



ATAMÁN

La solución **más económica**
para la protección de diques en talud

 **QUER**
Ingeniería



BLOQUE ATAMÁN



Bloque Atamán

INTRODUCCIÓN

El bloque ATAMÁN es una pieza artificial perfeccionada para la protección de diques y riberas marítimas ó fluviales en talud, cuya especial configuración y estudiado diseño hacen que se puedan colocar de forma ordenada, en una sola capa, que permita que las olas sobre los diques expuestos se vean notablemente reducidas, tanto por la estabilidad estructural como por el comportamiento hidráulico favorable del dique.

El uso de piezas artificiales de hormigón armado o en masa para la protección de obras marítimas se ha extendido a nivel mundial debido a múltiples razones. Por un lado, se están planteando fuertes restricciones a la utilización de las canteras para la obtención de escolleras naturales. Por otro lado, la necesidad de realizar obras en zonas de profundidad cada vez superior obliga a incrementar el peso unitario de las piezas alcanzando valores que no hacen posible el uso de las escolleras naturales.

EL BLOQUE ATAMÁN

Descripción

En lo referente a su estructura, esta pieza, se configura dentro de un prisma de base hexagonal que mantiene las relaciones entre los lados 1,250 (altura) / 1,443 (lado) para la pieza de ámbito marítimo y de 0,900 (altura) / 1,443 (lado) para la de utilización en riberas no expuestas a la acción del oleaje. El tamaño de la pieza podrá ser variado (*Tabla 1*), manteniendo siempre estas relaciones, para adecuar su comportamiento a los requerimientos que induzcan, en cada caso, las características del oleaje o de las corrientes.

Para su descripción formal, la pieza se puede descomponer en dos zonas; la zona

interior, que es el tronco cono central; la zona exterior, que presenta 6 radios de idénticas dimensiones (*Figura 1*).

El tronco cono central constituye el núcleo de la pieza. En su centro existe una perforación, asimismo, troncocónica que atraviesa completamente la pieza.

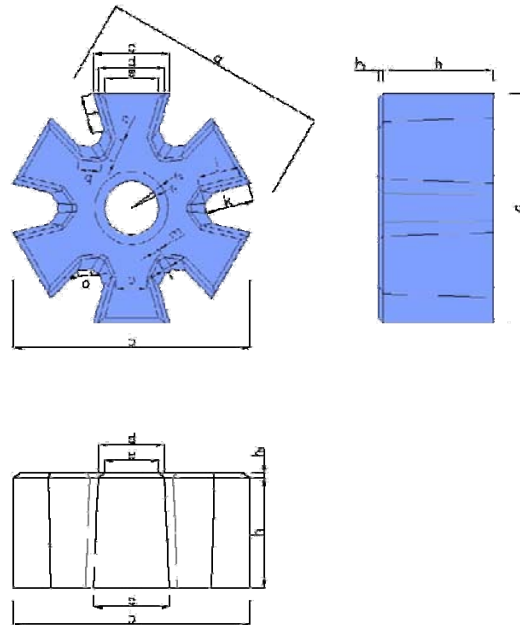


Figura 1

Cada uno de los radios que salen del tronco cono central tiene una forma general de prismatoide con una de sus caras mayores unida a la generatriz del tronco cono. Los seis prismatoides, iguales entre si, se disponen formando entre ellos ángulos de 60 grados de modo que se conforman secciones transversales inscritas en hexágonos regulares.

Entre los prismatoides que conforman los radios de la pieza quedan abiertas ranuras que permiten disipar las subpresiones que puede generar bajo la base de las piezas el flujo hidráulico de las olas por la capa de filtro granular inferior.

La colocación de las piezas se realiza en una única capa y de forma concertada. La conexión entre piezas se consigue por el simple contacto que supone la yuxtaposición de las caras exteriores de las alas (*Figura 2*). La base de colocación estará constituida por una capa de escolleras naturales de peso adecuado, según la función de filtro en cada caso, a las dimensiones de la pieza, debidamente regularizada.

Es de destacar que tanto en la parte superior como inferior de cada paño y de forma alternada se utilizan medios bloques para configurar el entramado de la conexión (Figura 2).

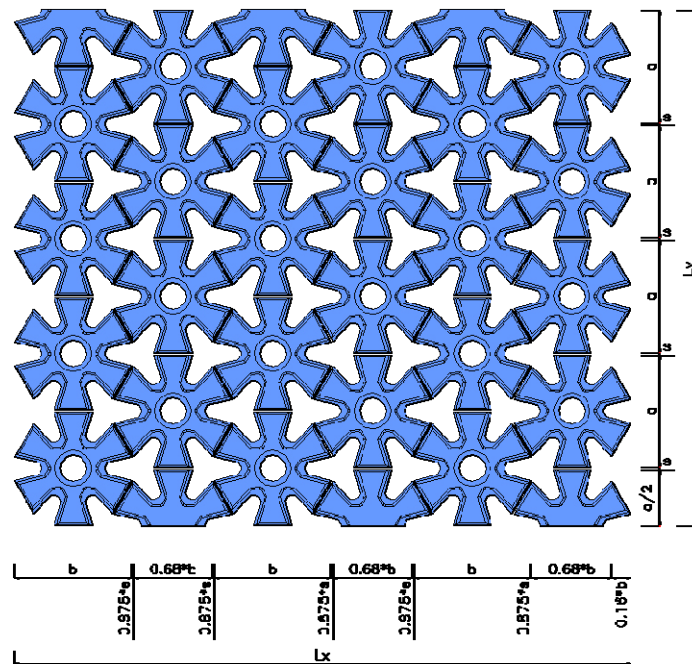


Figura 2

Como se ha mencionado, el conjunto de piezas colocadas conforma un talud con numerosos huecos, debido al singular diseño de cada unidad.

P (t)	V (m ³)	S (m ²)	Dimensiones*																
			a	b	c	d	e	f	j	k	l	m	n	p	q	r ₁	r ₂	h	h ₁
1,0	0,426	5,54	1,173	1,209	0,387	0,339	0,276	0,196	0,214	0,245	0,046	0,034	0,115	0,157	0,085	0,141	0,188	0,563	0,023
2,0	0,851	8,80	1,478	1,524	0,488	0,427	0,348	0,246	0,270	0,309	0,058	0,043	0,145	0,198	0,107	0,177	0,236	0,709	0,030
3,0	1,277	11,53	1,691	1,744	0,559	0,488	0,398	0,282	0,309	0,354	0,066	0,050	0,166	0,227	0,123	0,203	0,271	0,812	0,034
4,0	1,702	13,97	1,862	1,920	0,615	0,537	0,438	0,310	0,340	0,389	0,073	0,055	0,183	0,250	0,135	0,223	0,298	0,894	0,037
5,0	2,128	16,21	2,005	2,068	0,662	0,579	0,472	0,334	0,367	0,419	0,078	0,059	0,197	0,269	0,146	0,241	0,321	0,963	0,040
6,0	2,553	18,30	2,131	2,198	0,704	0,615	0,502	0,355	0,390	0,446	0,083	0,062	0,209	0,286	0,155	0,256	0,341	1,023	0,043
8,0	3,404	22,17	2,346	2,419	0,775	0,677	0,552	0,391	0,429	0,490	0,091	0,069	0,230	0,315	0,171	0,281	0,375	1,126	0,047
10,0	4,255	25,73	2,527	2,606	0,835	0,729	0,595	0,421	0,462	0,528	0,099	0,074	0,248	0,339	0,184	0,303	0,404	1,213	0,051
12,0	5,106	29,05	2,685	2,769	0,887	0,775	0,632	0,448	0,491	0,561	0,105	0,079	0,263	0,360	0,195	0,322	0,430	1,289	0,054

Tabla 1

P: peso del bloque expresado en toneladas (t).

V: volumen del bloque expresado en m³.

S: Superficie total del bloque.

* Las dimensiones son las indicadas en la figura 1.

Propiedades y aplicaciones

De modo sintético, se puede afirmar que un dique expuesto a la acción de las olas se encuentra solicitado por las acciones originadas en los siguientes procesos:

- impacto de la masa de agua que acompañada a la ola incidente.
- fuerzas de arrastre generadas por los flujos de la masa de agua que recorren el talud en sentido ascendente y descendente.
- fuerzas de extracción generadas por los gradientes de presión entre las zonas interiores y exteriores del dique.

La estabilidad estructural de un manto de protección de un dique o de una ribera construida con una capa de bloques ATAMÁN se basa, principalmente, en dos efectos:

- Atenuación de las fuerzas de extracción a causa de la alta permeabilidad y porosidad de la capa de protección que presentan los bloques citados (*Figura 3*).
- Resistencias a los movimientos de las piezas individuales, tanto en el plano del talud como en el perpendicular, debido a las coacciones que imponen los bloques adyacentes (*Figura 4*).

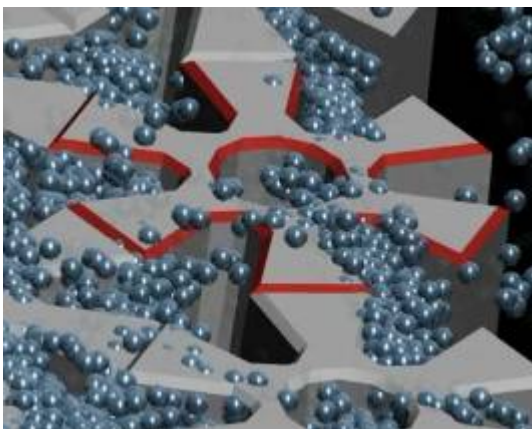


Figura 3



Figura 4

Otra propiedad característica de los diques formados con bloques ATAMÁN reside en el bajo índice de reflexión de las olas. La atenuación de la energía de las olas reflejadas en el dique o ribera se produce a través de los siguientes procesos:

- Desfase de las ondas reflejadas: se produce debido al tiempo invertido por la masa de agua de la ola en el proceso de ascenso y descenso por el talud (*Figura 5*).
- Fuerte percolación de la masa de agua entre los huecos que forman la yuxtaposición de piezas y que derivan la corriente de retorno hacia la capa inferior (*Figura 6*).
- Generación de turbulencias en el proceso ascendente del agua a causa de los bordes vivos de las piezas (*Figura 8*).

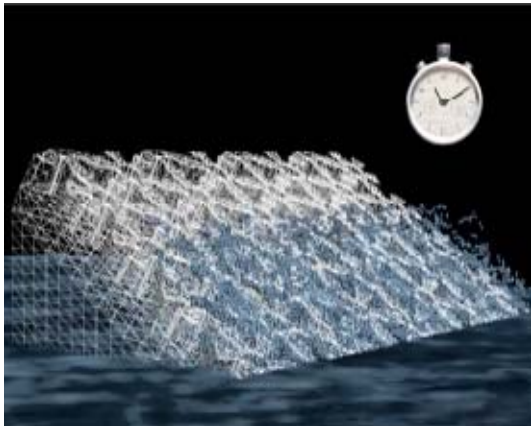


Figura 5

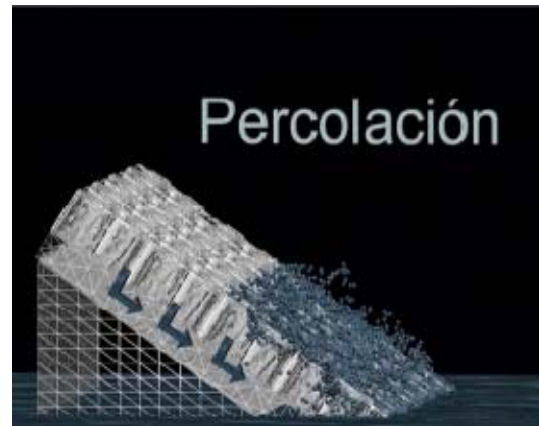


Figura 6

Estas formas de comportamiento hidráulico generan, así mismo, un comportamiento favorable del dique frente al rebase de las olas ya que la disipación progresiva de energía en la fase de ascenso de la ola a lo largo del talud colabora a disminuir la altura de remonte (run-up) sobre el mismo (*Figura 7*).



Figura 7

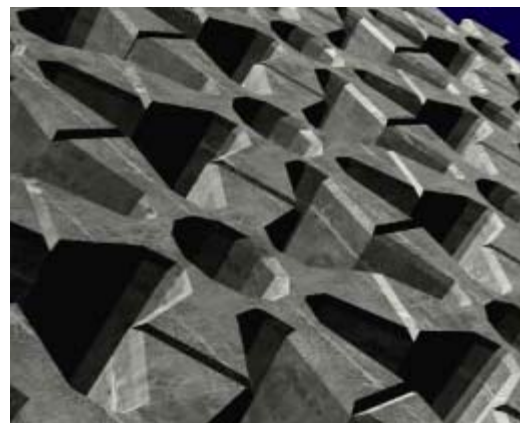


Figura 8

En el caso de riberas fluviales o taludes costeros no expuestos a la acción directa de las olas, el bloque ATAMÁN conserva sus propiedades de protección del talud frente a las fuerzas de arrastre que generan las corrientes paralelas a la ribera. La moderada pérdida de energía por turbulencia provocada por la porosidad del manto colabora a una ligera reducción de la velocidad del flujo de la corriente.

A todas estas propiedades de carácter funcional, el bloque ATAMÁN agrega la importante cualidad de reducir el volumen de material de hormigón necesario para construir el manto de protección del dique.

También son de consideración los beneficios de tipo estético que conlleva su aplicación debido a la apariencia de calidad que confiere la colocación ordenada de las piezas y la regularidad del perfil.

Con estas características funcionales el bloque ATAMÁN puede tener aplicación para los fines siguientes:

1. Formación de riberas en talud de dársenas portuarias que se vean afectadas por olas de diverso origen y en las que es conveniente mantener un nivel limitado de agitación.
2. Formación de paramentos exteriores de diques portuarios en talud u otras obras marítimas que, por reflexión de las olas, puedan producir problemas en la maniobra de los buques que naveguen por zonas próximas.
3. 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.
4. Construcción o revestimiento de riberas fluviales en las que sea conveniente reducir la energía de las olas reflejadas en ellas o la velocidad de la corriente longitudinal del cauce.
5. 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.

Construcción y colocación

Desde el punto de vista constructivo, los bloques ATAMÁN pueden utilizarse para la conformación de bordes de baja reflexión bajo muy diversas formas estructurales. Es recomendable asegurar su cimentación sobre una capa inferior de escolleras naturales de superficie regularizada y con un bloque PIE de hormigón que evite el desplazamiento de los bloques ATAMÁN (Figura 9). La capa de bloques debe estar totalmente confinada para evitar asentamientos y movimientos laterales de esta. La colocación de los bloques ATAMÁN, se debe iniciar con una fila alternando con medias piezas. El número de hileras horizontales podrá variar desde una a las que impongan los rendimientos necesarios y las variaciones mareales o de caudales de los niveles del agua. Para la conformación de tramos rectangulares será posible la construcción de medias piezas de bloque ATAMÁN (Figura 10). En la formación de juntas con paramentos verticales o de distinta índole, será posible el hormigonado "in situ".

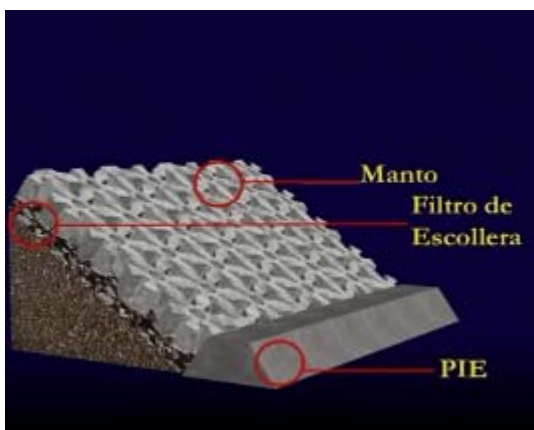


Figura 9



Figura 10

Los morros y cambios de alineación se resuelven con otra tipología de bloques de colocación no ordenada. (Figura 11,12)



Figura 11

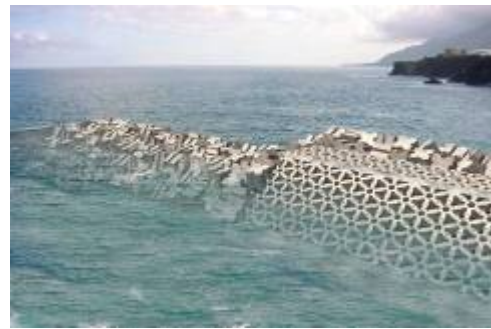


Figura 12

El material empleado en la construcción de la pieza será hormigón del tipo y calidad que especifiquen las normas que, en cada caso, sean de aplicación. Se recomienda en España la utilización del hormigón HA-35/P/20/IIIc+Qb+E, según EHE española, así como también el añadido de fibra de polipropileno, mejorando con ello las resistencias de fisuración, al impacto, flexotracción y abrasión (Figura 13,14,15).



Figura 13



Figura 14



Figura 15

Para facilitar el izado de la pieza, se disponen 2 tubos de PVC pasantes (\varnothing 83 mm), en dos de sus alas, para el paso de cables o eslingas (Figura 16). La fabricación de la pieza se realiza individualmente por moldeo mediante encofrado. La geometría de la pieza está especialmente diseñada para permitir el hormigonado regular y homogéneo de todas las zonas de la pieza, el desencofrado con facilidad y el acopio en varias alturas.



Figura 16

Características y ensayos

Según esta configuración y constitución, el bloque ATAMÁN, se puede utilizar para las múltiples aplicaciones que se han expuesto con anterioridad, presentando como características ventajosas respecto de otros productos convencionales unas mejores prestaciones en los siguientes puntos:

- Diseño de planta de colocación de tipo hexagonal que incrementa el número de piezas contiguas (6) con las que cada pieza individual tiene trabazón (Figura 16,17).

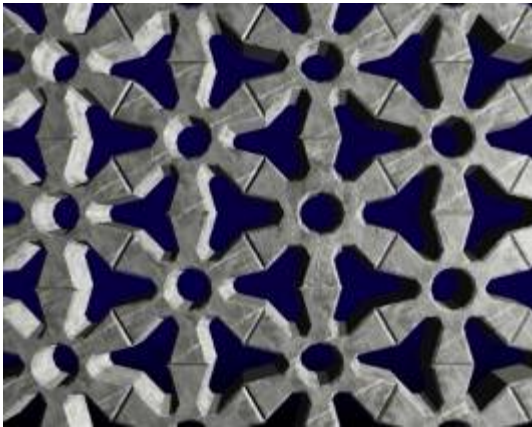


Figura 16

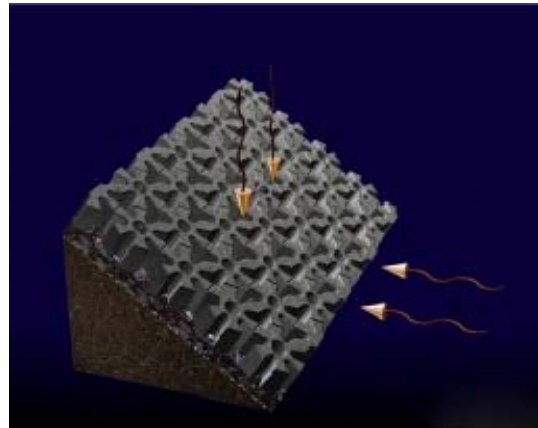


Figura 17

- Volumen elevado de zonas abiertas que favorece la eliminación de las subpresiones, reduce el remonte (run-up) del agua sobre el talud e incrementa la pérdida de energía de la ola reflejada por turbulencia y percolación.
- Mayor ocupación en planta de cada pieza que da lugar a la reducción del volumen de hormigón.
- Sencillez del proceso de fabricación de la pieza (encofrado, hormigonado, desmoldado, curado y acopio) (Figura 18,19,20).



Figura 18



Figura 19



Figura 20

- Elevada relación superficie/volumen que favorece la eliminación del calor de fraguado con la siguiente reducción de tensiones internas en la pieza.

De los resultados de los ensayos en modelo físico obtenidos en el canal de experimentación del laboratorio hidráulico especializado INHA, se puede deducir que su estabilidad ante la acción de las olas es considerablemente superior a la de otros bloques (Tabla 2).

Altura de ola máxima en dique con bloques Atamán													
Bloque (t)	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30
Pendiente 3:2	3,74	4,71	5,40	5,94	6,40	6,80	7,48	8,06	8,57	9,23	10,16	10,94	11,63
Pendiente 2:1	4,12	5,19	5,94	6,54	7,04	7,48	8,24	8,87	9,43	10,16	11,18	12,04	12,80

Tabla 2

*Para la obtención de las alturas de ola se ha utilizado la fórmula de Hudson:

$$W = \frac{\gamma \cdot H_D^3}{K_D \cdot \cot g \alpha \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_D} - 1\right)^3}$$

- Se ha considerado un coeficiente $K_D=38$.

En cualquier caso, la fuerte reducción del peso necesario para lograr un comportamiento resistente adecuado unida a la alta superficie unitaria que se protege con cada bloque ATAMÁN, conlleva un importante ahorro de hormigón en la fase de construcción del dique y la posibilidad de utilización de medios de puesta en obra de menor capacidad y coste.

Un índice orientativo de esta ventaja de los bloques ATAMÁN sobre las restantes piezas, reside en el factor que expresa el volumen necesario de hormigón para proteger una unidad de superficie del manto del dique.

La tabla siguiente recoge el factor para cada una de las piezas en función de la altura de ola significativa del oleaje de proyecto, H_s . En ella se puede comprobar, la reducción del volumen de hormigón que implica la utilización del bloque ATAMÁN (Tabla 3).







						
Número de capas	2	2	1	1	1	1
Pendiente (H/V)	3/2	3/2	4/3	4/3	4/3	3/2
Porosidad (%)	45	50	66	60	60	61
K_D	9	7	16	16	16	38
Daños (%)	5	5	0	0	0	0
Hormigón por m ²	0,38*Hs	0,35*Hs	0,18*Hs	0,16*Hs	0,16*Hs	0,10*Hs

Tabla 3. Volumen aproximado de hormigón requerido para la protección del dique (m³ de hormigón / m² de talud protegido) en función de la ola de proyecto:

De estos resultados se puede concluir que el bloque ATAMÁN, por las cualidades derivadas de su diseño formal y de grado de encaje, presenta importantes mejoras sobre otras piezas desarrolladas en el contexto del estado de la técnica actual y supone una opción para reducir el coste de construcción de los diques y riberas fluviales.

Adicionalmente, el bloque ATAMÁN presenta una ventaja derivada de la reducción del tamaño y peso de las escolleras que habrán de constituir la capa filtro sobre la que se asiente y, por ende, una mayor facilidad de construcción ya que podrá realizarse su perfilado con medios de construcción menos potentes y costosos (tabla 4).

		CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS													
Manto	Espesor (m)	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	Bloque (m ³)	0,72	1,08	1,54	2,11	2,81	3,65	4,64	5,79	7,12	8,64	10,37	12,31	14,48	16,88
Bloque (t)	1,7	2,5	3,6	5,0	6,6	8,6	10,9	13,6	16,7	20,3	24,4	28,9	34,0	39,7	
Filtro	Min (t)	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1
	Máx (t)	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,1	3,6	4,2
	Espesor (m)	0,76	0,90	0,96	1,10	1,18	1,28	1,39	1,50	1,59	1,70	1,79	1,91	2,00	2,11

Tabla 4

El comportamiento hidráulico de los mantos formados con el bloque ATAMÁN frente al remonte y rebase de las olas, y frente a la reflexión de su energía, ha sido verificado en los correspondientes ensayos mostrando prestaciones muy favorables (tablas 5 y 6).

H _s (m)	K _r
3.78	67%
5.93	68%
6.04	69%
6.49	68%
6.50	69%
7.07	69%
7.45	68%
7.68	67%
7.89	72%
8.10	69%

Tabla5: Reflexión para T_p=16s.

H _s (m)	K _r
4.53	43%
5.26	44%
5.32	43%
5.93	46%
6.03	45%
6.14	45%
6.26	45%
6.43	46%
6.87	47%
6.92	46%

Tabla 6: Reflexión para T_p=8s.

A continuación se muestran los resultados correspondientes a los niveles de run-up existentes a lo largo del talud ensayado para los distintos escalones de altura de ola, tanto para los oleajes de 16s de periodo de pico (*Tabla 7*) como para oleajes de 8s (*Tabla 8*).

H _s (m)	R _{u2} % / H _s
3.78	1.58
5.93	1.51
6.04	1.57
6.49	1.63
6.50	1.59
7.07	1.56
7.45	1.48
7.68	1.44
7.89	1.40
8.10	1.36

Tabla 7: Run-up para T_p=16s.

H _s (m)	R _{u2} % / H _s
4.53	1.12
5.26	1.18
5.32	1.11
5.93	1.21
6.03	1.17
6.14	1.19
6.43	1.12

Tabla 8: Run-up para T_p=8s.

REDUCCIÓN DE COSTES DEL BLOQUE ATAMÁN

Fabricación

1. Hormigonado sin necesidad de bombeo.
2. El encofrado muy barato y se desmolda de una vez la pieza.
3. Se mueve el encofrado no la pieza, pudiendo realizar varias puestas al día con el mismo encofrado (*Figura 22*).
4. Fácil apilamiento en el parque de prefabricados, reduciendo el espacio de almacenamiento (*Figura 21*).



Figura 21



Figura 22

Puesta en obra

1. El izado se realiza con el ángulo del talud, autoguiado para el posicionamiento con las otras piezas (Figura 23,24).

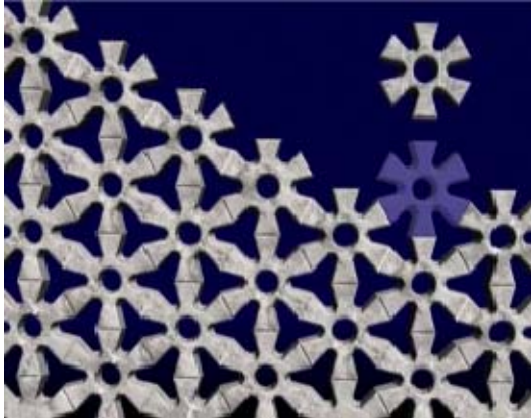


Figura 23

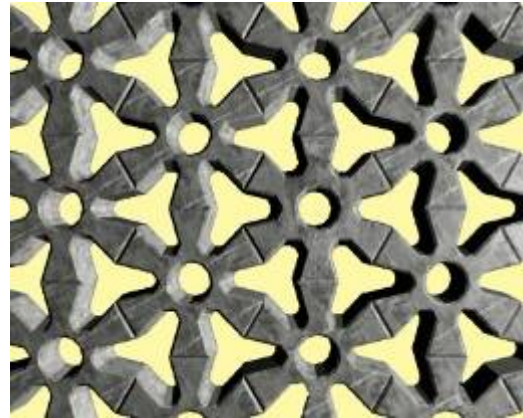


Figura 24

2. El peso del Bloque Atamán frente a otras piezas necesita grúas de menor capacidad para el mismo alcance.

Estructura de defensa

1. Permite la utilización de taludes más verticales, permitiendo la reducción del volumen de material de los diques (Figura 25,26).



Figura 25

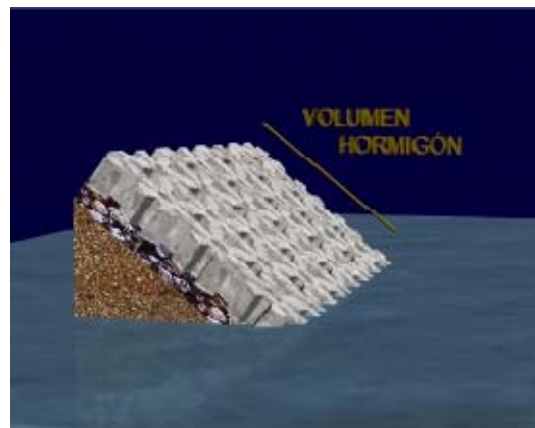


Figura 26

2. La forma y dimensiones de los huecos entre Bloques Atamán reduce el peso de las escolleras de filtro, lo que podría permitir además una reducción del número de capas de filtro, con el consiguiente ahorro.
3. El manto principal de Bloques Atamán es el más eficiente con un consumo de menor de hormigón por m2 de talud protegido.



*Carretera del Portezuelo a las Toscas, nº 362
EL PORTEZUELO - TEGUESTE
38297 SANTA CRUZ DE TENERIFE
Tfno.: 600504379 – Fax: 922315983
www.gueringenieria.com
info@gueringenieria.com*

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

