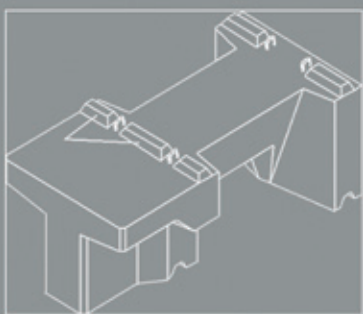
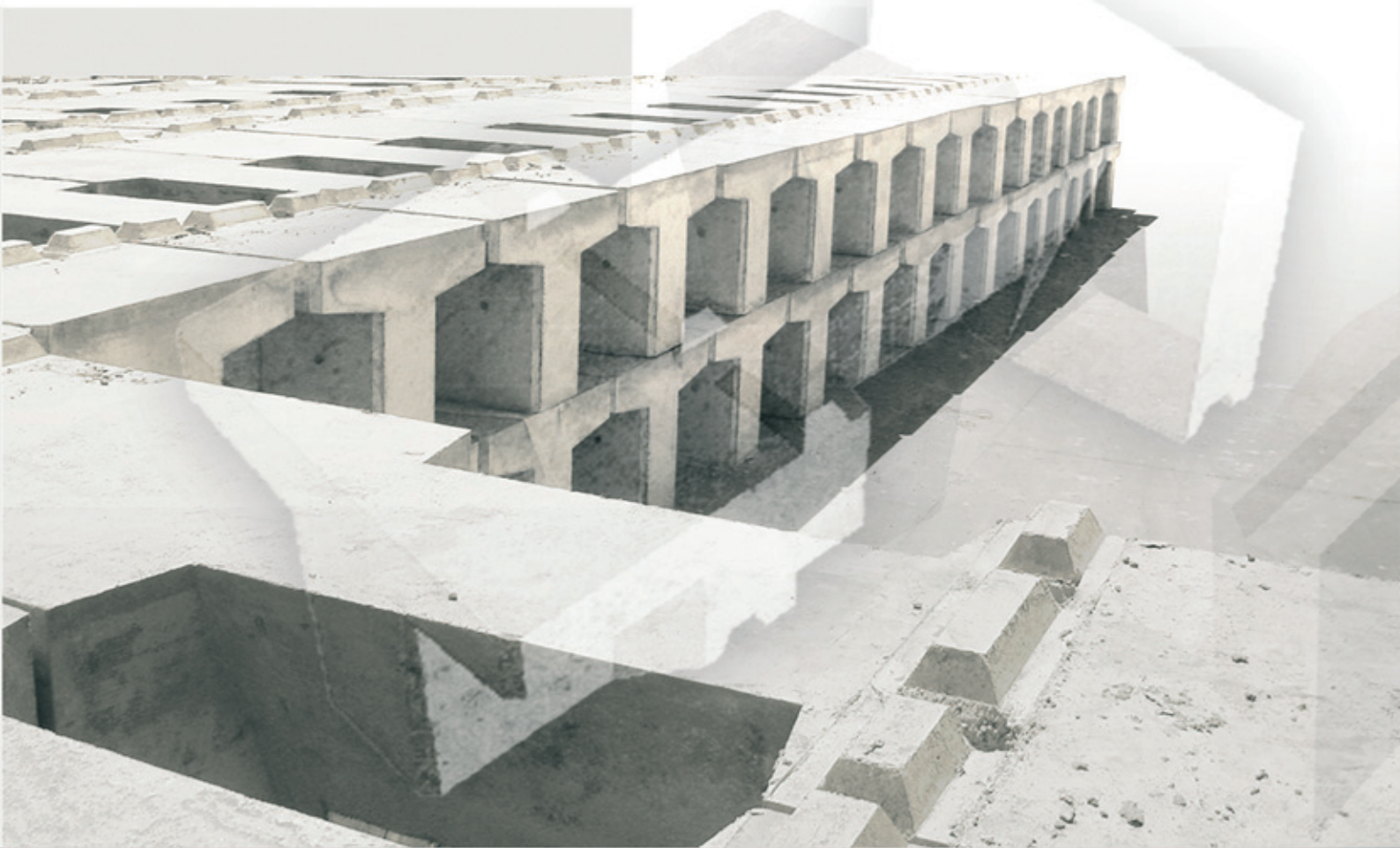
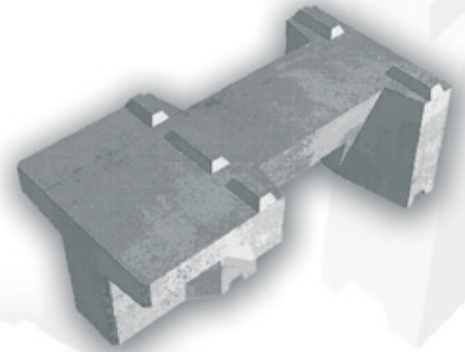


QUER
Ingeniería



BLOQUE BARA

(Patente nº P200000215)



Bloque BARA

INTRODUCCIÓN

La energía de la ola que impacta sobre el paramento de un borde terrestre, ya sea un rompeolas, un muelle o simplemente una ribera, sufre un proceso de transformación en mayor o menor grado en función, esencialmente, de la geometría y características del citado borde y de las propias características del oleaje. De una forma general, se puede suponer que una parte de la energía se disipará en el proceso de impacto o penetración en la estructura de borde, otra porción se transmitirá a través o bordeando los límites de dicha estructura y, finalmente, otra parte se reflejará de nuevo hacia el medio líquido en forma de ola. Aunque de un modo teórico, la energía de la ola reflejada pudiera ser igual a la incidente en el caso de un borde reflector perfecto, en la realidad siempre es inferior dada la existencia, al menos, de una disipación de energía en el proceso por turbulencia o por rozamiento con el paramento o con el fondo.

La representación de la entidad de la pérdida de energía experimentada en el proceso de reflexión se suele realizar a través del coeficiente de reflexión (K_r) que relaciona la altura característica de la ola o del oleaje incidente (H_i) con la de la ola o del oleaje reflejado (H_r) mediante la siguiente expresión:

$$K_r = \frac{H_r}{H_i}$$

De una forma general, se puede afirmar que la reflexión de las olas en los paramentos de las obras marítimas o fluviales representa, en la mayoría de los casos, un fenómeno no deseable que puede influir negativamente en las condiciones de operatividad, resistencia estructural, seguridad, calidad, o de otro tipo, que se pretenden alcanzar con la obra proyectada. Aunque en algunos casos aislados esta aseveración no sea cierta (p.e.: catalizadores de by-pass), la pretensión general será la de lograr una atenuación lo mayor posible, o lo que es equivalente, un coeficiente de reflexión bajo, a través de la magnificación de los procesos que producen la disipación de energía, su derivación o su desfase controlado.

En concreto, en las actuaciones propias de la ingeniería de puertos y costas las reflexiones del oleaje suelen tener una componente negativa en los siguientes aspectos:

- Navegación y maniobra de buques en ríos, canales y zonas portuarias.
- Movimientos de los buques en los muelles de atraque.
- Eficacia de las operaciones de carga-descarga de mercancías.
- Seguridad ante rebases o inundaciones en muelles y riberas.

- Seguridad ante procesos erosivos al pie de estructuras que puedan provocar su ruina.
- Estabilidad de las playas.
- Estabilidad de márgenes fluviales.
- Resistencia o estabilidad de las estructuras marítimas.
- Preservación de condiciones vitales de hábitats marinos y fluviales.

No es de extrañar, por lo tanto, que desde hace años se haya intensificado la investigación sobre el fenómeno de la reflexión y sobre los métodos para reducir su intensidad. De esta forma se han desarrollado diversas soluciones consistentes en la adecuación de las estructuras de borde con el objeto de lograr una mayor disipación de energía en el proceso. El tipo de estructuras flexibles con paramento en talud tiene un reconocido mejor comportamiento que las tipologías basadas en bloques monolíticos con paramentos cuasi verticales. La utilización de escolleras naturales para conformar los mantos de revestimiento ofrecen, en la mayoría de los casos, la solución más económica al problema. Los bloques artificiales de geometría diversa proporcionan la posibilidad de ubicación en zonas donde el oleaje actúa con mayor energía. Los coeficientes de reflexión de este tipo de estructuras suelen oscilar en el rango $0,20 < K_r < 0,50$. El límite inferior puede lograrse con la disposición de playas de material granular y de pendiente suave ($m < 0,20$) en las que por prolongación de la fase remonte y descenso de la ola, por turbulencia y por percolación, se pueden lograr coeficientes de reflexión inferiores a 0,20.

Sin embargo, en muchos casos y especialmente los que están relacionados con la operativa portuaria, la funcionalidad del borde requiere la geometría vertical de su paramento de contacto con el agua. Es el caso, por ejemplo, de muelles y diques portuarios o de algunos paseos o riberas marítimas y fluviales. Para estos supuestos también se han desarrollado soluciones de diverso tipo que tratan, básicamente, de incrementar el consumo de energía de la ola incidente generando turbulencias de carácter hidráulico y de dispersar el contenido de energía de la ola reflejada tanto en fase como en dirección.

Dentro de este concepto se pueden agrupar los bordes realizados con base en cajones con una o varias cámaras interiores, los constituidos por bloques agrupados que forman canales o cámaras interiores o por yuxtaposición de elementos lineales (pilotes, láminas, tablas, etc) que producen rendijas verticales u horizontales por las que se transmite el oleaje, en mayor o menor grado. Aparte, también cabe mencionar las soluciones basadas en la formación de plataformas pilotadas bajo las cuales se disponen un talud de escollera o los cajones o gaviones rellenos de material granular. En las primeras la disipación de energía se realiza de modo similar al de una estructura en talud, mientras que en las del segundo tipo adquiere mayor relevancia la turbulencia creada en el interior del relleno granular.

Una de las limitaciones principales de todos los sistemas desarrollados reside en el estrecho rango de características de la ola incidente en el que se muestra significativamente eficaz. En mayor medida que la variable altura de ola es la variable periodo de onda la que determina con mayor nitidez la eficacia de los sistemas de atenuación de las reflexiones. Esta limitación es, además, doblemente importante por cuanto los periodos altos sobre los que menor efectividad presentan los sistemas desarrollados son, a su vez, los que mayor intensidad y gravedad generan en los problemas ingenieriles anteriormente señalados.

Existen diversos procedimientos para atenuar la energía de las olas que inciden sobre los paramentos de una dársena o canal de navegación, que van desde la tradicional estructura de escollera en talud hasta bloques prefabricados de formas especialmente concebidas para disipar la energía. La utilización de unas u otras soluciones queda claramente condicionada por las características del emplazamiento donde se vaya a construir la obra (calado del terreno natural), así como por las características de los oleajes (altura de ola, periodo y longitud de onda) que incidan sobre la estructura.

Las soluciones de piezas prefabricadas o bloques perforados han mostrado su mejor comportamiento para relaciones B/L en el entorno de 0,20.

Cabe destacar en este punto que, si bien la disposición de elementos absorbentes en los paramentos de los muelles tiene un resultado eminentemente positivo como es el de el amortiguamiento de las reflexiones, también podría producir un efecto contraproducente caso de que se encuentren atracados en ellos buques de grandes dimensiones. En efecto, para el caso de un buque de gran eslora y calado (prácticamente igual a la profundidad del muelle), cuando sobre él incide el oleaje que tiende a desplazarlo hacia el muelle, la cámara de agua existente entre el casco y el paramento vertical (*ver figura 1*) ejerce un "efecto colchón" sobre los movimientos del barco debido a la escasez de espacio existente, bajo el casco y por sus extremos, para que esa masa de agua se desplace.

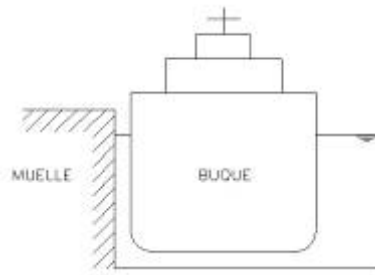


Figura 1. Efecto "colchón" en buques de gran porte

Por contra, en el caso de muelles perforados o pilotados con taludes bajo el tablero de la estructura, este efecto beneficioso para la inmovilidad del buque, queda anulado por la posibilidad de la masa de agua de desplazarse a través de los huecos existentes en el paramento, provocándose consiguientemente mayores desplazamientos del buque y minimizándose el "efecto colchón" antes referido. Los movimientos de deriva y de balanceo pueden ser los más afectados por esta causa.

No obstante, esta situación es puntual y solamente aplicable al caso de buques de grandes dimensiones que, por sus formas de casco y por su ajuste al calado del muelle, dificulten la salida de la masa de agua existente entre su casco y el paramento de atraque. En consecuencia, queda sin efecto significativo para la situación de buques de mediano o pequeño porte que no ocupen la totalidad del calado de la estructura o con formas de casco poco cuadradas.

EL BLOQUE BARA

1.- Descripción

El bloque "BARA" (*figura 2*) es la primera pieza desarrollada en España que tiene por finalidad la atenuación de las reflexiones de las olas reflejadas sobre su paramento exterior.

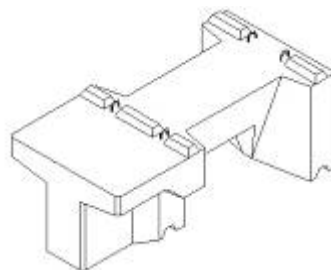


Figura 2. Vista general del bloque Bara.

Comenzando por una descripción de su estructura, la pieza "BARA" está configurado dentro de un bloque de forma paralelepípedica que mantiene las relaciones entre los lados 1,5 (altura) / 2,0 (anchura) / 4,0 (longitud). El tamaño de la pieza podrá ser variado, manteniendo siempre estas relaciones, para adecuar su comportamiento a las características de periodo del oleaje incidente en cada caso.

Para su descripción formal, la pieza se puede descomponer en tres zonas (*ver figura 3*):

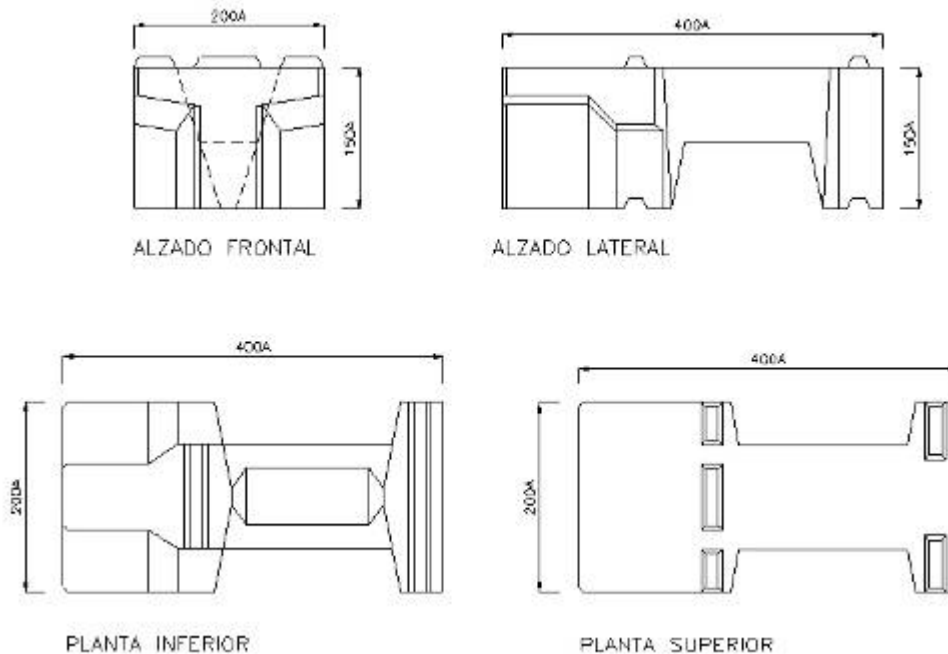


Figura 3. Plantas y alzados del bloque "BARA"

- La zona posterior, que con la unión de otras unidades configurará el muro de contención de los posibles terrenos posteriores formando una pared continua.
- La zona anterior, que presenta un núcleo de paramento frontal liso, dos alas superiores y un diafragma ataluzado en su parte posterior.
- La zona intermedia, que se conforma como una viga de unión entre las dos zona anteriores y que, por su menor sección transversal dará lugar a una cámara interior de tranquilización.



Apilado del bloque "BARA"

En la figura 4 se pueden observar diversas vistas de la pieza "BARA", indicándose las siguientes partes características:

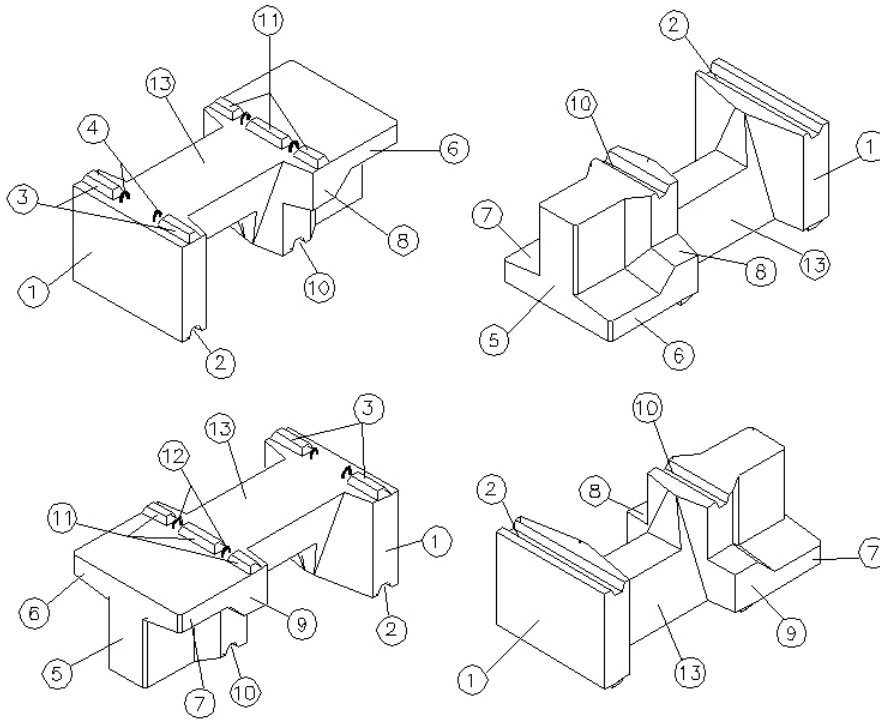


Figura 4. Vistas del bloque "BARA"

- 1: Zona posterior, pared.
- 2: Zona posterior, entalladura.
- 3: Zona posterior, tetones.
- 4: Zona posterior, anillas de enganche.
- 5: Zona anterior, paramento frontal.
- 6: Zona anterior, ala superior derecha.
- 7: Zona anterior, ala superior izquierda.
- 8: Zona anterior, diafragma derecho.
- 9: Zona anterior, diafragma izquierdo.
- 10: Zona anterior, entalladura.
- 11: Zona anterior, tetones.
- 12: Zona anterior, anillas de enganche.
- 13: Zona intermedia, viga.

La colocación de las piezas se puede realizar en forma superpuesta (*figura 5*) o alternada (*figura 6*), consiguiéndose en ambos casos la conexión entre piezas superpuestas por medio del encaje de los tetones en las entalladuras que cada unidad lleva en su parte superior e inferior, respectivamente. Los niveles de atenuación de la energía incidente que se consiguen con ambos tipos de colocación son equivalentes, no existiendo ventajas en este sentido a favor o en contra de ambas disposiciones. Sin embargo, caso de optarse por la colocación alternada (*figura 6*) deberán construirse medias piezas "BARA", o bien bloques paralelepípedicos sólidos de anchura mitad que se colocarán en los extremos de la pared a construir.

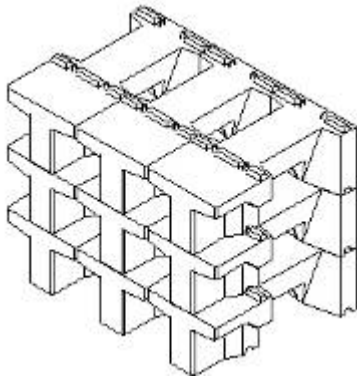


Figura 5. Colocación superpuesta

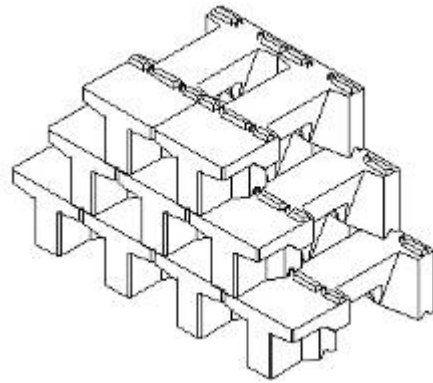


Figura 6. Colocación alternada



Colocación superpuesta del bloque "BARA"

2.- Propiedades

El conjunto de piezas, una vez colocadas, conforma una cámara interior que, debido al singular diseño de cada unidad, se encuentra comunicada tanto lateralmente como con las hileras superior e inferior. De esta forma se consigue una atenuación de las reflexiones en la pared de la estructura, motivada por los siguientes fenómenos:

- Desfase de las ondas reflejadas
- Turbulencia en la cámara interior
- Constricción de los chorros de agua en el diafragma central
- Destrucción del movimiento orbital de las partículas
- Desfase de nivel del agua

La eficiencia en la reducción de energía estará en función de las características del oleaje incidente, especialmente, en su periodo (T). La relación entre la longitud característica de la pieza "BARA" (B) y la longitud de onda (L), que es una variable dependiente del periodo de la ola, tiene una incidencia singular en el coeficiente de reflexión (K_r) que se obtiene.

3.- Construcción y colocación

El material empleado en la fabricación de las piezas es hormigón, del tipo, características y resistencias que marquen las normas vigentes que, en cada caso, sean de aplicación. El diseño de la pieza incluye un emparrillado de armaduras en la zona superior delantera, así como barras longitudinales y cercos en toda la longitud del cuerpo central de la pieza (*figura 7*), con objeto fundamentalmente de evitar la aparición de fisuras en dichas zonas y de resistir los esfuerzos a que se vea sometida la pieza durante las operaciones de izado y colocación. Una vez dispuesto el bloque en su posición definitiva, los esfuerzos a que se vaya a ver sometido serán resistidos por el peso propio de la pieza, por lo que las armaduras dejarán de tener función resistente.

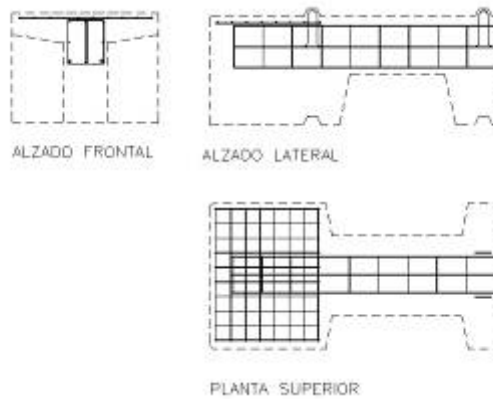


Figura 7. Distribución de armaduras

La fabricación de la pieza se realizará individualmente por moldeo mediante encofrados. El hormigonado se realizará por tongadas horizontales y de manera continua, estando diseñado el bloque para permitir el hormigonado regular y homogéneo de todas las zonas de la pieza y el desencofrado con facilidad.



Hormigonado y transporte del bloque "BARA"

En casos singulares o excepcionales, previo análisis de los esfuerzos a que se vaya a ver sometida la pieza especialmente durante las operaciones de puesta en obra, se podrá prescindir de las armaduras o emplear materiales alternativos al hormigón para su construcción.

La colocación de la pieza deberá necesariamente realizarse mediante grúa, estando previstos cuatro ganchos de acero corrugado para el correcto eslingado, situados a la altura de los tetones de enganche entre piezas superpuestas y sin sobresalir de la altura que éstos presentan, de tal forma que dichas armaduras no interfieran posteriormente en la colocación de los bloques.



Colocación del bloque "BARA"

Previamente a la colocación de la primera hilera de bloques se deberá proceder a la ejecución de una banquetta de escollera, la cual se enrasará en su cara superior con grava de pequeño tamaño. Los bloques deberán colocarse sobre una superficie rígida por lo que sobre la escollera deberá disponerse una capa de hormigón, bien sumergido, o bien mediante una losa prefabricada de espesor (aproximadamente) 0,50 m. A continuación se colocarán, superpuestas, las diferentes hileras que conformen la sección, siendo ésta finalmente coronada por una superestructura que proporcione cierto atado entre piezas contiguas. En el trasdós de la estructura se podrán disponer materiales de relleno, adosados a la pared continua que forma la parte posterior de la pieza. Diversos ejemplos de aplicación práctica se pueden observar en el apartado 4.3.



En el trasdós de la estructura se podrán disponer materiales de relleno

El conjunto del muelle o estructura construida mediante piezas tipo "BARA" precisará de un reducido volumen de hormigón, puesto que cada pieza presenta un volumen real equivalente al 48,67% del aparente correspondiente al paralelepípedo que engloba la estructura.

De esta forma, y teniendo en cuenta lo especificado en apartados anteriores referente a que cada gama de periodos del oleaje requerirá de un tamaño determinado de pieza para su correcto funcionamiento (a mayores periodos se requerirán mayores piezas), se incluyen en *Tabla 1* una relación de dimensiones (respetando siempre la relación 1,5 / 2,0 / 4,0) con sus correspondientes pesos (suponiendo hormigón de densidad 2,35 T/m³).

Las denominaciones de las piezas se corresponden con su longitud expresada en decímetros. La relación de la tabla 1 no es exhaustiva, pudiéndose construir tamaños intermedios, siempre que se respete la relación altura (H) / anchura (L) / longitud (B).

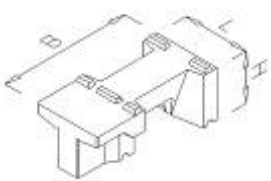
Unidad	H (m)	L (m)	B (m)	VOLUMEN HORMIGÓN	PESO (t)	LEYENDA
BARA 200	0,75	1,0	2,0	0,73	1,7	
BARA 300	1,125	1,5	3,0	2,46	5,8	
BARA 400	1,5	2,0	4,0	5,84	13,7	
BARA 500	1,875	2,5	5,0	11,41	26,8	
BARA 600	2,25	3,0	6,0	19,71	46,32	

Tabla 1. Dimensiones, volúmenes y pesos de diversos bloques “BARA”

4.- Experimentación

De los ensayos realizados, se puede concluir que el bloque “BARA” ha presentado un buen comportamiento en el rango de periodos cortos, comprendidos entre 2 y 5 s, con un valor mínimo para $B/L=0,18$, mientras que para valores mayores su funcionamiento tiende a asemejarse al de una pared vertical totalmente reflejante (especialmente a medida que se aumenta el periodo). (*figura 13*)

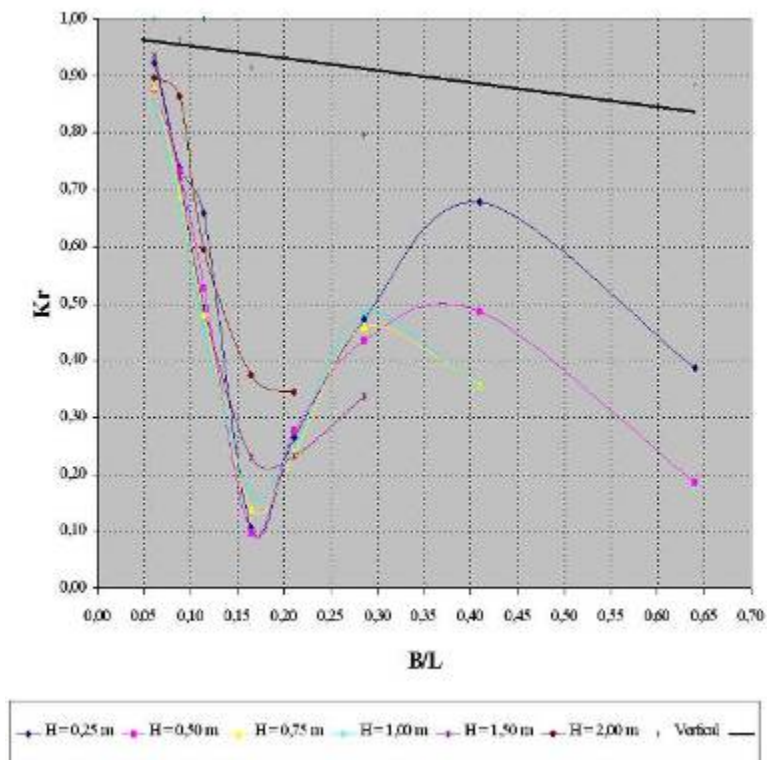


Figura 13. Coeficientes de reflexión obtenidos en los ensayos



Ensayos del bloque "BARA"

El rango de 2,0-5,0 s se considera que resulta especialmente adecuado para su utilización en dársenas destinadas a la operación de buques de pequeño o mediano porte (pesqueros, deportivos, ferries, fast-ferries, etc.), puesto que se trata de valores del periodo que pueden resultar muy perjudiciales para este tipo de embarcaciones al coincidir con sus frecuencias propias de oscilación, y que además suelen presentar un riesgo relativamente elevado de presentación. Por otra parte, oleajes con estos periodos son los que se suelen generar en el interior de las dársenas por efecto de la actuación del viento sobre el espejo de agua, o simplemente por la navegación de buques en las proximidades o en el interior de los puertos.



Colocación del bloque "BARA", en el interior de los puertos

Por todas estas razones, la utilización de bloques "BARA" en dársenas destinadas a este tipo de embarcaciones que presenten problemas significativos de agitación, puede resultar especialmente beneficiosa.

5.- Aplicaciones

En cuanto a las posibles aplicaciones para la pieza "BARA" se mencionan las siguientes posibilidades:

- 1.- Formación de muelles o riberas de dársenas portuarias que se vean afectadas por los oleajes de diverso origen y en las que es conveniente mantener un nivel limitado de agitación.

En la figura 14 se puede observar una sección tipo formada por bloques "BARA" de 4 m de longitud, apoyados sobre un muro de hormigón sumergido colocado *in situ*. La solución resulta similar, en lo que a concepción y técnicas constructivas se refiere, a una sección tipo de gravedad convencional.

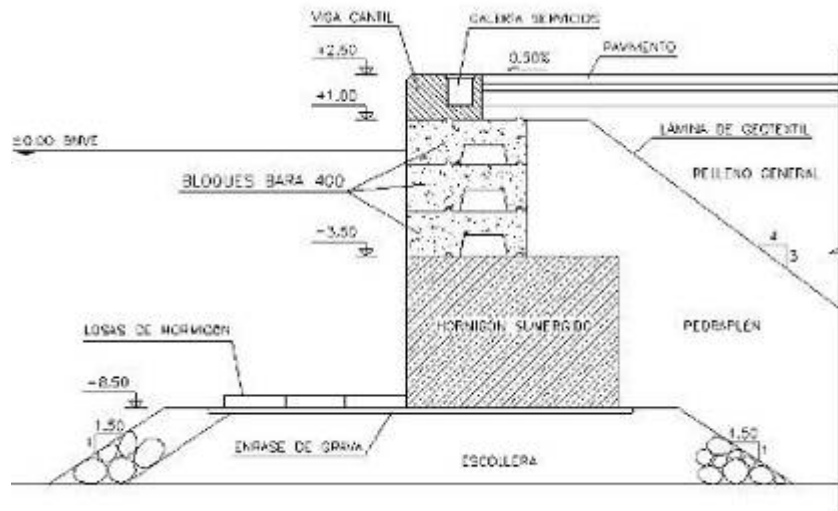


Figura 14. Bloques "BARA" en muelle de gravedad

En la figura 15 se muestra la utilización de bloques "BARA" combinada con la tradicional solución de cajones flotantes para muelles de gran calado. Es indudable que tanto la eficacia como las dimensiones de los bloques "BARA" no aconsejan su aplicación como único elemento constitutivo de la sección en muelles de grandes calados. Sin embargo sí existe la posibilidad de aprovechar sus características antirreflejantes en combinación con otras soluciones que permitan conseguir muelles de mayor profundidad de cimentación. De esta forma se plantea la solución de la figura 15 consistente en la disposición de cuatro hileras de bloques "BARA" sobre la celda exterior de un cajón flotante. Bajos los bloques se colocaría una losa de hormigón que impediría la pérdida del relleno granular de las celdas.

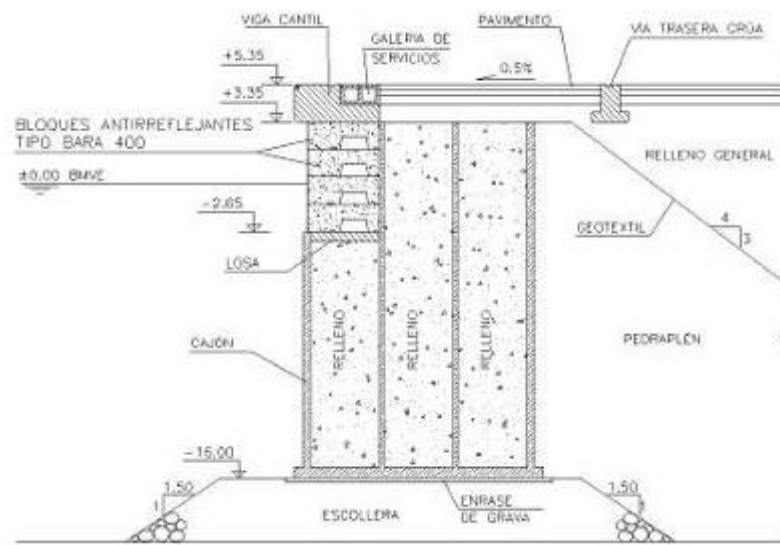


Figura 15. Bloques "BARA" combinados con cajones flotantes

En la figura 16, por su parte, se muestra una posible utilización de los “BARA” en combinación con una solución de pilotes, de tal manera que las piezas se dispusiesen tras los pilotes con el doble objetivo de atenuar las reflexiones de los oleajes que se introduzcan bajo el tablero y de servir de contención para la formación del relleno de trasdós de la explanada.

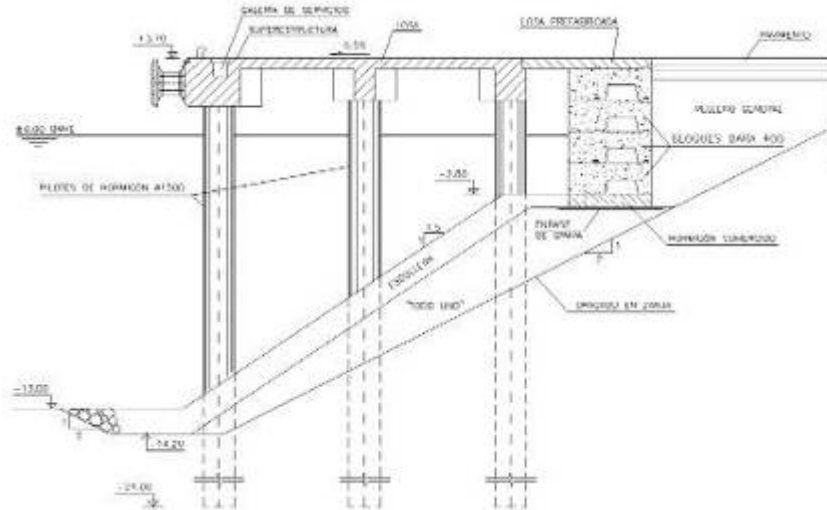


Figura 16. Bloques “BARA” combinados con pilotes

- 2.- Formación de paramentos de muelles de atraque que estén afectados por chorros o corrientes motivadas por las hélices o toberas de los buques y que puedan verse sometidos a deterioro de los materiales o socavación de los fondos y cimientos.

Especialmente interesante resulta esta aplicación para casos de atraques de buques tipo ferry o fast-ferry, que por sus especiales medios de propulsión generan corrientes importantes sobre las paredes verticales, que se transmiten directamente al terreno de cimentación de la estructura pudiendo provocar el descalce de la misma, lo que equivale a su ruina total. Con la disposición de bloques “BARA” sobre la cara del tacón de atraque se permite una disipación de las corrientes de las hélices dentro de la cámara interior de la pared, lo que evita los fenómenos de socavación de los fondos antes mencionados.

Además, el hecho de que los buques tipo ferry (o mejor aún fast-ferry) necesiten calados moderados para operar (muelles en el entorno de los 4 m de profundidad) hacen de los bloques “BARA” piezas especialmente indicadas para su utilización en este tipo de atraques.



Formación de riberas de dársenas portuarias que se ven afectadas por los oleajes

- 3.- Formación de paramentos exteriores de diques portuarios u otras obras marítimas que, por reflexión de las olas, puedan producir problemas en la maniobra de los buques por zonas próximas.

La figura 17 muestra una sección tipo propuesta para un espigón de protección de una dársena interior frente a la acción del oleaje. El hecho de que durante las maniobras de los barcos que acceden a la dársena, éstos se vean sometidos a la acción del oleaje reflejado sobre el propio espigón, ha llevado en este caso a plantearse la necesidad de atenuar en lo posible dichas reflexiones.

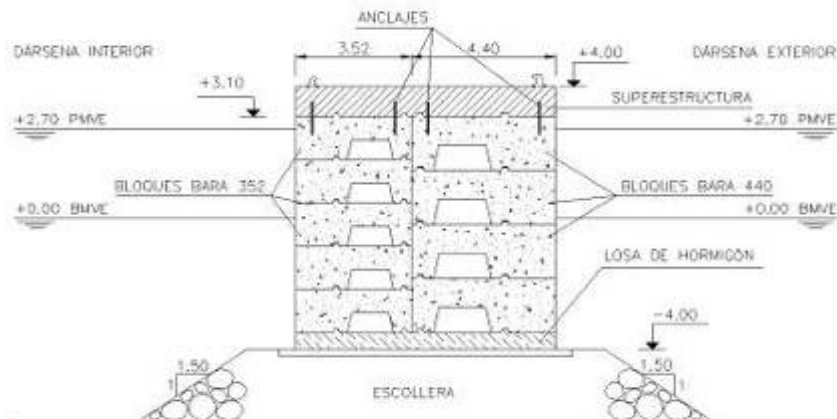


Figura 17. Bloques "BARA" en espigón de protección

El hecho de disponer bloques de distintos tamaños a un lado y a otro del espigón obedece a que la cara exterior de éste se verá sometida a oleajes de mayores periodos que la interior, necesitando consiguientemente, para conseguir una mejor eficiencia del sistema, piezas de mayores dimensiones.



Bloques "BARA" en muelle de gravedad

- 4.- Formación de paramentos en obras marítimas o lagunares que puedan causar problemas de erosión de las costas o riberas adyacentes debido a la reflexión de las olas incidentes sobre ellas.

- 5.- Construcción o revestimiento de riberas fluviales en las que sea conveniente reducir la energía de las ondas reflejadas en ellas o la velocidad de la corriente longitudinal del cauce.



Bloques "BARA" en el Puerto de Valencia

- 6.- Formación de riberas o paseos marítimos situados en las zonas traseras de playas en los que sea conveniente reducir el riesgo de erosión por reflexión de las olas de los temporales o en los que se planteen requisitos estéticos de calidad.



*Carretera del Portezuelo a las Toscas, 362
EL PORTEZUELO - TEGUESTE
38297 SANTA CRUZ DE TENERIFE
Teléfono: 600504379
info@gueringenieria.com
www.gueringenieria.com*

Este trabajo ha sido financiado con fondos del FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional)

