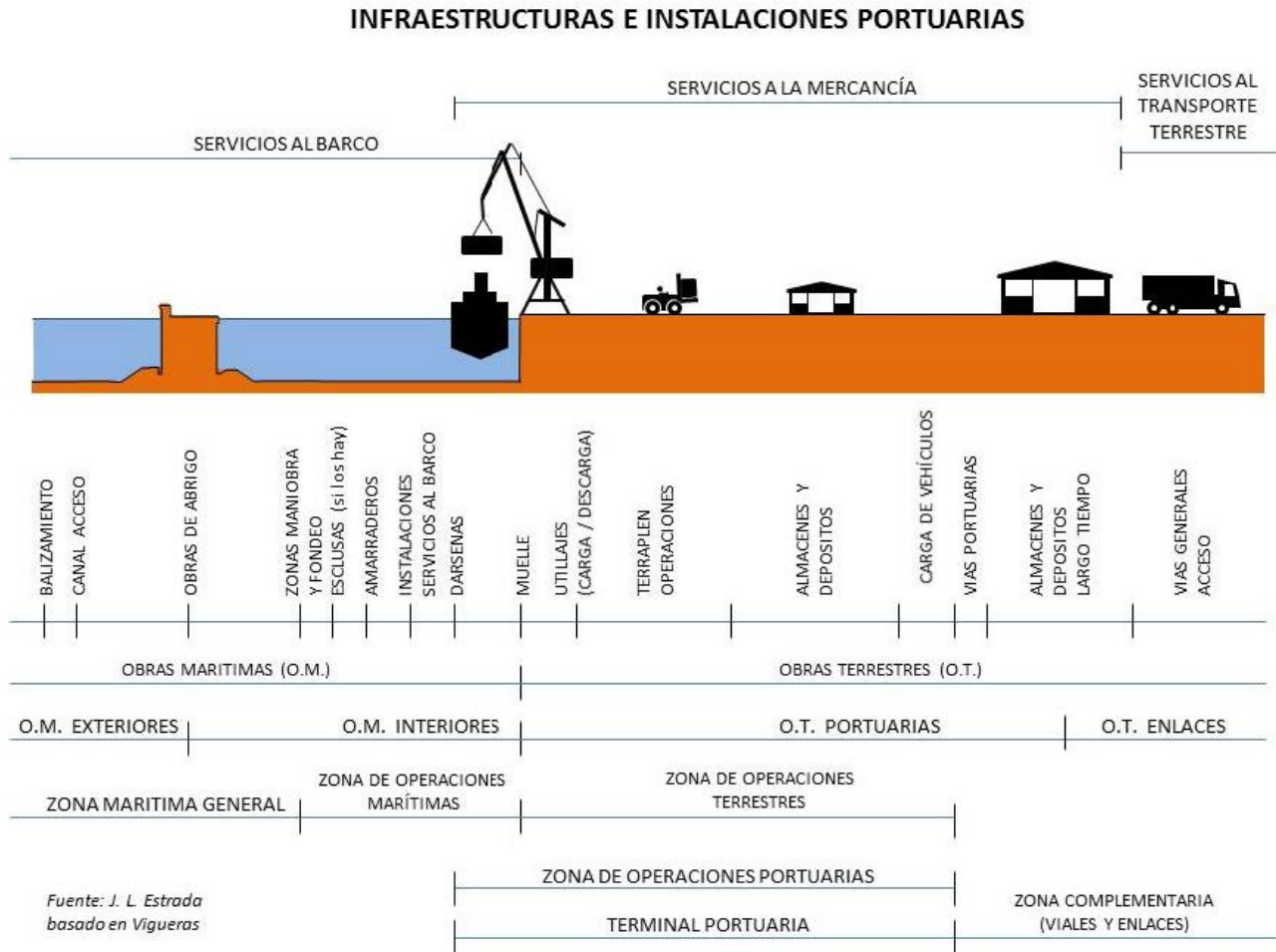


Las infraestructuras más características del puerto

Introducción

En el Capítulo 1 se definieron las principales zonas del puerto de forma esquemática, indicándose los espacios, infraestructuras (u obras [\[1\]](#)) e instalaciones más significativas. La primera distinción fundamental que aparece es entre la *Zona Marítima* y la *Zona Terrestre*.

A continuación, vamos a analizar las infraestructuras más relevantes que forman parte o caracterizan a estas zonas, lo cual se expone en la figura siguiente.



Infraestructuras e instalaciones portuarias. (Fuente: J. L. Estrada basada en Vigueras)

En lo que se refiere a la *Zona Marítima*, distinguiremos entre las *Obras Marítimas Exteriores* y las *Obras Marítimas Interiores*. Llegados a este punto, conviene poner de manifiesto que, con carácter general, el usuario de estas infraestructuras e instalaciones es el buque, es decir, se trata de obras al servicio del buque.

Un elemento común para muchas de ellas, tanto si son obras exteriores como interiores, es que incorporan como parte integrante de las mismas, espacios o áreas de navegación y flotación. Las dimensiones y características de estos espacios se verán afectados, con

carácter general, por los siguientes factores:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques y la disponibilidad de remolcadores.
- Las características climatológicas de la zona.
- Las ayudas a la navegación disponibles en cada caso.

Finalmente, es de notar, como, desde un punto de vista funcional, varias de estas obras responden a los mismos criterios, tanto si son obras exteriores como interiores. En los apartados siguientes así lo indicaremos, cuando sea el caso.

Obras marítimas exteriores

Son aquellas que se encuentran expuestas a las condiciones del clima marítimo exterior, sin apenas ningún tipo de protección o abrigo frente al mismo. Su solicitud principal es el oleaje, pero también las corrientes y el viento, con incidencia diferente tanto en el comportamiento estructural como en el diseño en planta.

Entre las obras marítimas exteriores distinguiremos: los canales de acceso, los fondeaderos y antepuertos, los dragados, las obras de atraque, normalmente estructuras pilotadas y las obras de entrada y abrigo.

Por su parte, los fondeaderos y antepuertos, los dragados y los canales de navegación pueden ser también considerados como obras interiores, cuando se encuentren dentro de las áreas abrigadas del puerto.

En cuanto a las estructuras pilotadas tipo pantalanés y duques de alba, responden a unos diseños que son esencialmente los mismos que para el caso de tratarse de obras marítimas interiores, por lo que procederemos a su estudio cuando hablemos de éstas.

Canales de acceso

-

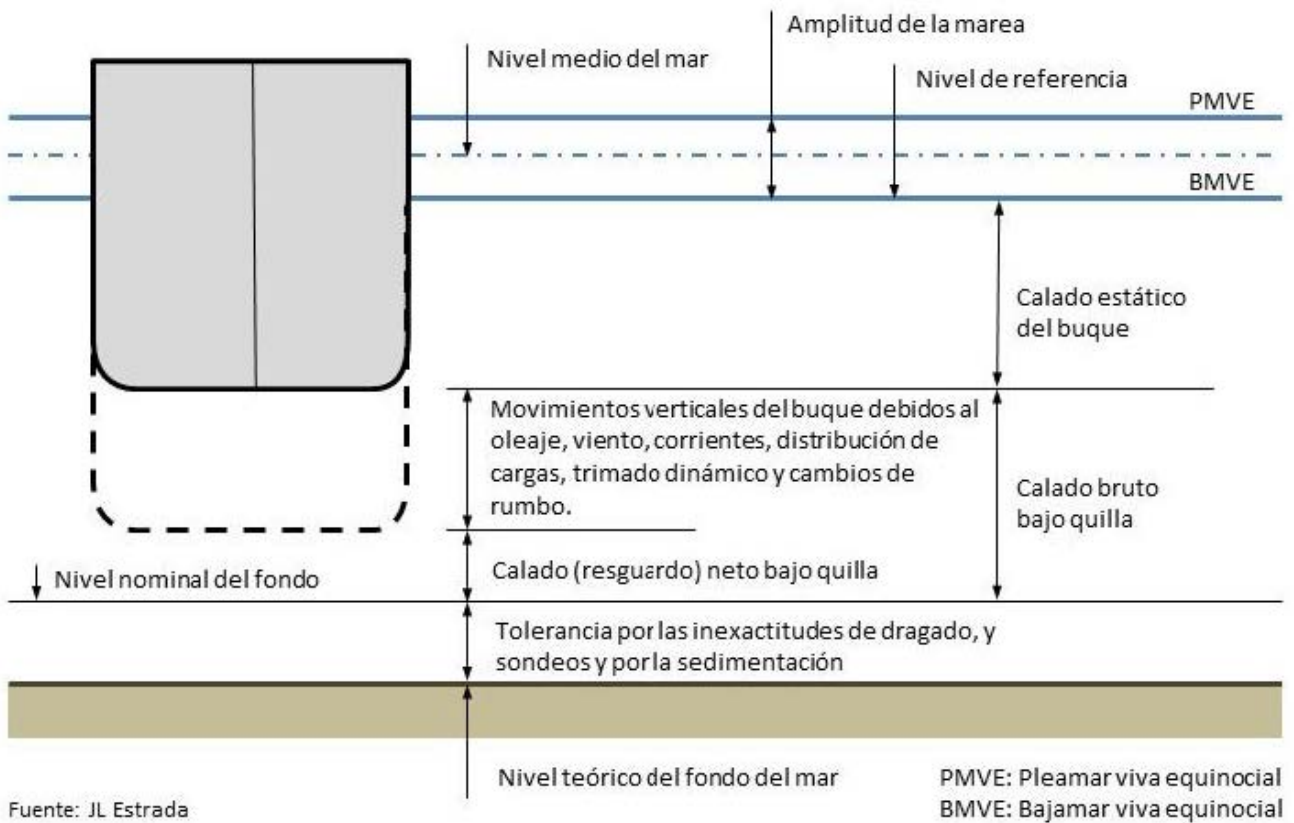
Los canales de acceso al puerto deben cumplir con las condiciones mínimas de profundidad, anchura y orientación favorable.

En cuanto a la profundidad, debe ser suficiente para el movimiento, en condiciones de seguridad, del mayor buque que frecuente el puerto en cualquier momento o bien en ciertos estados de marea, si así ha sido decidido.

La exigencia de mantener abierto el puerto en cualquier estado de temporal puede obligar a profundidades mayores que las exigidas por la navegación ordinaria.

El criterio para conocer la profundidad requerida, se especifica en la figura siguiente, donde se parte de un nivel de referencia que suele ser el nivel más bajo del mar en el puerto (el conocido comúnmente como “cero del puerto”), normalmente coincidente con el nivel más bajo de la marea (la bajamar viva equinoccial).

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PROFUNDIDAD DEL AGUA EN LAS AREAS DE NAVEGACION Y FLOTACION



Factores que intervienen en la profundidad del agua en las áreas de navegación y flotación. (Fuente: J. L. Estrada)

El calado estático del buque es el que corresponde al de mayor desplazamiento para cada tipo de buque a plena carga, corregido, en su caso, por la densidad del agua. La profundidad así obtenida se incrementa por el efecto de los movimientos verticales del buque debidos al oleaje, viento, corrientes, distribución de las cargas en el buque, trimado dinámico (squat) y al posible efecto de las escoras en los cambios de rumbo.

Todo lo anterior da como resultado una profundidad que debe ser incrementada con el denominado “*resguardo neto bajo quilla*”, que representa un factor de seguridad que, según la ROM 3.1.99, comprende dos sumandos: el primero un resguardo para seguridad y control de maniobrabilidad del buque con el fin de que éste pueda mantener el control de la navegación y el segundo, un margen de seguridad que debe quedar siempre libre entre el casco y el fondo y que depende de la naturaleza de éste (mayor si es duro y menor si es blando).

La ROM 3.1.99 establece una casuística de valores función del tamaño del buque, su velocidad y de la naturaleza del fondo marino. Así, para el caso de buques de gran desplazamiento (> 30.000 TPM) y navegación sobre fondos limosos a arenosos (blandos) y una velocidad ≤ 8 nudos, un valor de 0,60 m. Para el mismo tipo de buque y velocidad y fondos rocosos, el resguardo neto bajo quilla recomendado es de 0,90 m. En el caso de tratarse de un buque parado (en atraque), el resguardo es de 0,30 m. y 0,60 m. respectivamente según que el fondo sea blando o rocoso.

Por su parte, el nivel teórico del fondo del mar debe ser, en su caso, corregido por las inexactitudes del dragado y sondeos y por la sedimentación, cuando exista.

En cuanto a la anchura de los canales, es preciso tener en cuenta que, en general, el buque no podrá navegar por un canal en una posición paralela al eje del mismo. En efecto, debido a la acción de las fuerzas que ejercen sobre el buque los vientos y corrientes de costado, es preciso que el gobierno del mismo se ejerza según un cierto ángulo -el ángulo de deriva- lo que le permitirá seguir su enfilada. Así pues, el ángulo de deriva repercute de forma sustancial en el ancho de la vía de navegación, hasta el punto de que con 10° ya es aproximadamente el doble de la manga.

La anchura que debe tener un canal de una sola dirección (a veces se prohíbe el cruce de dos buques), viene influida por diversos factores, entre ellos la propia anchura de la vía del buque, las condiciones del medio, tales como las corrientes transversales y sus variaciones, el oleaje, el viento, el nivel de visibilidad, así como la exactitud de la información relativa a la posición del buque y la facilidad de su “lectura”. Se asume como valor mínimo de la anchura de un canal de una sola dirección (anchura a pleno calado) la de cinco veces la manga del buque mayor, en ausencia de corrientes transversales, alcanzado en la práctica

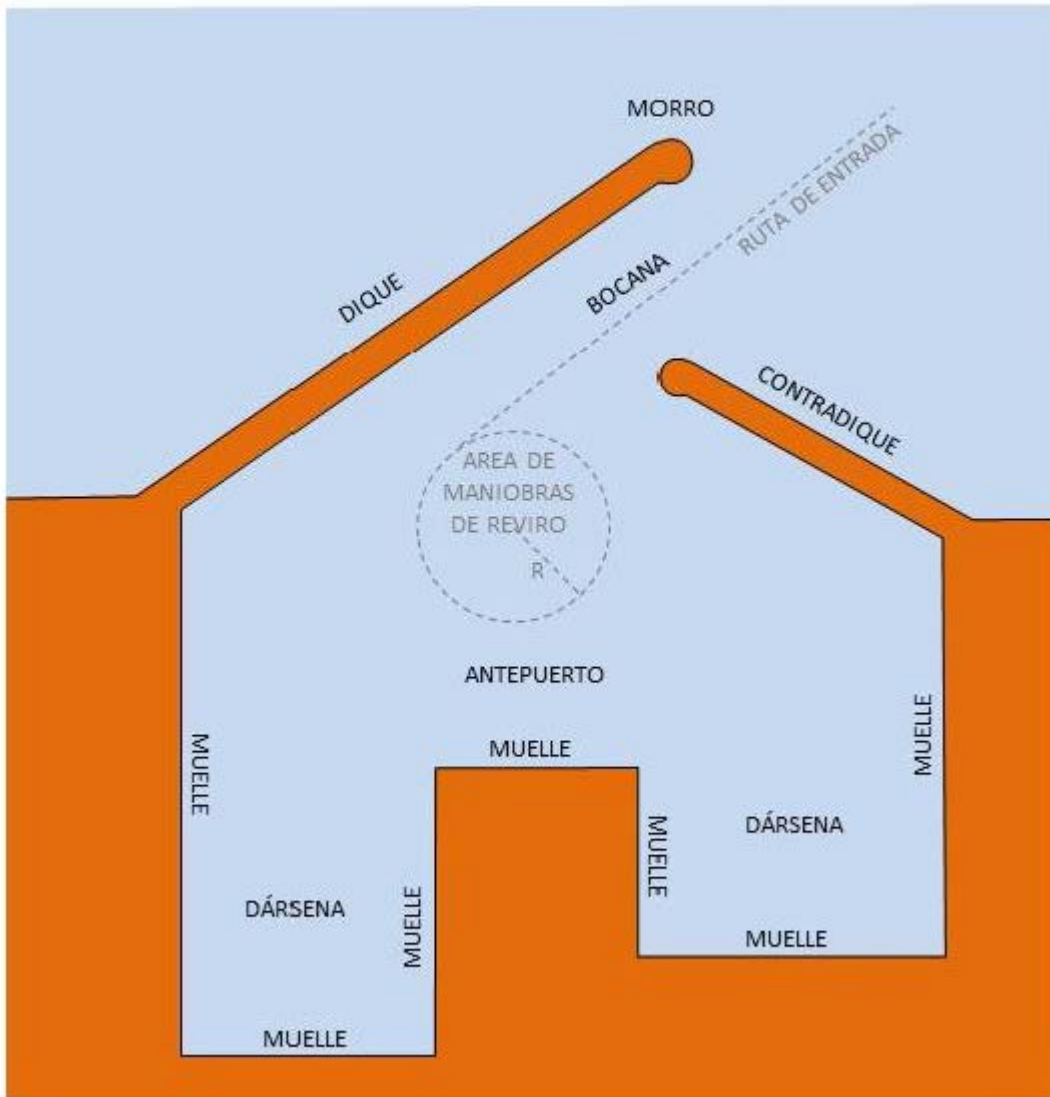
para condiciones medias hasta 7 a 8 veces la manga e incluso 10 veces en su extremo (UNCTAD).

En cuanto a los canales en dos direcciones, los valores anteriores deben aumentarse en 3 a 5 veces la manga más la compensación por el ángulo de deriva, para el caso de grandes buques.

En las curvas hay un incremento por sobreancho, como consecuencia de la navegación con ángulo de deriva.

En general los canales de acceso deben ser lo más rectilíneos posible, sin la presencia de curvas en forma de S.

**LAY-OUT ESQUEMATICO DE UN PUERTO
PRINCIPALES INSTALACIONES MARÍTIMAS**



Fuente: JL Estrada

Lay-out esquemático de un puerto. Principales instalaciones marítimas. (Fuente: J. L. Estrada)

La boca de entrada

-

En cuanto a la anchura y orientación de la boca de entrada al puerto o bocana, es preciso considerarlas de manera conjunta con la planta de los diques de abrigo y las áreas abrigadas que quedan al resguardo de los mismos, ya sea un fondeadero o antepuerto o una dársena o canal interior de navegación.

Cuanto más fácil y amplia sea la entrada al puerto, más fácil será asimismo la penetración de la energía del oleaje en el interior, por lo que ambas condiciones son antagónicas.

Como ya se ha dicho, los factores que intervienen son fundamentalmente de dos tipos: las condiciones climatológicas del emplazamiento y los derivados de las exigencias del buque.

La dirección con que las olas aborden el acceso y la entrada al puerto es un aspecto importante por su acción sobre la ruta del buque. Para la seguridad del buque, debe tomarse la entrada lo más perpendicular posible a la de las crestas del oleaje del temporal, y tener en cuenta, en su caso, la deriva ocasionada por las corrientes, de forma que en el momento de la entrada se encuentre frente a la boca del puerto.

El buque seguirá una determinada ruta que, normalmente, interesa que sea mínima y que depende de la capacidad de maniobra de buque, de acuerdo con las condiciones meteorológicas, corrientes y viento.

De acuerdo con la ROM 3.1.99, la anchura nominal de la bocana de un puerto a la profundidad requerida para el buque de proyecto en las condiciones operativas desfavorables que se admitan, será igual o superior a la eslora total del citado buque.

Finalmente, el emplazamiento y la anchura de la bocana debe tener en cuenta los efectos de la dinámica litoral y, en particular, los riesgos de aterramiento de la propia bocana, con la siguiente pérdida de profundidad, lo que puede ser muy grave, por su incidencia en la funcionalidad del puerto. Este hecho será tratado, asimismo, al hablar de las obras de

abrigo.

-

Áreas de maniobra

-

Las áreas de maniobra son espacios de agua que cumplen con, al menos, una de las finalidades siguientes:

- Permiten la parada del buque
- Permiten el revío del buque
- Permiten dar arrancada al buque.

Es sabido como el buque en su navegación necesita una velocidad mínima suficiente para mantener la navegación controlada, en función de las características del emplazamiento y de las condiciones climatológicas existentes. Antes de que el buque inicie las maniobras de atraque, debe poder reducir su velocidad prácticamente a cero, necesitando un espacio suficiente para que la parada lo sea en condiciones de seguridad.

El concepto de área de maniobra no representa una infraestructura en sentido estricto de las de la clasificación anterior, sino que se trata de espacios que forman parte de un fondeadero, o de una dársena o de un canal de suficiente anchura, donde se efectúa la correspondiente maniobra.

En cuanto a las distancias necesarias para que el buque se detenga pueden ser importantes, sobre todo en los grandes buques, siendo que además se hace más difícil el control de la maniobra en la fase de detención del buque.

Las paradas pueden ser en tramos rectos o en círculo o en trayectorias mixtas. La longitud del canal interior -lo que en términos de aviación sería la pista de aterrizaje del puerto- puede alcanzar 3 o 4 km de longitud para los grandes buques (mayores de 50.000 TPM

según UNCTAD), a fin de garantizar la seguridad náutica. Sin embargo, a estos grandes buques no se les permite detenerse utilizando su propio sistema propulsor, salvo el caso de determinados buques modernos, muy bien dotados tecnológicamente, como es el caso de los cruceros. Ello se consigue utilizando, con carácter general, la asistencia de remolcadores.



Maniobra de entrada al Puerto de Leixões realizada en simulador. (Fuente: APDL)

Esta distancia puede acortarse, adoptando diferentes tipos de medidas, como son reducción, en la medida de lo posible, de la velocidad a la entrada del puerto o limitando la entrada de los buques grandes en el puerto cuando las corrientes excedan de un cierto límite, lo que puede representar un coste importante desde el punto de vista de la explotación del puerto.

Las maniobras de los buques de dimensiones pequeñas a medianas no suelen plantear problemas especiales y por tanto no se requiere de dimensionamientos especiales de la infraestructura del puerto. En estos casos, las distancias necesarias para que el buque se detenga son limitadas y generalmente caben dentro de los canales interiores del puerto utilizando sus propios motores.

-

En la actualidad, el diseño de los canales de acceso, las características de la bocana y las áreas de maniobra con sus distancias de parada, suelen diseñarse con el auxilio de ensayos en simulador (Ver figura del Porto de Leixoes).

-

Fondeaderos y antepuertos

-

Se denomina fondeadero a la zona en la que los buques arrojan el ancla, o fondean, lo cual pueden hacer por diversas razones: mientras esperan un puesto de atraque en el puerto, ser objeto de inspecciones de sanidad o de otro tipo, ser objeto de la prestación de determinados servicios como bunkering y aprovisionamientos, cambios de tripulaciones, reparaciones, en espera de destino, etc. Hay fondeaderos especiales, independientes para los buques que transportan mercancías peligrosas, que deben estar especialmente señalizados como tales en las cartas.

Los fondeaderos se encuentran generalmente lejos de la terminal portuaria y junto a los canales principales, de modo que estén cerca de las zonas de agua profunda, para que a la vez no entorpezcan los movimientos de los otros buques.

-



Puerto de Leixões. Antepuerto. (Fuente: APDL)

Estos espacios pueden estar protegidos por accidentes naturales o por estructuras artificiales como diques o espigones, pero en muchos puertos los buques esperan un puesto de atraque anclados frente a la costa, en zonas poco o nada abrigadas.

La dimensión de los fondeaderos depende de muchas variables, entre ellas la posibilidad de coincidencia de un determinado número de buques, la forma de fondeo, la existencia de elementos auxiliares de amarre, etc.

El antepuerto es un área que, con frecuencia se asimila con el fondeadero de un puerto, en la medida que en él se realizan operaciones de fondeo en espera de atraque y también las maniobras de reviro del buque a la entrada o salida del puerto. Ejemplo, el antepuerto del Puerto de Leixões.

En el caso del Puerto de Algeciras, existen tres áreas de fondeo claramente diferenciadas y

estructuradas en la propia Bahía de Algeciras. Además, en la bahía existe otra área de fondeo asociada al vecino Puerto de Gibraltar.

-

Las obras de abrigo

-

Cuando la protección natural es insuficiente, como sucede en el caso de una costa abierta, hace falta construir diques para formar un puerto artificial.

La configuración en planta o “lay-out” de este tipo de puerto está muy directamente condicionada /relacionada con la planta de las obras de abrigo.

Así el emplazamiento y las alineaciones de los diques vienen determinados por las siguientes variables:

- El tamaño del área portuaria que ha de ser objeto abrigo. Ello deberá incluir, por un lado, la superficie necesaria para las operaciones náuticas de maniobra y reviro y, por otra, para la creación de las dársenas, muelles y terminales requeridas por la explotación del puerto, para los tráficós previstos.
- El grado de abrigo requerido en las dársenas y muelles.
- Permitir las necesarias condiciones de seguridad en la entrada, lo que incidirá sobre todo en el ancho y orientación de la bocana.
- Alcanzar suficiente profundidad en la bocana para permitir la entrada del buque máximo sin necesidad de dragados. Por su parte, el emplazamiento en aguas más profundas conlleva un mayor volumen de obra y por tanto un encarecimiento de la misma.
- La influencia de los diques en el transporte litoral, generando acumulación a un lado y erosión en el otro y, con el riesgo de afectar a la propia bocana reduciendo la profundidad de la misma, lo que puede ser muy negativo.
- La influencia de los diques en las corrientes.
- La influencia de los diques en los posibles fenómenos de resonancia en las dársenas.
- El emplazamiento de la bocana en la zona de rompientes, lo que puede ser muy relevante para el caso de puertos pequeños: pesqueros y deportivos básicamente.

En particular, la condición de abrigo es normalmente incompatible con las mejores condiciones operativas de la bocana (anchura y orientación) ya que se trata de dos fenómenos antagónicos, por lo que habrá que encontrar en cada caso la solución que mejor resuelva el problema planteado.

Los diques de abrigo son infraestructuras muy costosas, probablemente es la obra portuaria más costosa y de más difícil realización. Además, es tal que, por si sola, no genera capacidad para el puerto, para ello es necesario construir obras de atraque; además suelen tener un importante impacto ambiental, dependiendo, naturalmente, de cada caso.

Su construcción suele requerir de grandes volúmenes de materiales de cantera, particularmente los diques en talud, por lo que en aras de la reducción de costes se buscan siempre que sea posible emplazamientos parcialmente abrigados. A veces, se aprovecha la presencia de bajos o islotes más o menos cercanos a la costa, que permitan apoyarse en ellos y reducir así los volúmenes de material pétreo y por tanto los costes.

Como ya se estableció al hablar del desarrollo portuario, lo ideal es desarrollar estas obras por fases, que formen parte de un Plan Director a medio-largo plazo, bien elaborado, anticipándose razonablemente a la demanda, en la medida de lo posible.

1) La disposición en planta de los diques

El trazado en planta de los diques de abrigo viene muy condicionado por las características locales del puerto y por toda una serie de las variables y objetivos a lograr, antes mencionados. Ello da lugar a múltiples posibles formas geométricas. No obstante, cabe distinguir, con carácter general, los siguientes tipos principales:

- Diques paralelos a la costa

Esta disposición suele usarse en líneas generales en puertos ganados al mar con un calado suficiente no demasiado alejado de la costa, y siempre que no se disponga del terreno necesario en la orilla para un dragado interior (por encontrarse la ciudad o que el terreno sea de naturaleza rocosa difícil de dragar). Ejemplo: La evolución histórica del puerto de

Barcelona, Tarragona, Motril (véase Figura). La ampliación de este tipo de puertos suele ser relativamente sencilla, en el sentido de bien definida o anticipable como hemos visto en apartados anteriores para el caso del Puerto de Tarragona.



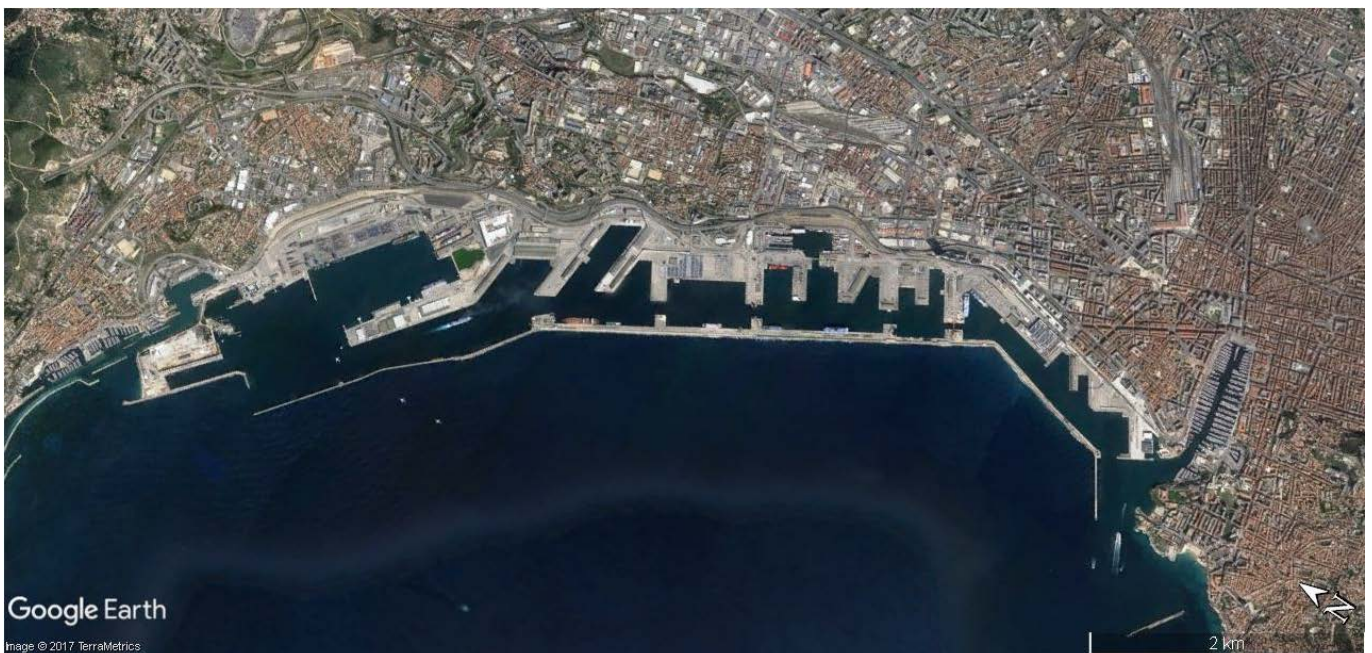
Puerto de Motril. Planta General.

Cabe distinguir, entre el caso de diques arrancando desde la costa o el de diques aislados (exentos) abiertos por ambos extremos. Ejemplo de estos últimos son los puertos de Marsella y Génova.

Los diques exentos suelen reducir su papel al del abrigo, sin que dispongan de muelles adosados, al no estar unidos a la costa. Ello limita su papel desde el punto de vista de la explotación portuaria.

Esta forma de crecimiento tiene el inconveniente, de gran relevancia en la actualidad, de la ocupación creciente de línea de costa, por lo que es habitual encontrar casos en que esa posibilidad ya esté limitada o prácticamente imposibilitada, desde un punto de vista administrativo, como es el caso de los puertos de Barcelona y Tarragona citados, entre otros, que tienen actualmente limitado su crecimiento por el sur.

La gran longitud que puede alcanzar, a veces, un dique paralelo, en el crecimiento de un gran puerto, que puede obligar a grandes recorridos por el canal interior a los buques/embarcaciones que operan en las primeras dársenas, ha obligado en algunos casos como el del Puerto de Barcelona, a abrir una nueva bocana en las inmediaciones de su arranque.



Puerto de Marsella. Planta General.

- Diques convergentes

Este tipo es muy utilizado en busca del calado necesario para la boca de entrada, cuando las profundidades adecuadas se hallan lejos de la costa. Su principal problema estriba en que,

si no se proyectan con mucha generosidad, las posibles ampliaciones, al quedar el puerto encajado entre los diques, iniciales requerirán nuevas obras de abrigo hacia zonas de mayor calado y, por tanto, más caras.

Se suele usar mucho este tipo en zonas arenosas donde es necesario situar la boca en calados donde no se produzcan aterramientos (por lo menos durante cierto tiempo y también para abrigar bahías profundas, dejando paso en el centro en el punto de más calado y abrigando una amplia superficie.

La forma general de estos es muy variada. Un ejemplo típico lo constituye el Puerto de Castellón tanto en su desarrollo histórico, como en el más reciente.



Puerto de Castellón. Planta General. (Fuente: APC)

El Puerto de Castellón, con el desarrollo de los últimos años, ha continuado con esta dinámica, en base a la construcción de un nuevo dique convergente más al sur, creando la nueva Dársena Sur, generando mucha superficie de agua abrigada, lo que permitirá la construcción de los correspondientes muelles y explanadas en los próximos años.

Una variante de la tipología de diques convergentes es la de los diques convergentes con antemural Así, en algunos puertos con diques convergentes, donde los morros están muy

separados entre sí dejando una boca muy amplia y poco abrigo, en vez de prolongar uno de los diques se prefiere dejar dos bocas a base de construir delante otro dique aislado. Suelen presentar inconvenientes para la navegación y también para las futuras ampliaciones de los puertos.

- Diques paralelos entre sí

Se usa esta disposición de diques en los puertos creados avanzando sobre tierra o bien en la desembocadura de los ríos navegables. Ofrecen muchos inconvenientes, como aterramientos importantes, malas condiciones a la navegación de entrada de los barcos, penetración de la agitación etc. Para evitar estas dificultades se suele prolongar el espigón más expuesto al oleaje; otras veces se disponen *Zona rompeolas* consistentes en ampliaciones del canal donde la expansión que sufre la ola la amortigua. Este tipo de dique tiende a desaparecer en los puertos excavados, sustituyéndolo por un sistema exterior de diques convergentes que engloben los primitivos con lo que se consigue aumentar la seguridad de entrada en el canal, creando un puerto exterior más seguro Ejemplo: el Puerto de Avilés.



Puerto de Avilés. Planta General.

2) Tipología de los diques, según su sección

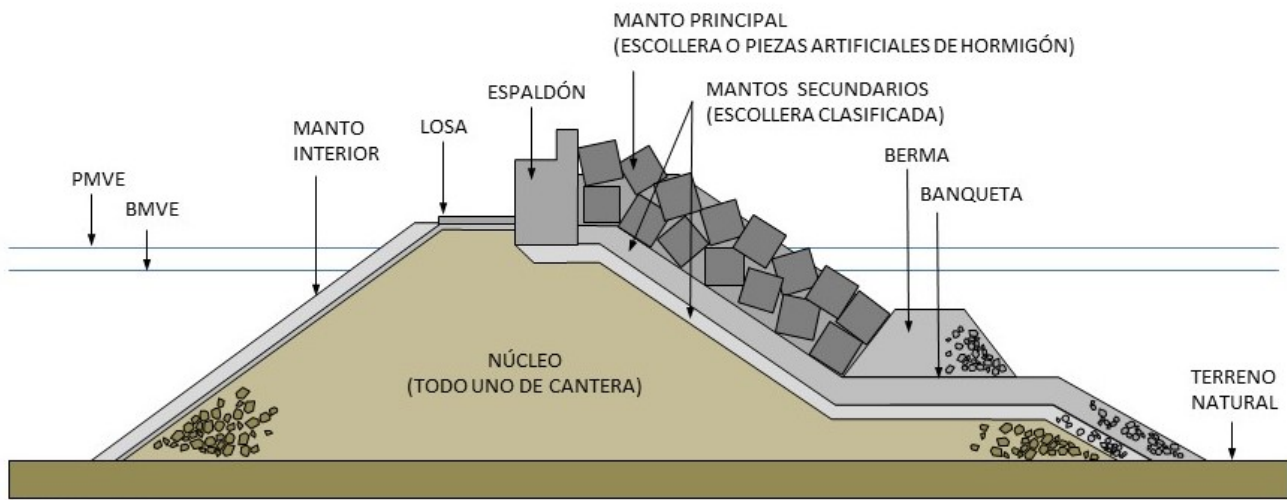
Según la forma del comportamiento de la sección resistente del dique respecto del oleaje, se distinguen dos tipos principales de diques: los diques rompeolas y los diques verticales. En ambos casos, la principal información necesaria para su diseño es la altura y el periodo de las olas de las tormentas o temporales que pueden producirse.

- Diques rompeolas

Los diques rompeolas también llamados diques en talud o diques de escollera, están constituidos por un *núcleo* de material a base de todo uno de cantera, (material pétreo con peso superior a 1 kg) sobre el que se van adosando *mantos protectores* de escollera. El manto más exterior de todos se denomina *manto principal*, constituido por una o varias capas de cantos, está diseñado de forma que puede resistir el oleaje para el que ha sido

calculado el dique, produciendo la rotura de las olas y disipando de esa forma su energía.

SECCIÓN TIPO DE UN DIQUE ROMPEOLAS



Fuente: JL Estrada

Sección tipo de un dique rompeolas. (Fuente: J.L. Estrada)

Entre el manto principal y el núcleo se disponen los *mantos secundarios o intermedios* cuya misión fundamental es la de servir de capas filtro para que el núcleo no salga fuera y dar asimismo soporte al manto principal. En cualquier caso, el conjunto de la sección es muy porosa de modo que algo de energía pasa a través del núcleo, función naturalmente de las características y de la porosidad de esos mantos y del núcleo. Es interesante recalcar que la escollera que constituye el manto principal y los secundarios ha de ser clasificada y no mezclada en distintas proporciones.

El manto principal es la parte más cara del dique (por unidad de volumen), por lo que suelen limitarse sus dimensiones tanto por la parte superior como por la parte inferior. La limitación por la parte superior dará lugar a la cota de rebase o de coronación y por la inferior a la berma.

Para evitar el rebase [2] es crucial proceder a la construcción de un *espaldón*. Sus dimensiones y características son además función de las instalaciones que quedan detrás de él y a las que protege, pero no suele diseñarse para absorber energía sino simplemente para evitar el rebase de la ola que ya ha roto en el talud.

El manto principal suele terminar por su lado inferior en una *berma* con la que mejora el apoyo de los cantos del manto principal.

El tipo y las características de los materiales del núcleo y de los mantos estará directamente relacionado con las posibilidades de la zona y en concreto con la disponibilidad de las canteras existentes, la calidad de su piedra, la distancia a la obra, etc. La resistencia de la obra descansa sobre todo en la tipología y peso de los cantos, así como el ángulo del talud.

En cuanto al manto principal, será difícil encontrar escolleras en cantidades importantes por encima de las 10 t, y con frecuencia menores, por lo que en estos casos será preciso proyectar el manto con piezas artificiales. De estas se han diseñado de los más diversos tipos y formas. Entre los más conocidos se encuentran los bloques, tetrápodos, dolos, stabit, tribar, etc. Todos ellos han nacido con la filosofía de que manteniendo el mismo nivel de estabilidad del talud disminuyen su peso, lo que representa menor coste, aumentando la *trabazón* entre ellos, como consecuencia de sus formas con más o menos apéndices. El uso de cualquiera de ellas deberá ser debidamente estudiado y justificado en cada caso, especialmente en los más sofisticados. La práctica más habitual, en la actualidad, es la utilización de bloques paralelepípedos por su mayor simplicidad y facilidad de construcción y coste asociado y por supuesto fiabilidad.

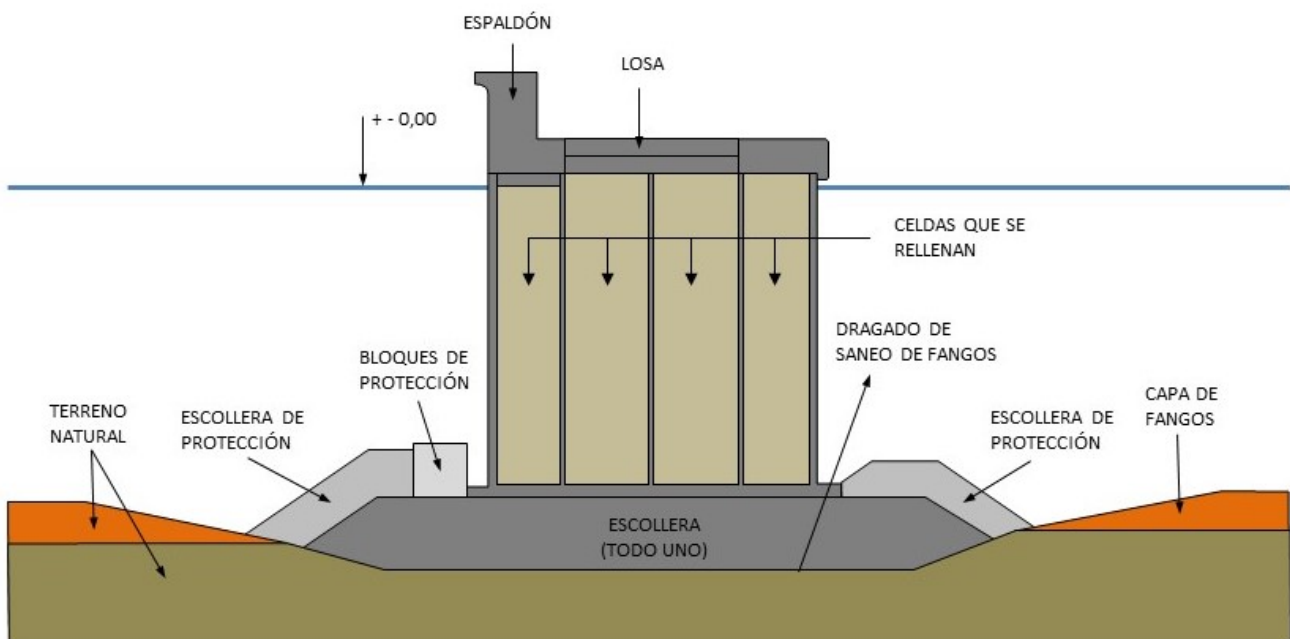
El dique en talud se caracteriza porque presenta un alto grado de deformabilidad y flexibilidad ante las acciones, aportando una estabilidad muy prolongada antes de comenzar su fase de inestabilidad y rotura final. Por eso se dice que este dique “avisa” de su avería. Ello lo hace muy especialmente adecuado para el caso de fondos blandos. Su condición de deformabilidad permite, a su vez, llevar a cabo un mantenimiento periódico del mismo, en función de la situación de los inicios de las averías que, en su caso, se puedan producir.

- Diques verticales

Se caracterizan fundamentalmente porque el oleaje *se refleja en ellos*. Será necesario por tanto la existencia de unos calados mínimos para su construcción que garanticen la *no rotura del oleaje*.

Si admitimos que se garantiza la reflexión del oleaje, que ésta no es molesta y contamos con una *buena cimentación* -premisa fundamental para estas estructuras- puede ser interesante acudir a estos tipos de diques desde el punto de vista económico, pues para profundidades importantes podrán ser más baratos que los diques en talud, hasta un cierto límite en que aumentan rápidamente.

SECCIÓN TIPO DE UN DIQUE VERTICAL (CAJONES) Dique de la Dársena Sur del Puerto de Alicante



Fuente: Puertos del Estado.

Sección tipo de un dique vertical. (Fuente: Puertos del Estado)

Los dique verticales exigen, en general, menos gastos de conservación que los diques en talud, pero tienen en cambio el inconveniente de que las averías suelen ser de grandes proporciones. A diferencia de los diques en talud, estos diques no “avisar” de la avería.

La cota de cimentación será tal que se garantice la no rotura de la ola como mínimo, contada a partir del nivel de la bajamar. Existen diferentes criterios, pero todos ellos están alrededor del valor del doble de la altura de ola.

La escollera de protección del fondo se dispone con el fin de garantizar un reparto de tensiones más adecuado al terreno. Este deberá ser de cierta calidad o bien será necesario proceder a un saneo previo y sustitución por escollera.

La escollera del fondo se dispondrá como si de un dique en talud se tratara, debiendo quedar bien protegida a fin de evitar socavaciones.

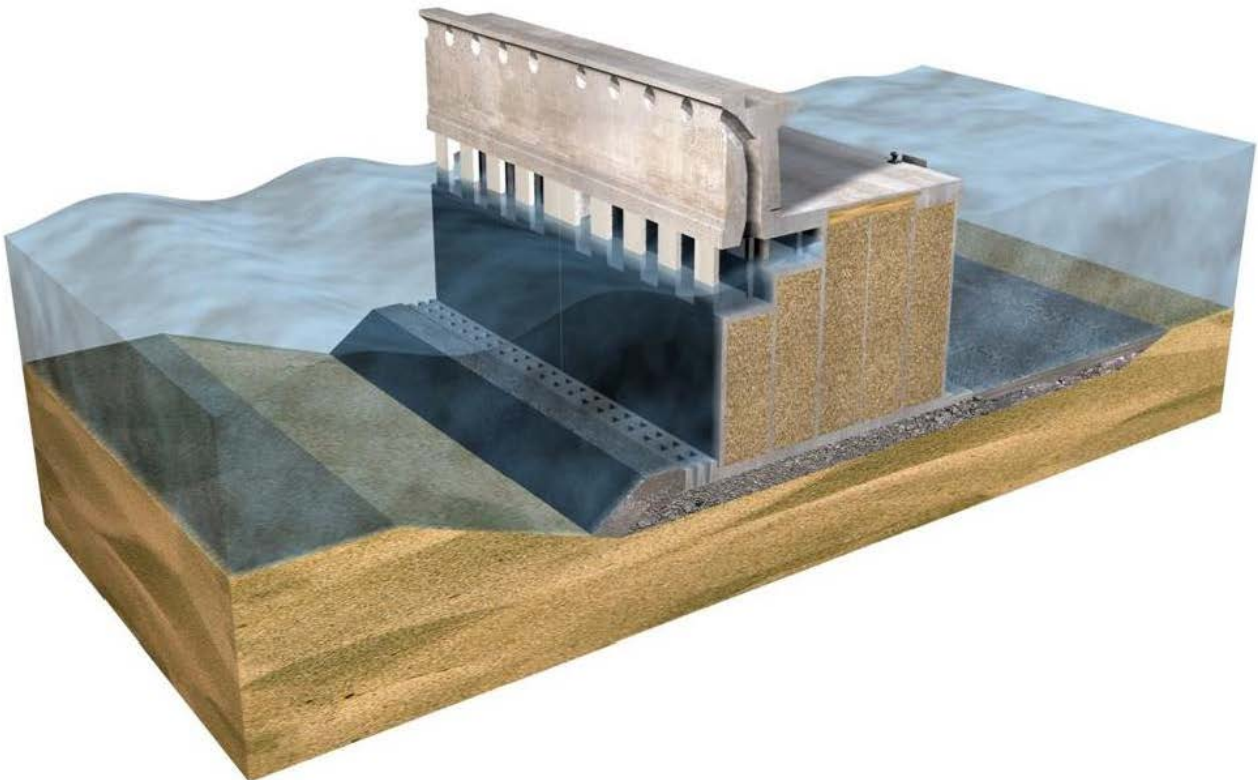
En cuanto a las formas constructivas pueden ser diversas. En la actualidad se tiende a utilizar fundamentalmente cajones de hormigón armado, prefabricados, de grandes dimensiones (esloras de 40 m y mayores son normales) cuya descripción se lleva a cabo con más detalle en el caso de los muelles.

La construcción con cajones de hormigón prefabricados, permite hacer la obra mucho más deprisa que si de un dique en talud se tratara, siempre que las condiciones del mar permitan el fondeo de los cajones, ya que éste solo puede hacerse en condiciones de calma o de muy baja agitación.

Como ya se anticipó en un apartado anterior al hablar del desarrollo de los puertos, la enorme sensibilidad medioambiental existente en la actualidad, está incidiendo de forma significativa en la elección del tipo de dique de abrigo decantándose, a favor de los diques verticales frente a los diques en talud, ya que los primeros ocupan menos espacio del fondo del mar y requieren menos volumen de material de cantera y por tanto menos volúmenes a transportar, etc.

Lo anterior ha impulsado la existencia de otra tipología de dique, los diques de abrigo flotantes, que no se apoyan en el fondo, como es el dique de la Condamine en el Puerto de Mónaco, del que también se habló en el apartado anteriormente citado.

Finalmente, es de significar, como en ocasiones, la reflexión que se produce en los diques verticales, puede crear inconvenientes a los buques en los espacios de aguas exteriores: fondeaderos, canales, etc. (y también interiores). Para evitar o disminuir este efecto, se diseñan soluciones de cajones que llevan incorporadas en su parte superior cámaras antirreflexión. Soluciones de este tipo se adoptaron en el último tramo del dique del Puerto Castellón (ver figura) y en el dique exento del Puerto de Algeciras.



*Autoridad Portuaria de Castellón. Dique Est. Solución dique vertical antirreflexión.
(Fuente:Antonio de la Blanca Martínez)*

Notas

[1] Es de notar como en la literatura portuaria en español se suele utilizar con frecuencia la palabra obra para designar las infraestructuras portuarias. Nosotros, en el presente trabajo, lo haremos así también de forma indistinta.

[2] En ocasiones se construyen diques rebasables, a veces por razones técnico-económicas, bien justificadas y, con mayor frecuencia, por razones estéticas y de impacto en el entorno. Se incluyen en estos casos los denominados dique de baja cota, con coronaciones muy bajas pero muy anchas, cuencos amortiguadores en puertos deportivos, disipadores de energía, etc.

Head Image: El Puerto de Castellón. (Fuente: APC)