.
- Varios pequeños espigones al Sur, para evitar la erosión.
- Refuerzo de la zona Sur en contacto con el agua, para delimitar la zona industrial y proteger la costa.
- Creación de parcelas al Norte, como consecuencia de las aportaciones detenidas por el dique Norte.

Aconsejamos evitar la proximidad a la costa de todo tipo de edificaciones, bien sean residenciales o industriales, ya que, con independencia de que ocupen zonas de dominio público que han de estar dedicadas a las servidumbres de salvamento, vigilancia y paso, provocan un desastroso efecto desde el punto de vista de la estética, al constituir estas edificaciones, a veces, unas verdaderas barreras junto al agua.

Las construcciones abusivas, además de disminuir la superficie de playas, cuando llegan las épocas de los temporales se producen erosiones en las costas y, con frecuencia, socavaciones junto a las edificaciones, con las consi-

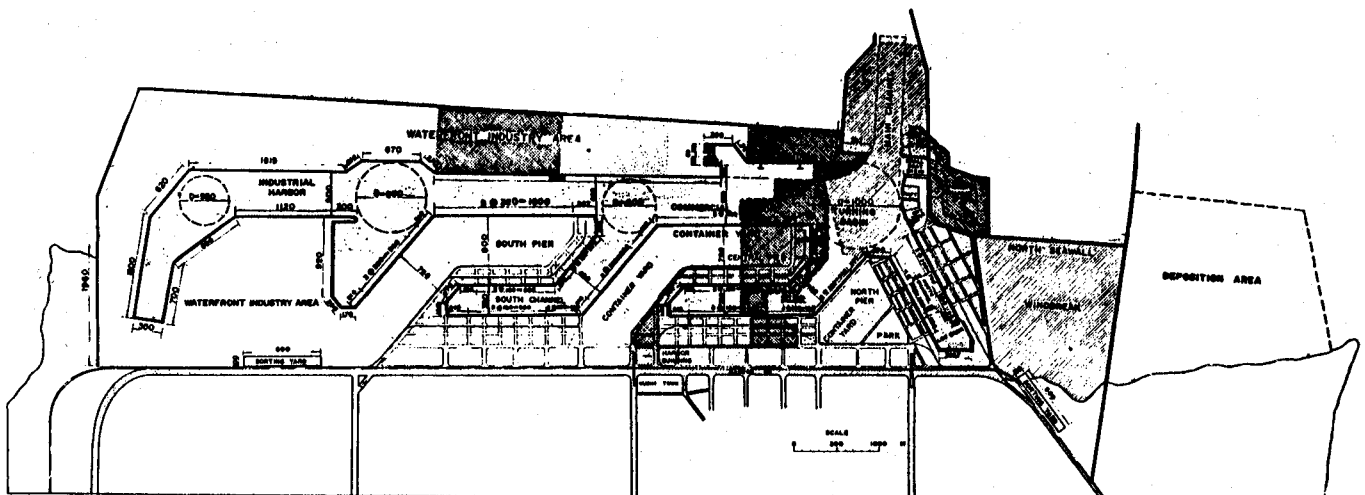


Fig. 1.—Puerto industrial de Taichung, en Taiwan (República de China).

guientes lamentaciones de las entidades particulares propietarias de las mismas, que no dudan en solicitar ayuda a los Gobiernos respectivos para corregir unos problemas provocados por ellas mismas.

También el clásico problema de algunas ciudades junto al litoral, que han construido sus paseos marítimos invadiendo unas fajas de playa o costa. En un futuro el mar reclamará todos los terrenos que le fueron invadidos y será obligada la ejecución de obras de refuerzo, no siempre estéticas en una ciudad.

Una ley de protección del medio ambiente debería fijar como separación mínima de edificaciones importantes respecto a la costa una cifra del orden de 250 metros, en evitación de la problemática expuesta y con objeto de proteger lo que es patrimonio de todos los ciudadanos.

La ley española sobre costas establece las tres servidumbres que siguen:

- La servidumbre de salvamento, que comprende una zona de 20 metros a partir del límite de la zona marítimo-terrestre (se define en España como zona marítimo-terrestre el espacio de costa que baña el mar en su flujo y reflujo como consecuencia de las mareas, o la que es bañada por las mayores olas de los temporales ordinarios allí donde no haya marea). Esta zona es de uso público para los casos de naufragio o puede emplearse para varar embarcaciones en los casos de peligro.
- Servidumbre de vigilancia litoral, que comprende una zona de seis metros de anchura, con la obligación de dejarla expedita y con un trazado continuo y junto a la línea de la mayor pleamar.
- Servidumbre de paso, con el objeto de dejar vías permanentes de acceso a las playas y a la zona marítimo-terrestre, previa indemnización a los propietarios.

Ensayos en modelo y tomas de datos

Con independencia de que en los apartados del presente trabajo insistimos en la necesidad de realizar ensayos en laboratorio, recordamos que las olas al irse propagando por la superficie

del mar van encontrando unas limitaciones impuestas unas veces por variaciones en la batimetría (que originan fenómenos de refracción del oleaje) y otras veces por la existencia de barreras emergidas totales o parciales (originando fenómenos de reflexión y difracción).

El estudio de los fenómenos de refracción es obligado, ya que:

- Varían las alturas de onda en mar profundo al pasar a profundidades reducidas.
- Hay que conocer el ángulo de incidencia de los frentes de ola en las obras o zonas costeras.

El cálculo de la refracción puede abordarse numéricamente (mediante ordenador) o gráficamente (método de los planos de oleaje y diagramas de las ortogonales).

El fenómeno de la difracción, en esencia, es un fenómeno de transferencia de energía de unas zonas a otras, de las zonas expuestas a las zonas abrigadas. En el laboratorio han de realizarse necesariamente ensayos de agitación en un modelo de puerto con diferentes plantas de los diques de abrigo, determinándose para cada solución de dique el límite de la zona de alimentación (que en la parte expuesta marca el comienzo de la transferencia de energía) y el límite de la zona de agitación (que en la parte resguardada marca la separación con las aguas tranquilas).

Los resultados de la investigación y ensayos de un prestigioso laboratorio de puertos son obligados para definir la zona en planta de las obras de abrigo, así como para la fijación de la sección transversal del dique. En este último caso, los ensayos en laboratorio lo serán a rotura, reproduciendo en el ensayo y mediante la ayuda de ordenador el oleaje real registrado por boyas en alta mar.

A la vista de la diferencia de comportamiento de las secciones de diques ante un oleaje regular o con oleaje real, insistimos en la necesidad de contar con datos reales para el proyecto, obtenidos a partir de boyas fondeadas en varios puntos de la costa, pudiendo aprovecharse con este fin las plataformas petrolíferas en alta mar.

La experiencia española que narraremos en el apartado «Refuerzo del dique en Punta Luce-ro, en Bilbao», de este trabajo nos permite afirmar que, por importante que sea el coste del laboratorio y ensayos, el país que dispone de estos medios acaba obteniendo una gran economía en el proyecto de las costosísimas obras de abrigo.

Dimensiones de la zona de maniobras

La Comisión Internacional para la Recepción de Grandes Buques es un grupo de trabajo dentro de la PIANC. En el suplemento al Boletín número 35 se define el área mínima ocupada por un barco en maniobra de reviro, en función de la eslora, y suponiendo que la velocidad del buque es menor de 0,2 metros/segundo.

Adjuntamos un esquema en la figura 2, recordando que el plano señalado para la superficie de agua es el reservado al movimiento de buques y de remolcadores. El conocimiento de esta superficie es necesario, ya que incidirá tanto en el proyecto de la planta de los diques como en la geometría de canales y dársenas, una vez que se hayan establecido los puntos donde han de tener lugar las maniobras de reviro.

Planta de los diques

Para definir la planta de los diques hay que

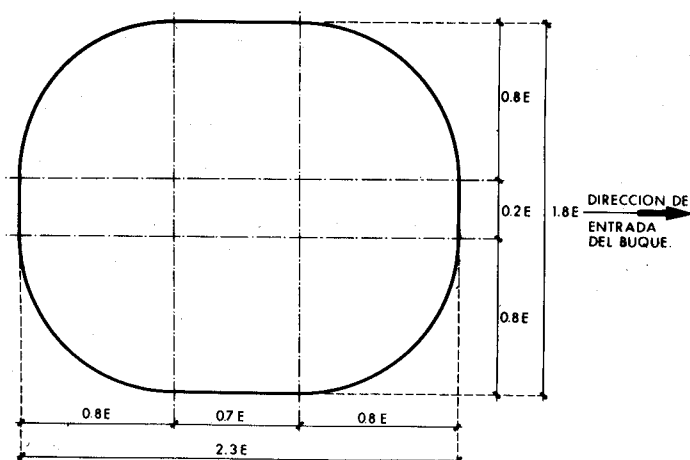


Fig. 2.—Área mínima de maniobras del barco en función de la eslora.

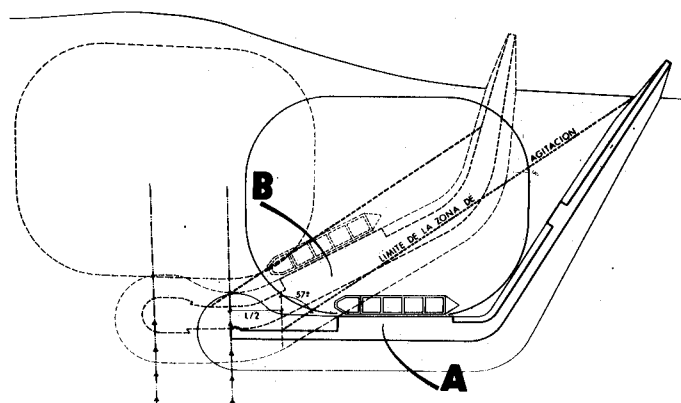


Fig. 3.—Alternativas de la planta del dique. En la solución A, las maniobras de reviro del barco en lastre se realizan en aguas más abrigadas que en la solución B.

decidir previamente si queremos la formación de un antepuerto que sirva para el fondeo y maniobras de reviro o si, por el contrario, solamente deseamos proteger la entrada al canal.

Recordamos en este apartado la obligación ineludible de realizar ensayos de agitación en un laboratorio de puertos, ensayos que no solamente deben realizarlos los investigadores de estos centros, sino que deben ser enjuiciados por personas que tengan una experiencia de la vida portuaria.

En segundo lugar es conveniente que los diques sean susceptibles de su ejecución y ampliación por fases. Si la concepción del dique no ha tenido en cuenta las necesidades a largo plazo, en un futuro las ampliaciones serán difíciles y así nos encontramos en la actualidad con diques de abrigo de varias alineaciones o con contradiques abandonados y que quedan en el interior de las ampliaciones de un puerto.

En la figura 3 hemos dibujado dos alternativas de la planta de un dique, no muy diferentes en coste, pero originando una de las alternativas una mayor protección para las maniobras de reviro del barco en lastre.

Sección transversal de los diques

Las actuales obras de abrigo son diferentes de las antiguas, ya que:

- Se construyen a profundidades mayores.

- La construcción es más acelerada por la aparición de potentes medios auxiliares.
- Han comenzado a emplearse diferentes elementos de protección muy sofisticados y pesados.

Hasta la década de los años 60 ha habido una metodología de cálculo basada en hipótesis de oleaje regular y aplicación de fórmulas para la determinación de la sección transversal, citando obligadamente en este punto al gran investigador español Ramón Iribarren, pionero en el cálculo de diques de escollera.

Durante los años 60-70 cambió la metodología de cálculo, procediéndose al registro de los datos fundamentales del oleaje real mediante la colocación de boyas de medida. Cualquier registro del oleaje puede representarse como adición de una serie de senos y cosenos de frecuencia y amplitudes diferentes, definición que permite el empleo de técnicas matemáticas susceptibles de manejo por ordenador y, en consecuencia, la posibilidad de reproducir el oleaje en el laboratorio. Indicaríamos que las fórmulas clásicas dan una primera apreciación de la sección del dique, la cual posteriormente se concreta a la vista del resultado de los ensayos en laboratorio.

A la vista de nuestra experiencia, nos permitimos citar algunos consejos:

- No conviene forzar el talud del parámetro en mar abierta; son corrientes los taludes 1,75/1 y aún más tendidos.
- La dificultad de encontrar escolleras de gran peso ha llevado al empleo masivo de bloques de hormigón.
- Las bermas o tramos horizontales a cierta profundidad hacen el talud más estable, ya que los bloques que ruedan se detienen en ellos sin alcanzar el pie del dique.
- La importancia y necesidad de los trabajos de mantenimiento aconsejan hacer accesible a camiones la coronación del dique.
- Los dolos de gran peso han sido fuente de numerosas averías.

- Precaución con una excesiva velocidad en la construcción del dique o, al menos, extremar el control de calidad en los vertidos de material.

Refuerzo del dique de Punta Lucero, en Bilbao

Intentamos en este estudio una descripción somera de las averías en el dique de Punta Lucero, en Bilbao, y de las obras de refuerzo que se están realizando en la actualidad, por entender que es una de las obras más importantes en su género en el mundo. Son muy graves las consecuencias de la rotura de un dique de abrigo que afecte a los atraques de petroleros que dan servicio a una refinería, ya que la falta de continuidad o interrupción de las cargas de productos y descarga de crudos inciden en el suministro a un país y repercuten en su economía.

En diciembre de 1976 un temporal extraordinario en el mar Cantábrico abrió dos grandes brechas en el dique de Punta Lucero y no cortaron el dique porque el muro de coronación se desplomó hacia fuera y sus bloques actuaron de protección, impidiendo el progreso de las averías.

En aquellas fechas se habían situado en Bilbao boyas medidoras del oleaje, y durante el temporal llegaron a registrarse olas máximas de 15,3 metros de altura, que excedían de forma importante los 8,3 metros de altura de ola considerada en el proyecto y con oleaje regular. El proyecto fue realizado de acuerdo con los métodos más perfectos hasta la fecha y se hicieron ensayos de laboratorio, pero siempre sobre la base de considerar el oleaje regular, demostrando las averías una falta de idoneidad de la sección tipo ejecutada para resistir los temporales del Cantábrico en aguas tan profundas.

Esta divergencia sobre los datos reales medidos en boya y los datos de cálculo se produjo simultáneamente en los diques de Sines (Portugal) y en Cabo Verde, y en el primero de los citados las averías fueron mayores que en el puerto de Bilbao.

Al realizarse en laboratorio ensayos exhaustivos con oleaje irregular, se llegó a la necesidad de un refuerzo utilizando bloques de 150 toneladas y suavizando el talud exterior. Hubieran

GEOMETRIA DE UN PUERTO INDUSTRIAL

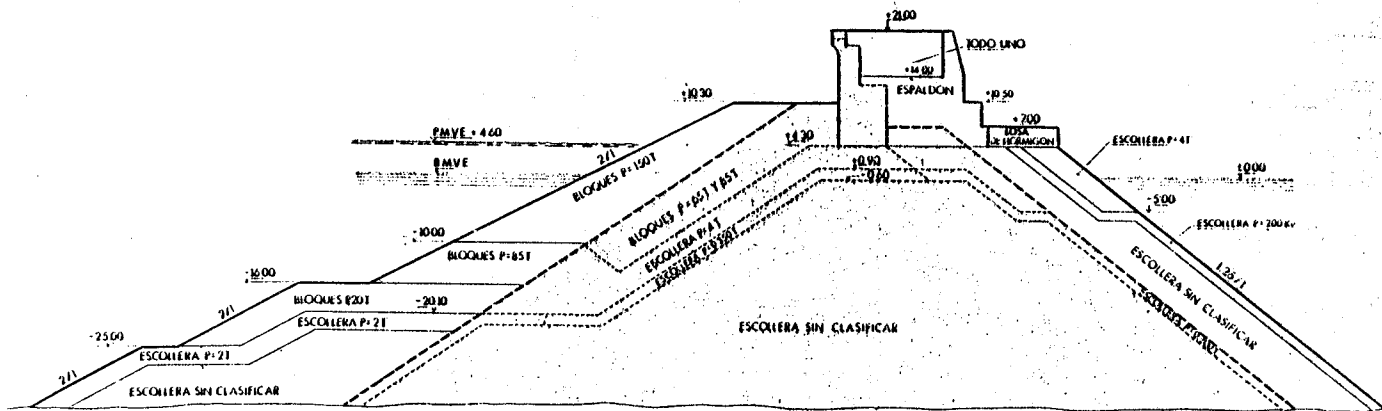


Fig. 4.—Sección transversal del dique de Punta Lucero, en Bilbao, y de su refuerzo.

sido suficientes los bloques de 120 toneladas, pero al no variar prácticamente la maquinaria auxiliar a emplear se optó por el bloque de 150 toneladas. En laboratorio también se decidió la colocación de estos bloques, optándose por disposiciones que producían la rotura del oleaje y huyendo del anclaje o colocación cuidadosa de bloques para presentar un paramento inclinado con un mínimo de rugosidad, ya que ello facilitará la ascensión de la ola por el dique, con su vertido por encima del espaldón, vertido que sería incompatible con las instalaciones para el atraque de petroleros.

El presupuesto inicial del refuerzo del dique, que tiene 2,5 kilómetros, es de unos tres millones de pesetas/metro de dique. En la figura 4 acompañamos la sección primitiva y la del refuerzo, cuyo análisis hace innecesario más comentarios.

3. CANALES DE ACCESO

Profundidad de los canales

La figura 5 es un esquema que ayuda a determinar el nivel de dragado de un canal. Remitimos al lector a los trabajos de la Comisión Internacional para Recepción de Grandes Buques, y en especial al suplemento del Boletín número 35 de PIANC.

El nivel de referencia se entiende como mínimo en cualquier punto del canal, teniendo en cuenta las mareas y las condiciones meteorológicas más variables. Generalmente en los rnares

con marea y barcos a partir de un cierto arqueo, las maniobras de entrada o salida se realizan cuando la marea sube y a partir de la media marea, con el objeto de que en caso de varada del barco, sea ésta quien ayude a ponerlo a flote.

El **calado admisible** corresponde a la inmersión máxima del casco con aguas tranquilas y a velocidad nula. Su valor figura en el certificado internacional de Francobordo, si bien son necesarias ciertas correcciones en función de la salinidad, y generalmente se aconseja disponer de un margen de 0,30 metros para compensar errores o incertidumbres.

Acompañamos el cuadro de «Análisis de las flotas mundiales, por principales tipos de buques, en 1979-1981» y el cuadro «Distribu-

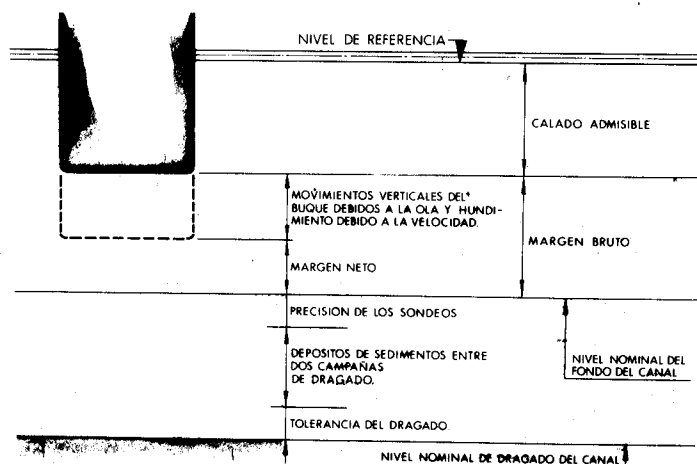


Fig. 5.—Determinación del nivel de dragado en un canal.

ción por edades de la flota mercante mundial, por tipos de buques, al 1 de julio de 1981», ambos tomados de un informe de la Secretaría de la UNCTAD titulado «El transporte marítimo en 1981», y en los que figuran los buques según su clase, destacando los datos relativos a los buques-tanques que transportan crudos del petróleo («oil tankers») y los barcos que transportan mineral («ore carriers»), designándose a ambos tipos con la expresión internacionalmente admitida de «bulk carriers».

Hay un **aumento de calado debido a la velocidad («squat»)** a causa de que la proa se hunde más o menos que la popa según los casos. Esta diferencia de calados se amplifica con la velocidad y a medida que el margen bajo quilla se reduce. En los navíos modernos a plena carga, la proa se hunde más que la popa, mientras que en aguas poco profundas o en canales estrechos sucede lo contrario.

A título indicativo, en un canal de profundidad constante y con velocidades inferiores a los ocho nudos para buques con bulbo, el hundimiento relativo de la proa es de unos 60 cm. para 250.000 toneladas de peso muerto, y de unos 80 cm. para 400.000 toneladas de peso muerto. A velocidad reducida y en zonas de maniobras, estos hundimientos relativos son de 20 a 30 cm., sucesivamente.

En relación con el **aumento del calado bajo los efectos de la ola**, recordamos:

- El aumento depende del período de la ola y para grandes buques sólo se consideran las olas de largo período y mayor de nueve segundos.
- Depende igualmente de la dirección de la ola con relación al navío, teniendo un efecto máximo cuando la dirección de la ola es perpendicular al navío.
- Finalmente, depende de la velocidad del buque y de sus características hidrodinámicas.

Anchura de los canales

Para determinar la anchura de los canales, tradicionalmente existen diversos métodos, que citamos someramente:

El **método pragmático** se basa en los usos reconocidos y en las opiniones de capitanes y prácticos, dando buenos resultados cuando las características de los navíos y las condiciones del entorno son similares a aquellas en las que existe experiencia.

En el **método de márgenes o separaciones máximas** se admite que el práctico corregirá de forma adecuada la trayectoria del buque cuando observe una desviación o tendencia. En este método se determinan los márgenes precisos, evaluando la reacción del práctico, el tiempo necesario para cumplimiento de sus órdenes, el movimiento del navío debido a su inercia, corrientes, vientos, etc. Se determinan, finalmente, los márgenes con relación al eje del canal más un cierto margen de seguridad por los errores surgidos.

En el **método llamado de probabilidad fundada en simulación**, como el nombre indica, se simula en ordenador el movimiento de un buque en un canal y, a partir de experiencias realizadas con muchos prácticos, se establece una correlación entre la anchura del canal, la naturaleza y precisión de la información dada al práctico y la probabilidad de salir del canal. Al final se relacionan solamente las anchuras y los coeficientes de seguridad, siendo obligado decir que surgen muchas dificultades para esta relación, ya que la simulación de los buques es defectuosa y hay un conocimiento insuficiente de las variaciones del comportamiento humano.

En los **modelos reducidos** se trata de determinar la anchura del canal en una maqueta del puerto y utilizando modelos de buques con telemando.

Como **conclusiones** diríamos que hay divergencias bastante grandes entre los resultados obtenidos con los diversos métodos, pero de existir, éstas podrían ser:

- La anchura del canal será al menos cinco veces la manga del barco de mayor arqueo.
- El radio del canal en las curvas, superior a cinco veces la eslora del buque.
- Si hay corrientes transversales se aumentará la anchura en función de la intensidad de las mismas.

- Respecto al sobreancho en curvas, es difícil de precisar, pero en observaciones realizadas en un tramo del Elba, en Hamburgo, en condiciones extremas y en grandes buques, éstos se han mantenido en una vía de una anchura tres veces la manga en una curva de 90° y con un radio de cinco esloras, estando el tramo muy balizado.

En relación con los anchos en **cruce en canal**, podríamos repetir los mismos métodos con sus resultados divergentes e indicados al principio de este apartado. Tratando de simplificar los resultados, podríamos hacer las sugerencias siguientes:

- Cuando los buques están a la misma altura, hay un efecto de repulsión, y cuando las popas están a la misma altura hay un efecto de succión.
- Como el cruce generalmente es breve, hay una cierta compensación entre los efectos de repulsión y succión.
- Se aconseja como anchura la de diez veces la manga del mayor de los barcos.
- Como distancia entre bordas se tomará dos veces la manga del mayor buque.

Trazado

Está determinado por las condiciones y circunstancias locales, y como consejos podríamos indicar:

- El trazado será lo más recto posible, una curva única es preferible a varias curvas menos pronunciadas.
- Conviene seguir la dirección de las corrientes principales, minimizando los efectos de las corrientes transversales.
- Extremar las precauciones cuando hay variaciones en las corrientes transversales. Si el buque se desplaza de una zona expuesta a una abrigada, hay que suplir este efecto ensanchando el canal.
- Si la planta consta de una canal central y dársenas a partir de él, hacer la previsión de zonas de maniobras de reviro para los barcos en algunas intersecciones.

Influencia de los equipos de ayuda a la navegación

La mejora de los equipos de ayuda tiene una extraordinaria importancia para establecer las dimensiones y trazado del canal y de las zonas de maniobra.

Hay equipos de ayuda en tierra, que pueden ser visuales y acústicos (boyas, balizas, faros, barcos-faros), y entre los modernos hay sistemas electrónicos de posición, radar, balizas que responden al radar y avisos radio-telefónicos a los buques.

Entre los equipos de ayuda a bordo hay que contar especialmente con las cartas marinas, puestas al día, y con receptores electrónicos de posición, radar e instrumentos diversos.

Hoy se dispone de aparatos de alta precisión para determinar la posición exacta del buque con relación al eje del canal y al sistema de boyas o balizas complementarias.

4. OBRAS DE INFRAESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA

Terminales de contenedores

Para determinación de la longitud del atraque y del calado de los muelles con destino a este tráfico, relacionamos las características de portacontenedores de cada una de las tres generaciones:

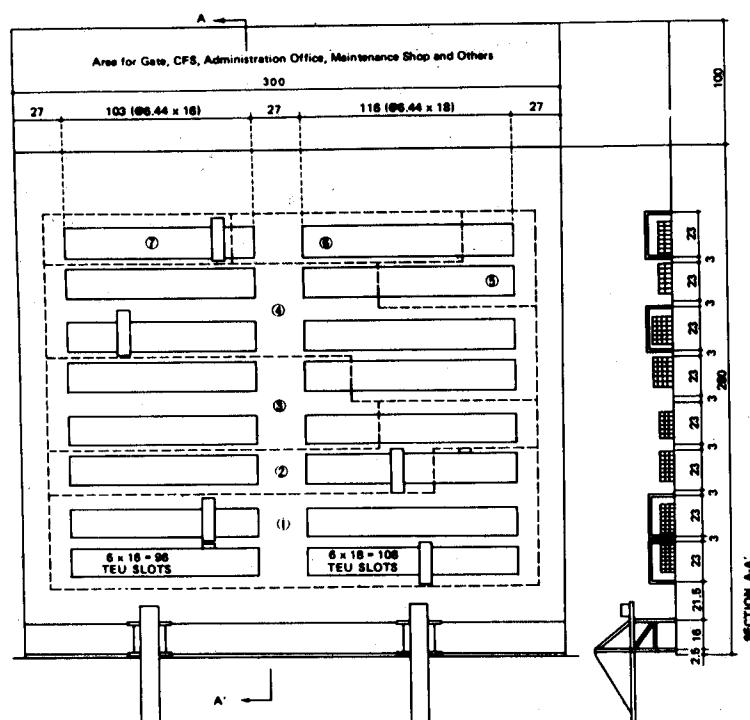
Primera generación: Buque 750 TEU y de 15.000 a 16.000 TPM (175 X 26 X 9 m.).

Segunda generación: Buque 1.500 TEU y de 25.000 a 28.000 TPM (210 X 30 X 11 m.).

Tercera generación: Buque 3.000 TEU y de 50.000 a 60.000 TPM (290 X 33 X 13 m.).

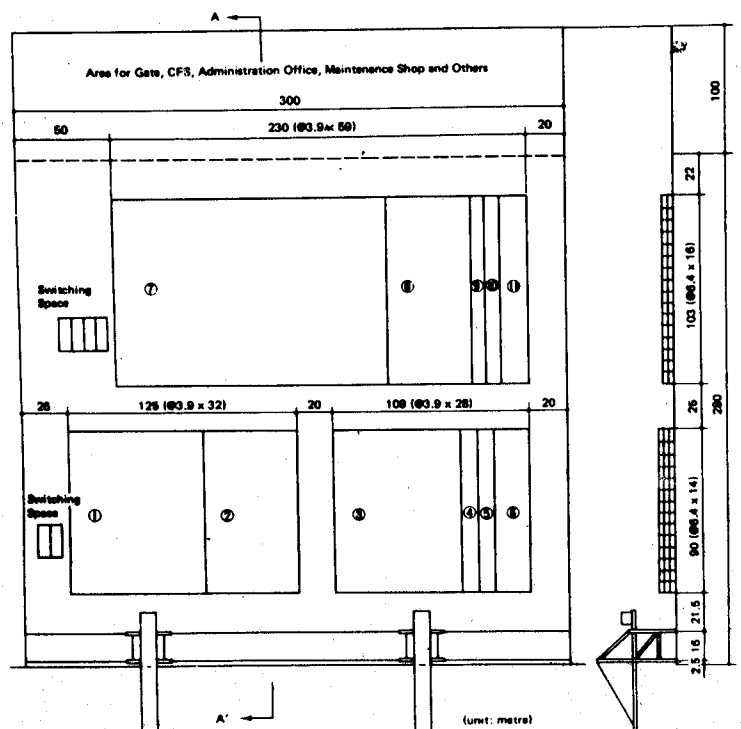
Para determinar las dimensiones del terminal hay que considerar tanto la naturaleza del cargamento (contenedores con origen y destino en el terminal o contenedores en tránsito), como los métodos operativos del terminal (apile individualizado sobre chasis o sobre el suelo en capas de dos a seis contenedores).

GEOMETRIA DE UN PUERTO INDUSTRIAL



Division No.	No. of Slots (TEU Slots)	Tiers	Capacity (TEU)	Remarks
①	450	3	1,350	Dry-Outbound
②	228	3	684	Dry-Inbound
③	270	2	540	Dry-Inbound
④	420	4	1,260	Empty
⑤	108	2	216	Refrigerated
⑥	78	1	78	Over-Dimension
⑦	78	2	156	Dangerous
Total (Average)	1,632	(2.63)	4,284	

Fig. 6.—Esquema de terminal de contenedores con transtainers.



Division No.	No. of Slots (TEU Slots)	Tiers	Capacity (TEU)	Remarks
①	266	3	798	Empty
②	182	3	546	Dry-Outbound
③	252	3	756	Dry-Outbound
④	36	1	36	Over-Dimension
⑤	34	2	68	Dangerous
⑥	60	2	120	Refrigerated
⑦	608	2	1,216	Dry-Inbound
⑧	208	3	624	Empty
⑨	32	1	32	Over-Dimension
⑩	32	2	64	Dangerous
⑪	56	2	112	Refrigerated
Total (Average)	1,766	(2.48)	4,372	

Fig. 7.—Esquema de terminal de contenedores con staddle carriers.

En las figuras 6, 7 y 8 acompañamos diferentes esquemas de los terminales en función de la maquinaria empleada (transtainers, straddle carriers o chassis), estudiados por la OCDI (Overseas Coastal Area Development Institute, of Japan) para los puertos industriales de México.

Sin que sea el objeto de esta conferencia, relacionamos, no obstante, algunos datos importantes:

- Rendimiento de una grúa en el muelle: 50.000 contenedores año.

GEOMETRIA DE UN PUERTO INDUSTRIAL

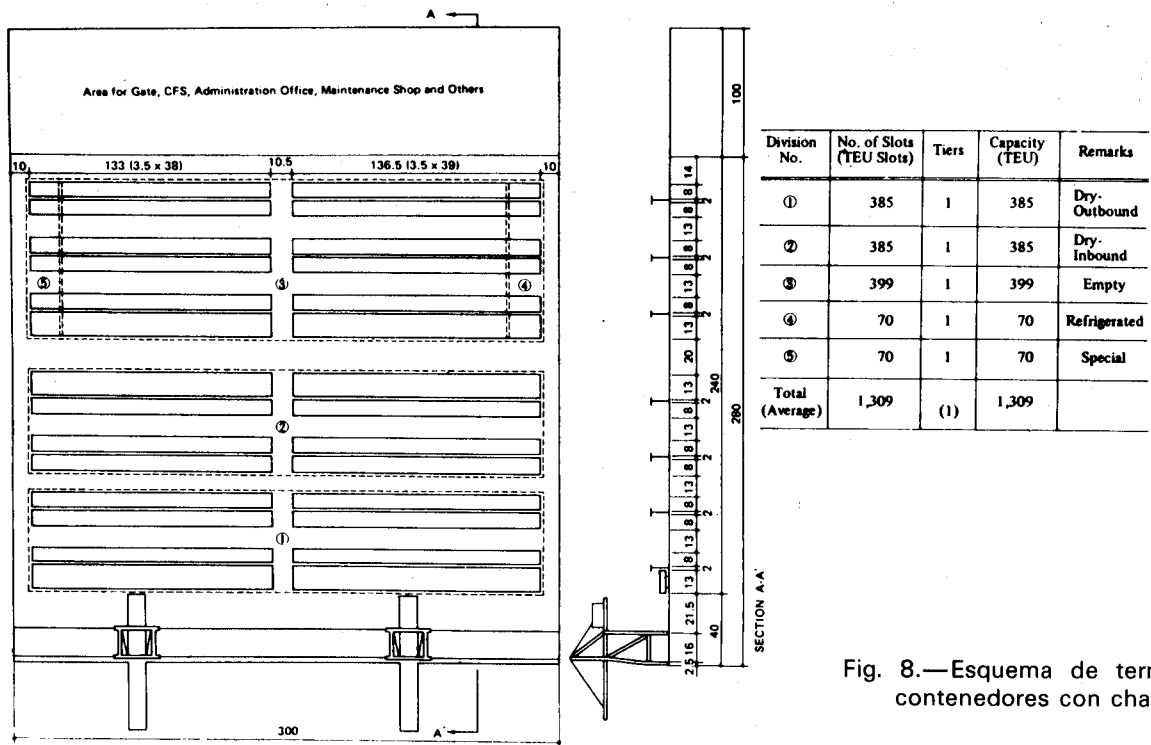


Fig. 8.—Esquema de terminal de contenedores con chasis.

— Superficie necesaria para el movimiento de 100.000 contenedores/año: 10 a 15 hectáreas.

La superficie indicada es la correspondiente al apile de contenedores, carga y descarga, contenedores vacíos, refrigerados, con mercancías peligrosas, superficie para transferencia de los medios de transporte al terminal, almacén de consolidación o rotura de cargas, talleres y equipo auxiliar. Se habla de 10 a 15 hectáreas según se apile de dos a tres alturas, y deben considerarse como superficies mínimas. El atraque tendría una longitud de 300 metros y un fondo comprendido entre los 300 y 500 metros.

La manipulación con chasis tiene la ventaja de que es más fácil y rápida que con cualquier otro método, ya que cada contenedor está dispuesto para ser trasladado por una cabeza tractora o, incluso, varios chasis pueden ser remolcados por el mismo tractor y, a la vez, las cargas sobre los pavimentos son muy ligeras. Pero, como desventaja, aparece la necesidad de disponer de tantos chasis como contenedores y, en consecuencia, se precisa una gran superficie, puesto que los contenedores no pueden apilarse, estando este sistema, por ello, indicado en los terminales de un solo usuario.

La manipulación con straddle carriers es muy flexible y adecuada para la recogida y entrega de cualquier contenedor al azar, y como pueden apilarse (en tres y en cuatro alturas) se precisa una menor área que con los chasis. Como inconveniente citaríamos que las cargas sobre eje son importantes, con su repercusión en la ejecución de pavimentos, y que las operaciones hay que hacerlas con precisión, necesitando la maquinaria disponer de un buen servicio de conservación.

Los transtainers sobre carriles o sobre neumáticos tienen mayor capacidad de apile que ningún otro sistema, con lo que el aprovechamiento de las superficies es óptimo. Los montados sobre carriles están dotados de ménsulas y apilan hasta cinco alturas, y los sobre neumáticos, sin ménsula, hasta cuatro alturas. El transtainer generalmente abarca seis carriles y uno más para las transferencias. Tienen menos gastos de conservación que el straddle carrier, y por moverse sólo en una dirección determinada se presta a un control automático por ordenador. Como inconvenientes, las elevadas cargas en pavimento y que están poco indicados para mover contenedores apilados en las capas inferiores.

Con frecuencia se emplea un sistema mixto

de straddle carriers y transtainers, y, de un modo general, recomendaríamos:

- La manipulación con chassis cuando se trata de un solo usuario.
- El empleo de los straddle carriers en una primera fase del terminal por su gran flexibilidad.
- El empleo de los transtainers cuando el terminal tiene un gran movimiento, siendo posible la automatización por ordenador.

Terminales de grandes sólidos

Definiríamos como graneles la mercancía sin embalaje y que para su manipulación no puede separarse en unidades. Los hay sólidos, líquidos y gaseosos, pero en este apartado hablaremos sólo de los sólidos. Se consideran como graneles de primer orden los que producen más tráfico en el mundo actual, y son: minerales de hierro, carbón, cereales, bauxita-alúmina y fosfatos naturales.

En cuanto a los buques graneleros, se conocen en el tráfico internacional los tipos siguientes:

- B : Granelero («bulk-carrier»).
- O : Mineralero («ore-carrier»).
- B/O : Granelero-mineralero.
- O/O : Mineralero-petrolero.
- O/B/O: Mineralero-granelero-petrolero.
- O/S/O: Mineralero-slurry-petrolero.

Las dimensiones aproximadas y medias de los mineraleros puros y de los buques tipo OBO, son:

TPM	Eslora	Manga	Calado
50.000	230	31	12,0
100.000	275	42	15,0
150.000	300	46	17,0
200.000	330	48	19,0
250.000	350	52	20,5

Las alturas de ola recomendadas para realizar tanto las faenas de atraque como las de carga y descarga, son:

Atraque:

- Hasta 60.000 TPM: 0,8 m.

- De 60.000 a 125.000 TPM: 1,0 m.
- De 125.000 a 250.000 TPM: 1,5 m.

Operaciones carga:

- Hasta 60.000 TPM: 1,5 m.
- De 60.000 a 125.000 TPM: 2,0 m.

Operaciones descarga:

- Hasta 60.000 TPM: 0,8 m.
- De 60.000 a 125.000 TPM: 1,0 m.
- De 125.000 a 250.000 TPM: 1,5 m.

La planificación ha de ser conjunta, tanto para el transporte marítimo como para la llegada y evacuación de los circuitos terrestres a los centros de producción o a las factorías receptoras. Dentro del esquema básico del conjunto de instalaciones barco-depósito regulador-transportador terrestre, la planificación ha de ser coherente con la naturaleza de la industria y deben de participar en ella los propios industriales.

Las diferentes partes de un terminal, son:

- Estación receptora o de carga de vehículos terrestres.
- Almacenamiento regular intermedio.
- Equipo de carga o descarga de barcos.
- Conexión y transporte entre las tres partes anteriores.

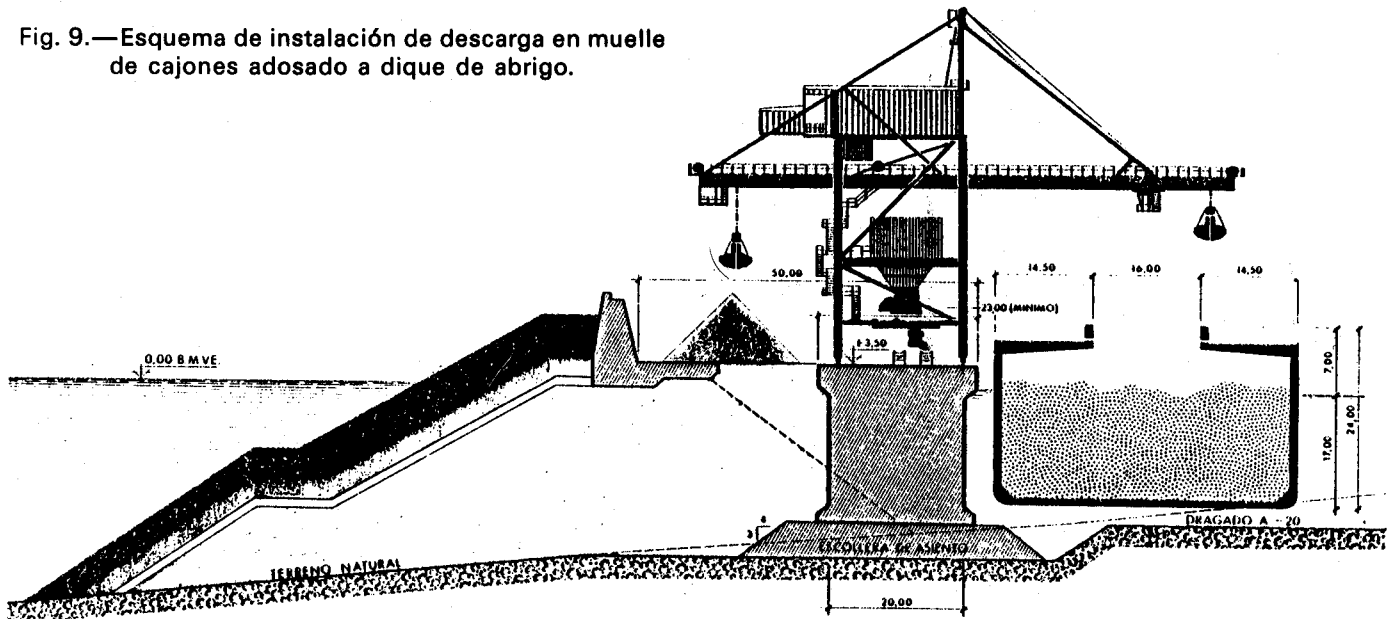
En los terminales de carga, los movimientos tienen lugar mediante la acción de la gravedad, no hay contacto entre el equipo de manipulación y el barco, y existe la posibilidad de emplazar los terminales en mar abierto. Como tipo de terminales y rendimientos aproximados, citaríamos:

- Cargaderos de puente fijo: 500 toneladas/hora.
- Cargaderos de pórtico móvil: hasta 10.000 toneladas/hora.
- Cargaderos radiales o de sector: hasta 10.000 toneladas/hora.
- Cargaderos lineales: hasta 10.000 toneladas/hora.

El material llega en flujo continuo por un sistema de cintas transportadoras al elemento de

GEOMETRIA DE UN PUERTO INDUSTRIAL

Fig. 9.—Esquema de instalación de descarga en muelle de cajones adosado a dique de abrigo.



carga, y por gravedad el material va a bodega.

En los terminales de descarga hay una dependencia rígida entre el movimiento del barco y del equipo, y, en consecuencia, la necesidad de ambos abrigados. En estos terminales los tipos y rendimientos, son:

- Trabajo discontinuo con grúas canguro y pórticos de cuchara:
 - Rendimiento de las grúas canguro: 700 toneladas/hora.
 - Rendimiento de los pórticos de cuchara: 3.000 toneladas/hora.
- Trabajo continuo con transportadores verticales y elevadores de cangilones:

Rendimiento con el trabajo continuo:
5.000 toneladas/hora.

Los rendimientos indicados en las descargas son nominales, es decir, los conseguidos al menos en dos horas de funcionamiento. Los rendimientos efectivos, es decir, los medios en una descarga completa, son aproximadamente la mitad de los nominales. Por el contrario, los rendimientos en punta, es decir, con el barco a plena carga, son a veces superiores en un 25 % a los nominales.

En cuanto a las dimensiones de los parques de almacenamiento, lo aconsejable es que es-

tén lo más próximos al punto de carga o descarga y la limitación va condicionada por las características del puerto. La capacidad de ellos suele ser:

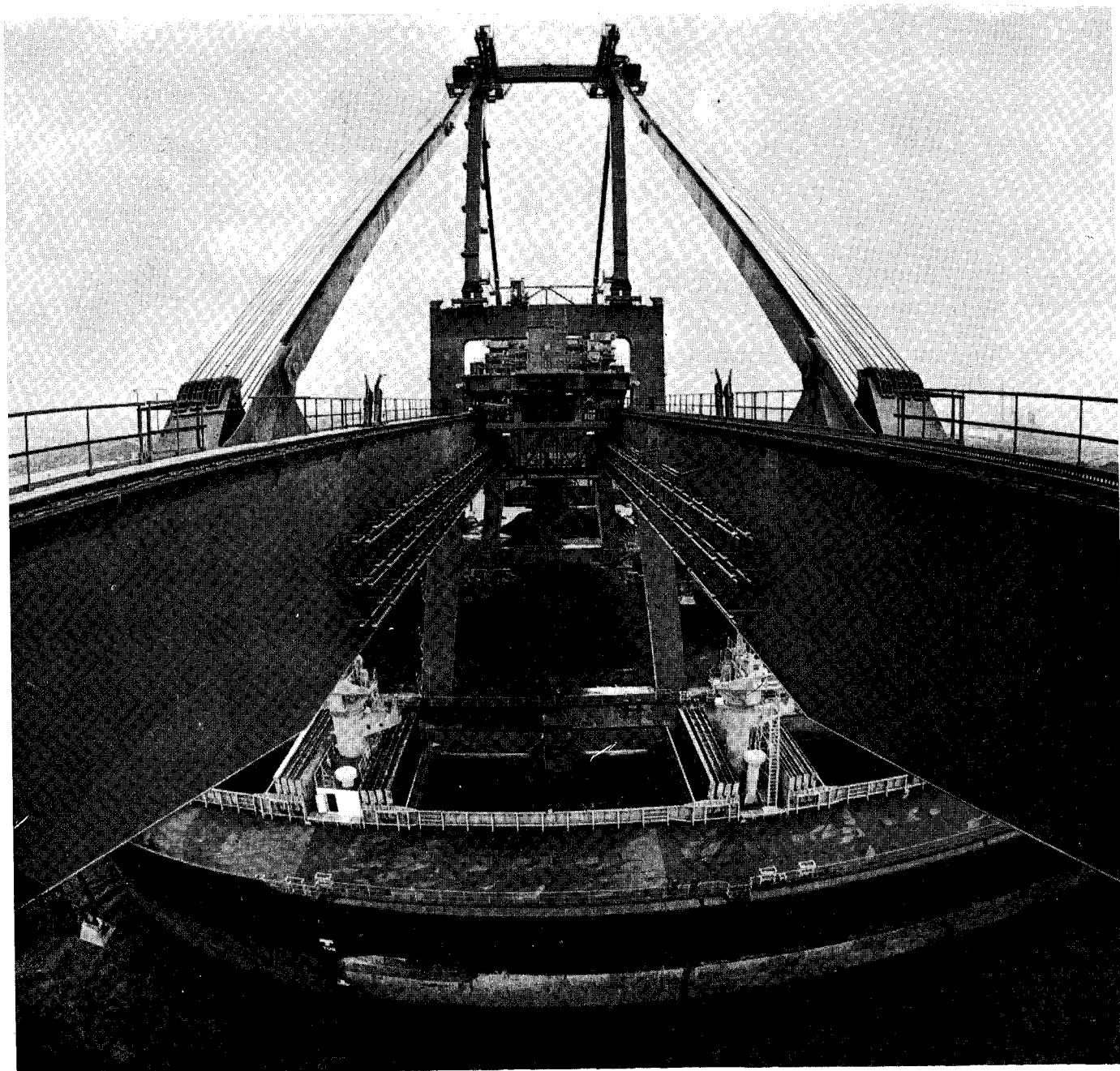
- De cinco a ocho veces la del tipo máximo de buque esperado.
- Del 10 al 12 % del volumen anual previsto a mover.

La maquinaria en parques, esencialmente, consta de: apiladores («stacker»); rotopalas, para recuperar material («reclaimer»), o máquinas mixtas («stacker-reclaimer»).

Adjuntamos, en la figura 9, un esquema de una instalación de descarga a base de pórticos sobre un muelle constituido por cajones de hormigón armado adosado a un dique de abrigo. En el caso de avería de las cintas transportadoras no se interrumpe la descarga, puesto que directamente se lleva el material al muelle y, por ello, esta solución es preferible a la de un muelle exento (separado del dique de abrigo), de anchura estricta e igual a la del pórtico, que no permite esta posibilidad.

Terminales de usos múltiples o polivalentes

Entendemos por este tipo de terminales aquellos en los que se manipulan mercancías



Pórtico de descarga de un granelero, con un ritmo de 2.500 Tn/h. de mineral de hierro (o de 2.000 Tn/h. de carbón).

cuyo tonelaje no justifica un terminal especializado; podría ser el caso de la manipulación de contenedores en una primera fase, de carga general especializada, recepción de materiales para construcción de las industrias y recepción o expedición de diversos graneles en pequeños tonelajes.

Los rendimientos en la manipulación por

grúa de muelle o puntal de barco y en un turno de trabajo, pueden ser:

- En carga general preeslingada y paletizada: 450 toneladas.
- En productos forestales y siderúrgicos en grandes unidades: 1.000 toneladas.
- En contenedores: 1.500 toneladas.

Estos terminales no comprenden la manipulación de graneles en grandes tonelajes ni la correspondiente a las materias primas o de productos de las grandes industrias.

Las características de estos terminales son su flexibilidad y eficacia, y están dotados de un alto grado de independencia respecto al resto del puerto, sin estar aislados del mismo. Aún cuando nacieron como alternativa a un terminal de contenedores y cuya construcción no estaba justificada por el pequeño número de los mismos, no se ubicaron en los puertos del tercer mundo, sino en los países desarrollados.

Un esquema general podría estar constituido por una alineación de 600 metros de muelle y con 13 metros de calado, la mitad del tramo con utilización para contenedores y la otra mitad para graneles y mercancías general. Un fondo, en el sentido perpendicular al muelle, de 400 metros, cuando ello es posible, puede ser una dimensión ideal. En cuanto a la disposición de la zona dedicada a contenedores, remitimos al lector al análisis de las figuras 6, 7 y 8, que reflejan distintas disposiciones del terminal, en función de la maquinaria utilizada.

El tramo de 300 metros de atraque dedicado a graneles y mercancías general puede ofrecer, en su mitad, una superficie totalmente descubierta y, en la otra mitad, puede construirse un tinglado en primera línea y dos almacenes en la parte posterior, sin olvidar que cuando hay manipulación de graneles líquidos los tanques para su recepción y almacenamiento por las facilidades de bombeo pueden estar alejados de la línea del muelle.

En relación con la tasa de ocupación de muelle, los porcentajes dependen del número de puestos de atraque del grupo y pueden oscilar alrededor de los valores que consignamos seguidamente:

Número de puestos de atraque del grupo	Tasa máxima recomendada de ocupación de puestos atraque
1	40 %
2	50 %
3	55 %
4	60 %
5	65 %
6-10	70 %

Cuando los puestos de atraque son independientes, hay un mayor riesgo de esperar el turno, y por ello, y naturalmente, los porcentajes o tasas de ocupación son mayores a medida que aumenta el número de atraques en la misma alineación.

El emplazamiento de estos terminales puede estar dentro del puerto industrial y probablemente deba ser una de las primeras obras de infraestructura a construir, ya que presta un servicio a muchos usuarios que, de alguna forma, están relacionados con las futuras industrias. Quizá una de las recomendaciones más importantes es la de que el emplazamiento haga posible la ampliación a medida que se vaya precisando y que, por lo tanto, no quede en un recinto imposible de ampliar.

Sectores diversos

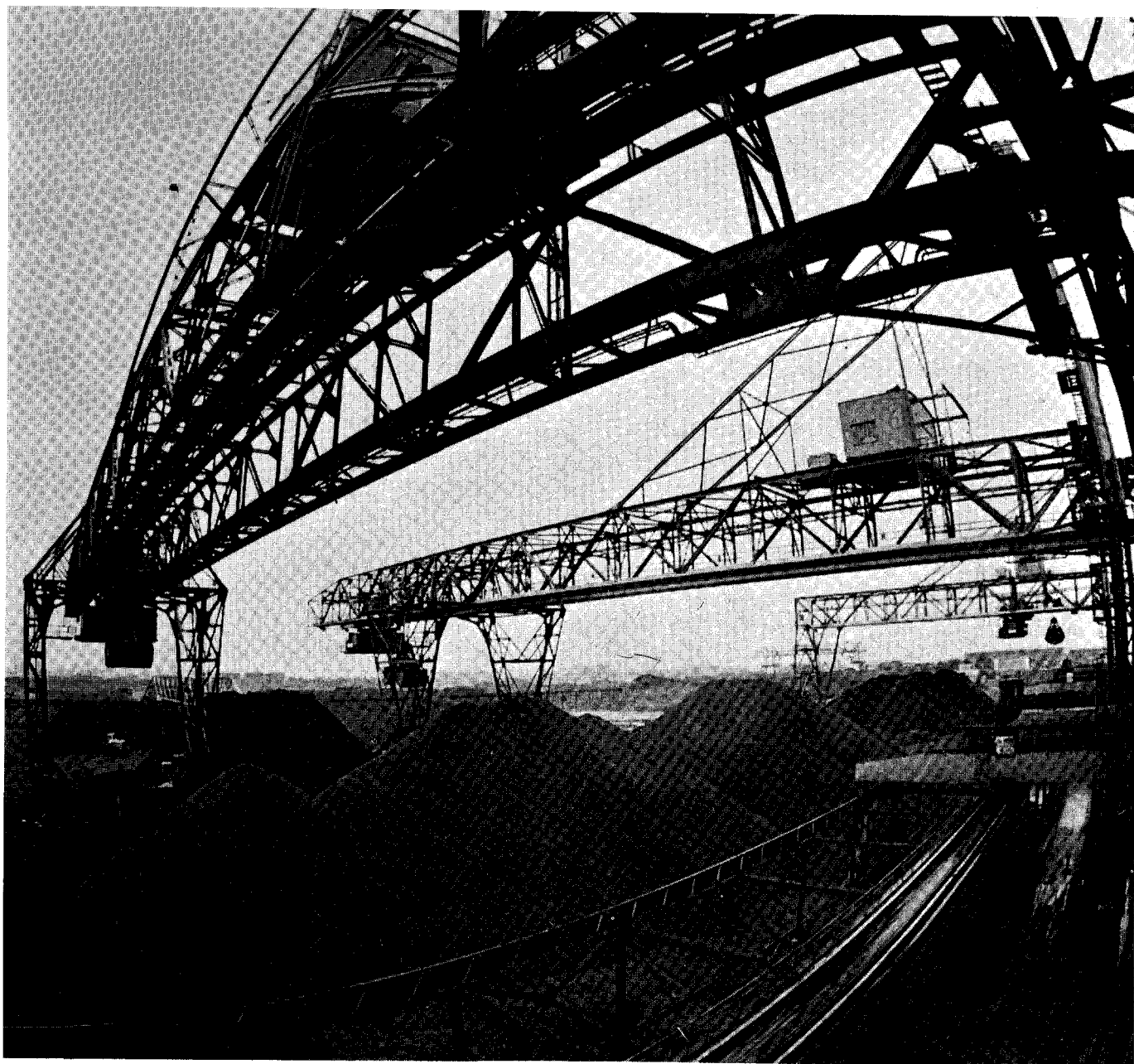
Terminales de graneles líquidos

En estos terminales no se requieren explanadas contiguas a los muelles ni áreas de evolución de vehículos en tierra ni grúas de muelle. Los atraques suelen ser tramos de muelle relativamente cortos, ya que basta una masa resistente para soportar los impactos de los buques y una superficie capaz de albergar las arquetas y los elementos de carga y descarga.

Las instalaciones especiales de carga y descarga de crudos del petróleo dan lugar en los puertos industriales a los mayores volúmenes de tráfico, y los muelles o instalaciones de atraque precisan el mayor calado.

Como cualquier granel líquido en general, puede bombearse a gran distancia, ello permite el emplazamiento de los tanques lejos de los muelles, siendo, en consecuencia, esta disposición la que proporciona mayor flexibilidad para facilitar la implantación de diversas instalaciones más rígidas en sus planes directores.

El tema de la seguridad en la carga, descarga, manipulación y transporte es de una gran importancia, especialmente con los productos derivados del petróleo, gases licuados, etc. La manipulación de líquidos no peligrosos puede hacerse en muelles convencionales, haciendo compatibles los diversos tráficos y alejando los



Depósitos de mineral en tierra con la maquinaria de carga, descarga y transporte.

tanques del atraque para no hipotecar las zonas de manipulación y carga.

Industrias de construcción y reparación de barcos

Generalmente, el emplazamiento de estas industrias suele ir al fondo de las dársenas, en zonas de menor calado y alejadas lo más posible de los futuros núcleos urbanos, puesto que, en general, son industrias que producen mu-

chos ruidos molestos al vecindario e incómodas, especialmente si van unidas a talleres de desguace.

La disposición de los muelles depende, naturalmente, de la naturaleza de las instalaciones, ya que la planta y calados precisos son diferentes, según se utilicen diques secos, diques flotantes, varaderos, plataformas «syncrolift», etcétera.

Tráfico ro-ro

En general, las instalaciones dependen de la carrera de marea en el puerto, y de una manera general podríamos indicar:

- Con discreta carrera de marea (hasta 3 metros) una barcaza o pontón resuelve el problema mediante planchas de enlace con el barco y con el muelle.
- Con medianas carreras de marea (de 3 a 6 metros) la solución puede ser la misma anterior, pero con planchas de mayor longitud para que la pendiente de los tramos sea menor del 12 % y al final de las planchas se colocarán cuñas articuladas que suavicen la rodadura y eviten circular sobre escalones.
- Para mayores carreras de marea se emplean flotadores con planchas articuladas en el muelle y otra serie de planchas desde el flotador al barco. La estructura flotante no solamente varía su calado, sino que, lastrada convenientemente, puede inclinarse para que un único plano sin cambios de pendiente sea sustituido por la serie de: cuña en el muelle-plancha-flotador-plancha barco.

Es corriente utilizar la misma parcela para el tráfico ro-ro y para el de contenedores, así como la utilización en este tráfico de pontones flotantes da flexibilidad a la operatividad diaria, ya que puede variarse de posición, mientras que las instalaciones fijas condicionan la asignación diaria de atraques.

Tráfico pesquero

Generalmente los puertos pesqueros en un país son numerosos y suelen estar ubicados a lo largo del litoral, junto a los núcleos urbanos, siendo, en consecuencia, poco frecuente que se sitúen en un puerto industrial. No obstante, si al proyectista se le impone esta previsión, hay que pensar en un gran número de movimientos de la flota pesquera para emplazar este sector donde cause menos molestias al tráfico general.

La flota puede ser de diversos tipos:

- Flota costera (pesca litoral y gama variada de pequeñas embarcaciones).

- Flota de altura (con pesca a mayores distancia, conservación del pescado con hielo a bordo, buques de 30 a 50 metros de eslora, de 250 a 500 TRB y calados inferiores a 4,5 metros).
- Flota de gran altura (con pesca a grandes distancias de sus bases, congelación y almacenamiento del pescado en bodegas frigoríficas, buques de 30 a 120 metros de eslora, de 500 a 3.000 TRB, de 3,5 a 6,5 metros de calado y con una capacidad de carga de pescado de 200 a 2.000 toneladas).
- Buques factoría (con desarrollo de procesos de industrialización de los productos de la pesca, eviscerado, corte, fileteado, fabricación de aceites y harinas de pescado e, incluso, fábricas de conservas, de 150 metros de eslora y de 8 a 8,5 metros de calado).

En cuanto a la zonificación del puerto pesquero, hay que hacer la previsión para los siguientes destinos:

- Descarga, manipulación y almacenamiento de pescado.
- Estancia y pequeñas reparaciones.
- Avituallamiento de los barcos (combustible, agua, hielo y sal).
- Zona industrial aneja al puerto pesquero (frigoríficos, fábricas de harina de pescado, conservas, semiconservas y platos precocinados, talleres de reparación y almacenes de efectos navales).

Tráfico deportivo y cinturones verdes

En principio, la navegación deportiva es incompatible dentro de un puerto industrial, aun cuando este tipo de navegación no hay que considerarla como un lujo, sino como ocupación de un tiempo de ocio y, a veces, como posibilidad de una pesca artesanal.

Pero, en el caso de que sea obligado establecer un puerto deportivo, daríamos las mismas recomendaciones que en el caso del puerto pesquero, es decir, procurar que el emplazamiento origine los mínimos trastor-



Dragado en la construcción de un puerto industrial en Altamira (Costa del Golfo, en México).

nos a la explotación comercial del puerto industrial.

Con independencia de ello, sugerimos la creación, junto a los puertos industriales, de zonas de esparcimiento y descanso.

El bosque o cinturón ecológico que rodea a los puertos industriales es el emplazamiento

idóneo para las actividades a las que hemos hecho referencia. El uso de este cinturón verde debe ser exclusivamente el recreativo y deportivo.

Es necesario, en primer lugar, hacer un Plan Director; por razón de economía irá muy ligado a la topografía del terreno, y por motivos de enmarcar las zonas de belleza natural esta-

rá supeditado a las zonas verdes actuales, ya que hay que tratar de conservar al máximo las masas forestales y arbóreas.

Concebimos, en principio, dos tipos de instalaciones según sea admisible o no en las mismas un cierto grado de polución en las aguas.

Con excavaciones de escasa importancia pueden inundarse zonas verdes con el agua al mismo nivel de las dársenas, es decir, con agua salada y con un cierto grado de polución, en consecuencia. Estas zonas inundadas pueden destinarse a la práctica del remo o escuela de navegación a vela, etc. En evitación de accidentes, aconsejamos muy poca profundidad para la práctica de estos deportes.

A un nivel mayor del de estas zonas mencionadas y con alimentación de agua dulce se pueden crear ríos artificiales, piscinas para mayores y niños, etc. Hemos hablado de agua dulce y añadimos que este agua debe tener una cierta renovación a causa de la polución que ocasionan los bañistas.

El cinturón verde debe tener una extensión lo suficientemente amplia como para permitir el emplazamiento de todo tipo de instalaciones deportivas (pistas para bicicletas, para práctica de carreras y «jogging», así como pueden montarse infinidad de campos de fútbol, pistas de baloncesto, patinaje, etc.).

En España, tenemos la experiencia del aprovechamiento turístico junto a los pantanos para abastecimiento de agua o producción de energía eléctrica. Este fenómeno junto a los vasos de los pantanos ha sido muy reciente y su desarrollo continúa de una forma constante.

5. USO DE LOS TERRENOS

Terrenos de propiedad particular

No solamente es importante la geometría de un puerto industrial, sino la política general de uso de los terrenos. En este apartado supondremos que varias sociedades o particulares son propietarios del suelo y pasaremos a analizar las consecuencias de esta propiedad

absoluta en manos de particulares.

Hemos dicho que el fin de un puerto industria era el de facilitar el asentamiento de industrias que tuvieran importantes movimientos de importación o exportación y cuyos costos de manipulación se reducen por la proximidad al muelle. Por otra parte, el puerto ha de facilitar a las industrias a bajo coste terrenos suficientes para que éstas atiendan a sus programas de ampliación y desarrollo.

Pues bien, el régimen de propiedad privada no garantiza estos requisitos, ya que, de acuerdo con las leyes imperantes de oferta y demanda, y a pesar de los condicionantes legales que se pretendan imponer, la propiedad privada tiende a favorecer el libre uso de los terrenos a quien los adquiera a mayor precio y todas aquellas industrias que, debiéndose ubicar lejos de los muelles, lo hagan junto a los mismos serán en el futuro una fuente de dificultades para el asentamiento de las industrias idóneas.

Si el puerto industrial representa un polo de atracción (como es uno de los objetivos en su planeamiento), será difícil frenar una especulación más o menos encubierta, que se manifestará en las sucesivas ampliaciones de las zonas portuarias. En un núcleo residencial el valor de las parcelas es función del uso permitido, y así, dejando a un lado los problemas de reparto justo de cargas y beneficios entre propietarios, el valor de un solar calificado como «zona verde» no será el mismo de aquel donde pueda construirse un rascacielos. Pero en un puerto estos cambios de calificación no se dan, ya que la industria que se asienta lo hace para construir en la zona portuaria los parques de almacenamiento de materias primas o productos, así como los accesos e instalaciones de la maquinaria adecuada.

Terrenos otorgados en concesión por la Autoridad Portuaria

La forma ideal de dirigir, gestionar y administrar un puerto, en lo que a política de uso del terreno se refiere, es la de que sea la Autoridad Portuaria la propietaria de todos los terrenos comprendidos en la zona de servicio

del puerto, incluso de las zonas verdes que lo delimitan.

Si el propietario es único es más fácil el control del uso de los terrenos, que en todo caso se otorgarán en régimen de concesión o alquiler a las diversas industrias.

En toda concesión hay que considerar su naturaleza, titularidad, destino, plazo y canon, puntos que pasamos a comentar seguidamente:

Respecto a la **naturaleza**, una concesión no implica cesión del dominio público, sino solamente una autorización al uso de los terrenos de dominio público y que no exime al concesionario de la obtención de todas las licencias o permisos legalmente procedentes.

En cuanto a la **titularidad**, una concesión siempre tiene un titular, que es el peticionario, siendo posible el cambio de titular previa autorización de la autoridad portuaria.

En relación con el **destino**, toda concesión tiene un fin determinado que ha de definirse al solicitar la misma, y, en consecuencia, el concesionario no ha de poder destinar los terrenos ni las obras en ellos ejecutadas a usos distintos de los expresados en la autorización que se le otorgue.

En cuanto al **plazo**, las concesiones siempre se otorgan por un tiempo determinado, generalmente no superior a los treinta años y en función de la amortización de las instalaciones industriales.

Finalmente, entendemos por **canon** el concepto de renta por el uso de los terrenos. Recordamos que no ha de ser objetivo de la Autoridad Portuaria percibir cánones de gran cuantía, ya que eso dificultaría el desarrollo de las industrias, pudiendo en algunos casos imponerse solamente un canon simbólico.

El espíritu del condicionado de la concesión ha de ser el de otorgar a la industria una cierta flexibilidad en el uso, compatible con la vida económica de la empresa. Esta flexibilidad es necesaria al principio de su actividad, etapa en la que, de exigirse un tráfico mínimo, ha de ser reducido, con subidas escalonadas.

Finalizaremos este apartado indicando la conveniencia de que se regule en la concesión lo relativo a casos de caducidad, rescate o reversión automática a la Autoridad Portuaria.

Zonificación junto a canales, dársenas y muelles

Acompañamos las figuras 10 y 11 como esquemas de dos tipos distintos de zonificación, y tomados del libro de R. E. Takel, titulado «Industrial Port Development», figuras cuyo análisis ahorra todo comentario.

Seguidamente expondremos algunos criterios a tener en cuenta en una zonificación racional, si bien puede haber circunstancias que aconsejen variar algunos de ellos:

- Las mercancías se manipularán y almacenarán según su naturaleza.
- Las mercancías que utilizan los mismos medios deben manipularse en la misma zona.
- Separación obligada de las mercancías sucias de las limpias; igualmente, las inflamables de las no inflamables.

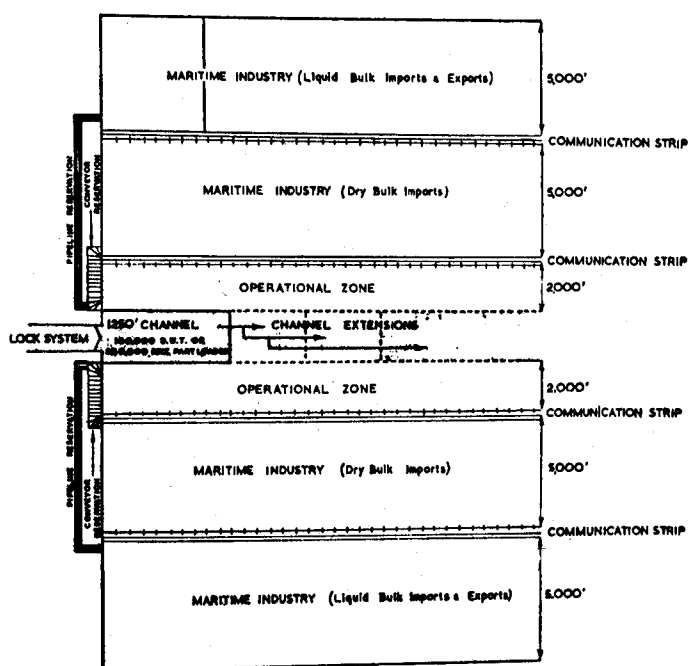


Fig. 10.—Zonificación esquemática propuesta para los MIDA (Maritime Industrial Development Areas).

GEOMETRIA DE UN PUERTO INDUSTRIAL

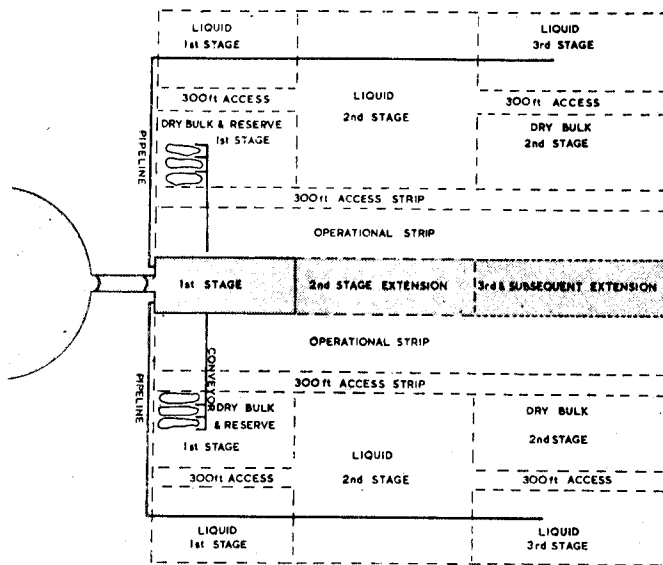


Fig. 11.—Esquema de las zonas reservadas a graneles líquidos y fases de ocupación.

- Los graneles líquidos pueden bombearse fácilmente y, en consecuencia, su almacenamiento ha de estar lejos de los muelles.
- Las mercancías con más dificultad de manipulación serán las más cercanas a los muelles.

Hacemos una última referencia al tema de los accesos por carretera, que han de ser proyectados con gran amplitud, dando servicio a todas las zonas y parcelas y con soluciones alternativas, de forma que se garantice la entrada y salida de mercancías en los puertos, aun en el caso de un gran siniestro o sabotaje en un punto estratégico.

7. BIBLIOGRAFIA

MOPU. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: Ley 28/1969, de 29 de abril, sobre Costas.

UNCTAD: «El transporte marítimo en 1981». TD/B/C.4/251. 5 de abril de 1982. Informe de la Secretaría de la UNCTAD.

PIANC. Permanent International Association Navigation Congress: Boletín número 35, vol. 1/1980. Suplemento al Boletín número 35. Comisión Internacional para la Recepción de Grandes Buques.

OCDI. Overseas Coastal Area Development Institute of Japan: «Esquemas para el programa de puertos industriales en México». Septiembre de 1981.

TAKEL, R. E.: «Industrial Port Development». 1974.

HANAPPE, P., y SAVY, M.: «Industrial Ports and Economic Transformations». Revista «Ports and Harbors», varios números, años 1978 y 1979.

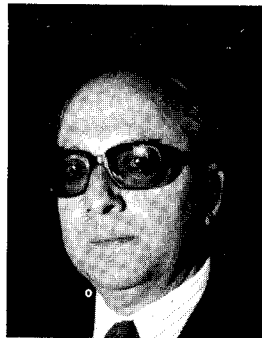
MARTINEZ CEBOLLA, C., y ENRIQUEZ AGOS, F.: «Estudios diversos para el programa de Puertos industriales de México». 1981 y 1982.

MARTINEZ CEBOLLA, C., y MOLINER MORENO, C.: «Esquemas sobre el puerto carbonero de Almería (España)». 1981.

MARTINEZ CEBOLLA, C.; ESCUTIA CELDA, R., y CASTILLO REDONDO, R.: «Consideraciones sobre pasado y presente de dimensionamiento de diques de abrigo en talud». Marzo, 1982.

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES (Groupe de Travail Portuaire): «Rapport concernant l'enquete sur la situation de fait dans les principaux ports de mer de la Communauté».

Carlos Martínez Cebolla



Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Escuela Superior de Madrid. Promoción 1952: Desde junio de 1953 hasta agosto de 1970, destinado en el Puerto de Pasajes (Guipúzcoa), desempeñando las Jefaturas de los Servicios de Proyecto y Obras, Conservación y Explotación Comercial y Pesquera, sucesivamente.

Desde agosto de 1970 hasta abril de 1978, desempeña el cargo de director del Puerto de Pasajes (Guipúzcoa).

Desde abril de 1978 hasta mayo de 1980, desempeña el cargo de director general de Puertos y Señales Marítimas, en una primera fase, y posteriormente el cargo de director general de Puertos y Costas, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Desde mayo de 1980 hasta febrero de 1983, desempeña el cargo de asesor del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, especializado en los temas de puertos y costas.

Desde febrero de 1983, consejero y jefe del Gabinete Técnico del Consejo de Obras Públicas y Urbanismo.

GEOMETRIA DE UN PUERTO INDUSTRIAL

CUADRO I

ANALISIS DE LAS FLOTAS MUNDIALES, POR PRINCIPALES TIPOS DE BUQUES EN 1979-1981 *

(En miles de TRB)

(Los porcentajes anuales del tonelaje total figuran entre paréntesis)

Tipos principales	1979	1980	1981	Porcentajes de cambio 1980-1981
Petroleros.....	338.278 (49,6)	339.802 (49,2)	335.464 (48,1)	- 1,3
Cargueros de gas licuado.....	6.929 (1,0)	7.685 (1,1)	8.328 (1,2)	- 8,4
Cargueros de productos químicos.....	3.485 (0,5)	3.774 (0,5)	4.440 (0,6)	+ 7,6
Buques cisterna diversos.....	372 (0,05)	360 (0,05)	470 (0,07)	+ 30,5
Graneleros/petroleros (incluidos mineraleros/petroleros).....	48.962 (7,2)	48.607 (7,0)	48.447 (6,9)	- 0,3
Mineraleros y graneleros.....	139.575 (20,5)	142.349 (20,6)	151.005 (21,7)	+ 6,1
Buques de carga general (incluidos los mixtos de pasaje y carga).....	116.179 (17,1)	117.834 (17,1)	116.371 (16,7)	- 1,2
Buques portacontenedores (totalmente celulares)....	9.886 (1,5)	11.243 (1,6)	12.416 (1,8)	+ 10,4
Buques portagabarras.....	904 (0,1)	958 (0,1)	1.060 (0,18)	+ 10,6
Buques portavehículos.....	1.752 (0,25)	2.016 (0,3)	2.395 (0,3)	+ 18,8
Buques de transporte de pescado y buques-factoría.	6.946	7.256	7.477	+ 3,0
Buques pesqueros (incluidos los buques-factoría de arrastre.....	(1,0)	(1,1)	(1,1)	
Transbordadores y buques de pasajeros.....	2.296 (0,3)	2.431 (0,4)	2.424 (0,35)	- 0,3
Todos los demás buques.....	5.926 (0,9)	6.540 (0,95)	6.891 (1,0)	+ 5,4
Total mundial (100,0).....	681.490	690.855	697.188	+ 0,9

Fuente: Servicios de Información Marítima del Lloyd's Register of Shipping y del Lloyd's of London Press Limited, 1979-1981 (cifras de mediados de año).

* Los datos aquí presentados no son comparables con los que figuran en el cuadro 4, ya que comprenden los tonelajes correspondientes a la flota de reserva de los Estados Unidos y a las flotas de los Estados Unidos y del Canadá en los Grandes Lagos.

GEOMETRIA DE UN PUERTO INDUSTRIAL

CUADRO II

DISTRIBUCION POR EDADES DE LA FLOTA MERCANTE MUNDIAL POR TIPOS DE BUQUES, AL 1 DE JULIO DE 1981
(Porcentaje del tonelaje total en TRB)

	Tipo de buques	Total	0 a 4 años	5 a 9 años	10 a 14 años	15 años o más	Edad media** en julio de 1981	Edad media en julio de 1980
1.	Total mundial							
	Todos los buques	100	20,0	37,6	21,0	21,4	10,26	9,93
	Buques cisterna	100	15,3	50,6	18,7	15,4	9,46	8,89
	Graneleros*	100	22,2	36,5	25,7	15,6	9,51	9,07
	Buques de carga general	100	21,0	18,0	20,5	40,5	13,05	13,18
2.	Países desarrollados de economía de mercado							
	Todos los buques	100	20,8	37,2	21,3	20,7	10,13	9,55
	Buques cisterna	100	17,1	47,5	19,3	16,1	9,52	8,72
	Graneleros*	100	20,3	36,8	25,4	17,5	9,88	9,11
	Buques de carga general	100	24,4	16,6	21,2	37,8	12,51	12,54
3.	Países de libre matrícula							
	Todos los buques	100	17,6	46,0	20,1	16,3	9,57	9,58
	Buques cisterna	100	13,2	58,9	17,0	10,9	8,82	8,50
	Graneleros*	100	21,5	39,1	26,8	12,6	9,15	9,05
	Buques de carga general	100	16,9	19,2	19,0	44,9	13,84	14,81
4.	Total de los grupos 2 y 3							
	Todos los buques	100	19,5	40,8	20,8	18,9	9,90	9,56
	Buques cisterna	100	15,3	52,7	18,2	13,8	9,21	8,64
	Graneleros*	100	20,8	37,7	26,0	15,5	9,58	9,09
	Buques de carga general	100	21,8	17,5	20,4	40,3	12,97	13,26
5.	Países socialistas de Europa oriental y Asia							
	Todos los buques	100	18,5	23,0	21,7	36,8	12,68	12,44
	Buques cisterna	100	15,2	23,2	14,2	47,4	14,06	13,57
	Graneleros*	100	29,5	31,1	21,4	18,0	9,29	8,99
	Buques de carga general	100	15,1	20,4	23,3	41,2	13,59	13,42
6.	Países en desarrollo (excluidos los países de libre matrícula)							
	Todos los países	100	24,3	29,7	21,6	24,4	10,52	10,34
	Buques cisterna	100	16,1	45,0	23,9	15,0	9,64	9,20
	Graneleros*	100	29,0	30,2	25,7	15,1	9,10	8,85
	Buques de carga general	100	24,4	17,9	17,7	40,0	12,66	12,68

Fuente: Cifras compiladas sobre la base de datos facilitados por los Servicios de Información Marítima del Lloyd's Register of Shipping y de Lloyd's of London Press Ltd.

* Incluidos los cargueros mixtos.

** Para calcular la edad media se ha supuesto que las edades de los buques están uniformemente distribuidas entre los límites inferior y superior de cada grupo. Para los buques de quince años o más se ha supuesto la edad de veintidós años como punto medio del grupo.