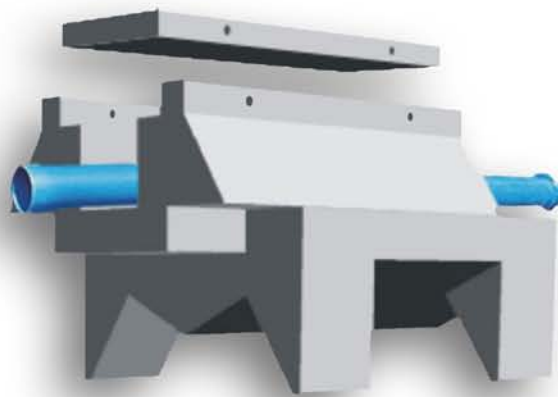


# **GUER** Ingeniería



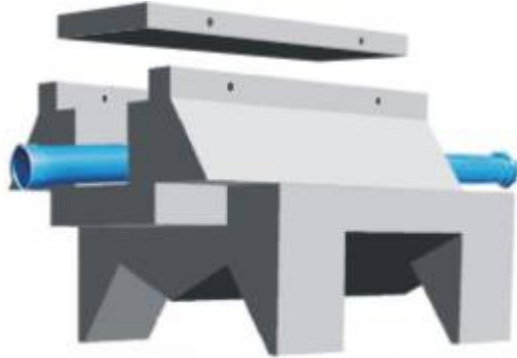
**BLOQUE EMITE, PARA EL ANCLAJE, INSTALACIÓN Y PROTECCIÓN  
DE EMISARIOS SUBMARINOS O CANALIZACIONES SUBMARINAS  
SOBRE FONDOS ARENOSOS**

# EMITE



## BLOQUE EMITE

(Patente nº P200501346)



Bloque EMITE, para el anclaje, instalación y protección de emisarios submarinos o canalizaciones submarinas sobre fondos arenosos.

### INTRODUCCIÓN

El proyecto de una canalización submarina o emisario submarino está íntimamente ligado a la geometría de la obra –diámetro, longitud, profundidad de vertido-, a las características del Clima Marítimo e hidrodinámica de la zona de trabajo, y de un modo muy acusado, a la solvencia técnica, la experiencia y disponibilidad de medios marítimos por parte del contratista. Por este motivo, difícilmente pueda desligarse la labor de proyecto de las posibilidades reales de construcción; cualquier intento de sistematizar exhaustivamente las diferentes posibilidades de materiales, técnicas y métodos de estudio aplicables nos dejará siempre a cierta distancia de la solución final.



**Fig. 1** Maquinaria para trabajos submarinos

El problema de la estabilidad de una canalización submarina o emisario submarino en el fondo del mar es de primera importancia para evitar roturas de siempre difícil y costosa reparación. A tal efecto, se intenta, generalmente, disponer la tubería dentro de una zanja, tal como se practica en tierra firme para colocar los conductos de canalización, pero abrir una zanja en un medio no consolidado es una

empresa complicada. Una de las formas de disponer una tubería dentro de la arena es desplazarla por succión y dejar que el tubo, por su propio peso se vaya enterrando en la misma. También se puede conformar zanjas a partir de potentes, especializados y caros medios mecánicos submarinos (Fig. 1).

Las aguas del fondo del mar, con sus variables movimientos, por débiles que sean, remueven el fondo arenoso y desplazan las capas superficiales de un lado para otro, pudiendo enterrar la tubería bajo varios metros de arena o dejarla al descubierto.

Con tubos rígidos, aún montados con juntas robustas con cierto grado de libertad, difícilmente reúnen las condiciones precisas para evitar roturas. Las tuberías flexibles al contrario, requieren muertos artificiales para quedar ancladas firmemente en el fondo y mantener el trazado impuesto.

El anclaje por muertos ha dado lugar a numerosos tipos de piezas de hormigón en masa y armado de conceptos muy dispares.

El más primitivo y simple sistema consiste en formar un mantel rudimentario a base de sacos de cemento y áridos dispuestos en puntos determinados de la conducción. Estos sacos quedaban simplemente enganchados entre sí por un trozo de acero para armar y se dejaba al mar el cuidado de humedecer el cemento hasta que fraguase y formar así un anclaje rudimentario (Fig. 2). Los temporales, máxime en la vecindad de la zona de rompiente, se encargaban de destruir este escudo de piezas de hormigón sin cohesión de conjunto.



**Fig. 2** Sacos de cemento y áridos

Se utilizó después una serie de dados prefabricados de hormigón de varias formas y dimensiones provistos de una abrazadera que pretendía sujetar el tubo al mismo. En ocasiones, y de hecho, era más el muerto el que estaba sujeto al tubo que al contrario. En efecto, el mar moviendo las arenas del fondo encontraba un paso muy fácil por debajo del tubo y socavaba el cemento. Bastaba, pues, que de un tren de muertos consecutivos, los extremos encontrasen un asiento más firme que los intermedios, por poca que sea la diferencia, quedando esta zona suspendida de la tubería, rompiéndola.



Fig. 3 Rotura producida por el muerto en un temporal

Otros bloques de hormigón en masa o armado son utilizados, sea en forma de teja semicircular o de pórticos recordando las protecciones que se disponen en tierra firme para proteger las canalizaciones contra la posterior apertura de zanjas. Estos muertos no sujetan la tubería y son fácilmente volcados por los movimientos del agua en temporales y las subsecuentes modificaciones morfológicas del fondo (Fig. 3 y 4).



Fig. 4 Escape por rotura del tubo

El Bloque EMITE, por su configuración y diseño, constituye un elemento de gran utilidad para el anclaje, colocación y protección de emisarios submarinos en fondos arenosos. **Por su especial forma y la dinámica de las aguas profundas, anida rápidamente enterrándose en la arena**, siendo muy ventajoso respecto del estado de la técnica definido por otros tipos de piezas o bloques de finalidades análogas.

## DESCRIPCIÓN

En lo referente a su estructura el Bloque EMITE, está configurado dentro de un volumen de forma paralelepípedica que mantiene las relaciones entre los lados con: 1,40 de altura, 1,50 de anchura y una longitud constante de 2,50.

El tamaño de la pieza podrá ser variado manteniendo siempre estas relaciones, para adecuar su comportamiento a las características del oleaje (altura de ola y periodo) y el calado.

Para su descripción formal la pieza se puede descomponer en varias zonas:

### *Zona inferior:*

Descansa sobre cuatro apoyos independientes situados en las esquinas del volumen inferior, rematados en arista viva y en forma de pico flauta.

Entre las patas quedan unas aperturas en todos los lados de la zona inferior. Dicha apertura permite el paso de las corrientes de agua de un lado a otro del Bloque EMITE produciendo el arrastre de material del lecho marino y por tanto favoreciendo el enterramiento de la misma (Fig. 5).

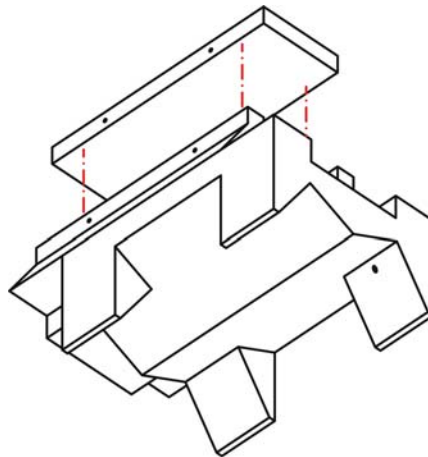


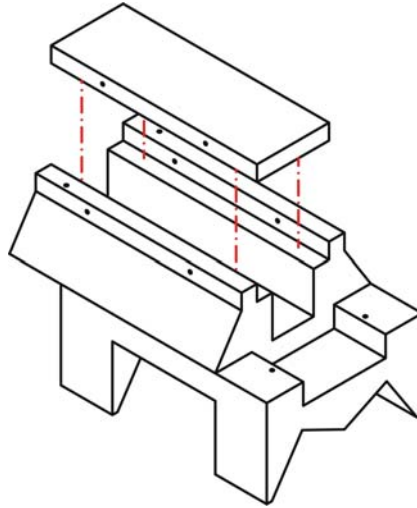
Fig. 5 Vista inferior

La parte comprendida entre las cuatro patas se eleva del suelo formando una barriga en arista viva y en forma de quilla, línea que esta situada sobre el eje de simetría del Bloque EMITE.

En su parte superior está dotada de un machihembrado de forma paralelepípedica, teniendo un macho en uno de sus extremos y una hembra en el opuesto, que permite a los Bloques EMITE encajar entre si. Dicho machihembrado limita la pieza en su plano superior.

### *Zona superior:*

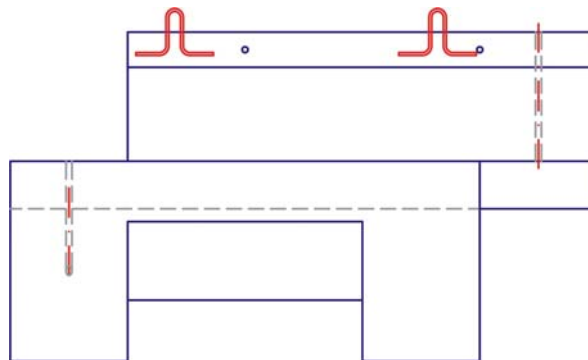
En forma de prisma trapezoidal cuya base mayor descansa sobre el volumen inferior, pero desplazado del mismo en longitud igual a la de la pieza de machihembrado. En el centro de simetría del prisma y limitando con las bases del trapecio, se deja un vacío en forma de paralelepípedo, que se sitúa longitudinalmente sobre la base inferior y que sirve como cajetín de alojamiento de las conducciones a fondear y proteger (Fig. 6).



**Fig. 6** Vista superior

En la parte superior del prisma trapezoidal se anexionan longitudinalmente dos paralelepípedos a ambos extremos de la base menor que sirven de orejetas para dar cabida a otro paralelepípedo de dimensiones necesarias para actuar como losa de cierre del volumen superior, a la vez que protege las conducciones que se alojan en el cajetín. Para anclar dicha losa se dispone de dos varillas pasantes, que atraviesan las orejetas y la propia losa, evitando que el oleaje extraiga la misma de su ubicación.

La pieza dispone de cuatro anillas de suspensión materializadas por varillas en "U" cuyas ramas quedan ancladas y embebidas en el seno de la masa de hormigón armado o similar, con que se construye la pieza o bloque, la ubicación de las anillas de enganche viene determinada por el centro de gravedad de la pieza, ocupando posiciones alineadas en las orejetas de la zona superior (Fig. 7).



**Fig. 7** Anillas y varillas pasantes

Las distintas piezas quedarán enlazadas por el machihembrado, que además son atravesados verticalmente por unas varillas pasantes que se introducen desde las orejetas superiores, hasta alcanzar medio cuerpo de la zona inferior, mejorando la conectividad entre piezas, y su correcta colocación (Fig. 8).

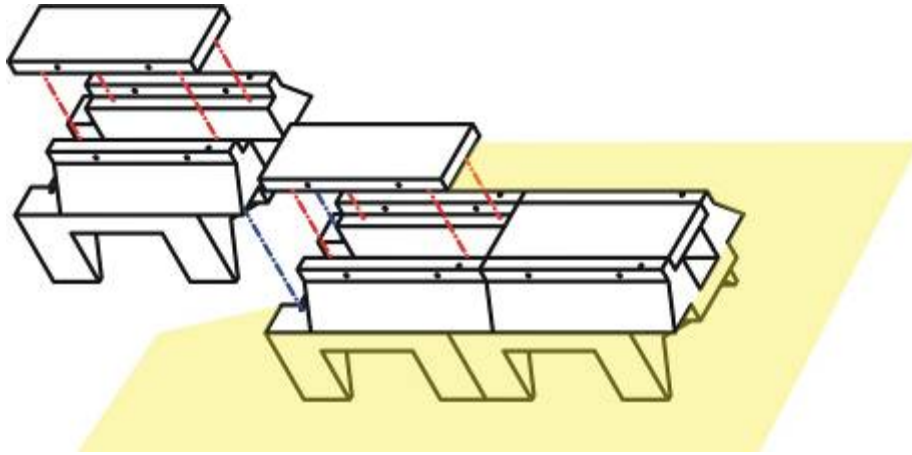


Fig. 8 Colocación

## CARACTERÍSTICAS DEL BLOQUE EMITE

En líneas generales, el bloque EMITE presenta, respecto de los anteriores, diversas variaciones que se traducen en una ganancia de efectividad. Este sistema de bloques prefabricados envuelve completamente la canalización, dejando, sin embargo, amplia libertad de movimiento a la tubería flexible, sin transmitir solicitaciones mecánicas que perjudiquen a la misma.

El bloque EMITE, permite la protección de emisarios submarinos en fondos arenosos, hincándose cada vez más en el terreno a medida que avanza el tiempo y, por tanto, aumentando su estabilidad con la llegada de los temporales y reduciendo a su vez, significativamente, el impacto ambiental de la canalización sobre el medio marino.



Fig. 9 Adaptación al fondo

Se podría decir que se trata de un bloque rígido y flexible al mismo tiempo. Es rígido desde el punto de vista que permite una protección total del emisario, evitando las posibles roturas del mismo como consecuencia de fenómenos externos. Y es flexible porque se adapta, en cierto modo, a la batimetría existente en el fondo, tal y como sucedería en el caso de un emisario propiamente dicho sin protección alguna. Esta flexibilidad, que permite la adaptación del emisario protegido a los cambios que pueda ir sufriendo el fondo arenoso, evita la rotura de dicha protección como consecuencia de la presencia de esfuerzos en zonas no apoyadas en el fondo (Fig. 9).

Este tipo de comportamiento del bloque EMITE, ha sido corroborado con la realización de ensayos en canal de oleaje. Con el fin de evaluar el comportamiento temporal de los bloques, dichos ensayos en modelo reducido fueron realizados según la siguiente metodología: al inicio de un determinado grupo de ensayos (caracterizado por el peso del bloque, su alineación, el periodo del oleaje y el calado), se procedía a colocar el bloque EMITE tal y como quedaría en el prototipo por su propio peso, es decir, con una determinada cota de hincado en el terreno arenoso. Tras ello se procedió a generar las

condiciones de oleaje de ensayo, al avance de las cuales se apreció cómo dicho bloque EMITE **aumentaba la penetración en el terreno como consecuencia de la forma en cuña de sus patas así como del desplazamiento de las partículas de arena con el oleaje. El movimiento de la arena facilitaba la hinca del bloque Emite al mismo tiempo que lo iba recubriendo. Al llegar al último escalón de altura de ola se comprobó como, en la mayoría de los casos, gran parte del tramo de bloques EMITE estaban enterrados en el fondo marino, aumentando consecuentemente su estabilidad y funcionalidad (Fig. 10 y 11).**



**Fig. 10** Bloques Emite enterrados, donde se aprecian las anillas de izado



**Fig. 11** Levantando tapas durante una inspección

Los resultados obtenidos de los ensayos permiten el dimensionamiento de los bloques EMITE en función de las características existentes en la zona de estudio, como son el calado, la altura de ola significativa, el periodo de pico así como la oblicuidad de la alineación de los bloques EMITE con relación al oleaje incidente.

Las características que se acaban de comentar con relación al bloque EMITE son unos de los principales motivos por los que puede disminuirse considerablemente el peso de dichos bloques en función de las condiciones de oleaje y de contorno existentes en la zona de estudio. Así por ejemplo:

- En zonas de calado pequeño la rotura del oleaje filtra la energía incidente sobre el emisario, permitiendo ello la disminución del peso de los bloques EMITE.
- En zonas de gran calado la influencia del fondo sobre el oleaje es mínima y, consecuentemente, la influencia del oleaje sobre el bloque EMITE también, permitiendo al igual que en el caso anterior la disminución del peso de los bloques EMITE.
- En zonas de calado intermedio, donde el oleaje y su energía es detectada por los bloques EMITE, tienen una determinada influencia las características del oleaje incidente, sobretodo el periodo del mismo. Así por ejemplo, los oleajes de mayor periodo son los que, en cierto punto, pueden causar mayor inestabilidad a dichos bloques.
- En zonas en las que el oleaje llega con poca oblicuidad con relación a la alineación del emisario, los bloques EMITE garantizan una elevada estabilidad como consecuencia de los esfuerzos a compresión existentes entre los bloques EMITE, lo cual aumenta la trabazón entre los mismos.

Así pues, los ensayos realizados en el canal de oleaje han sido claves a la hora de corroborar el buen comportamiento funcional y estructural del bloque EMITE en la protección de emisarios submarinos, garantizando incluso el aumento de la durabilidad de los mismos con el tiempo como consecuencia del enterramiento en el terreno.

Como conclusión de todo ello se puede decir que los bloques EMITE garantizan, en fondos arenosos, una mejora considerable en el coste de las protecciones de emisarios submarinos, al reducir considerablemente el peso de las protecciones necesarias y al permitir la mejora del comportamiento estructural y funcional de los mismos con el avance del tiempo. Se trata de unos bloques muy estables independientemente de las condiciones de estudio, al mismo tiempo que su colocación en obra no reduce en ningún momento la viabilidad constructiva de los mismos (Fig. 12 y 13).



**Fig. 12** Trabajos de colocación



**Fig. 13** Con el machihembrado se consigue una perfecta alineación

## COMPOSICIÓN Y FABRICACIÓN

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.



**Fig. 14** Hormigonado del Bloque Emite



**Fig. 15** Fábrica

La fabricación de la pieza se hará 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, y el desencofrado, con facilidad (Fig. 14 y 15). La losa de cierre superior se irá fabricando de forma paralela.

## ALOJAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES

Una vez colocado los bloques EMITE se montan los tubos flexibles en la costa, y solo basta obturar las extremidades y remolcar el tramo hacia su lugar de hundimiento. (Fig. 16)



**Fig. 16** Montaje de tubos en la costa



**Fig. 17** Colocación de la tubería

Una vez situado, solo basta realizar las tareas de fondeo y colocarlos en el cajetín de alojamiento de los bloques EMITE, sellándolos posteriormente con las losas de cierre (Fig. 17 y 18).

El procedimiento es rápido y por tanto permite aprovechar hasta cortos intervalos de calma relativa del mar.



**Fig. 18** Tapas

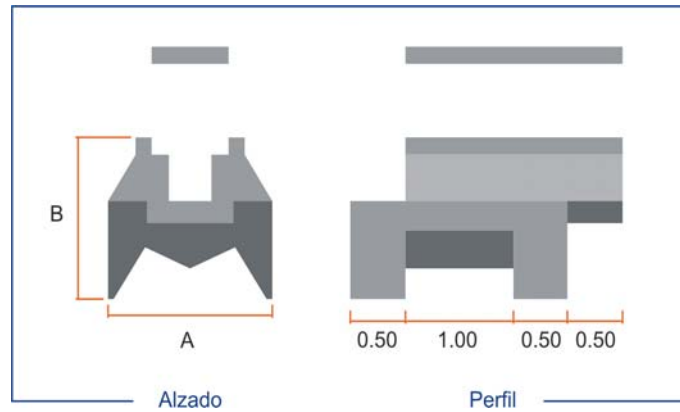


**Fig. 19** Cajetín previsto para otra tubería interior

Asimismo, el diseño de los bloques EMITE permite la incorporación en el futuro de nuevas conducciones junto a la instalada inicialmente, reduciendo con ello los tiempos de ejecución de dichas obras, así como su coste (Fig. 19).

## PARÁMETROS DE DISEÑO DEL BLOQUE EMITE

El peso del bloque varía, dependiendo de las condiciones extremas del estado de la mar.



Predimensionamiento del BLOQUE EMITE en función del en función del  $T_p$ , calado,  $H_s$  y ángulo de incidencia. (Tabla 1)

Periodo del oleaje	Calado	Altura de ola de diseño	Ángulo de incidencia ( $^{\circ}$ ), (Oleaje / Conducción)						
			Peso en toneladas (t) del BLOQUE EMITE						
$T_p$ (s)	h (m)	$H_s$ (m)	90 $^{\circ}$	80 $^{\circ}$	70 $^{\circ}$	60 $^{\circ}$	50 $^{\circ}$	30 $^{\circ}$	0 $^{\circ}$
10	5	<9,00	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
	10	<9,00	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
	15	<9,00	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
14	5	<9,00	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
	10	< 5,75	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
		5,75 < $H_s$ < 9,00	6 t	6 t	6 t	6 t	4 t	4 t	4 t
15	<9,00	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	
18	5	<9,00	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
		< 5,75	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
		5,75 < $H_s$ < 6,50	6 t	6 t	6 t	6 t	4 t	4 t	4 t
	10	6,50 < $H_s$ < 9,00	8 t	6 t	6 t	6 t	4 t	4 t	4 t
		< 5,00	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t
		15	5,00 < $H_s$ < 7,75	6 t	6 t	4 t	4 t	4 t	4 t
7,75 < $H_s$ < 9,00	8 t		6 t	4 t	4 t	4 t	4 t	4 t	

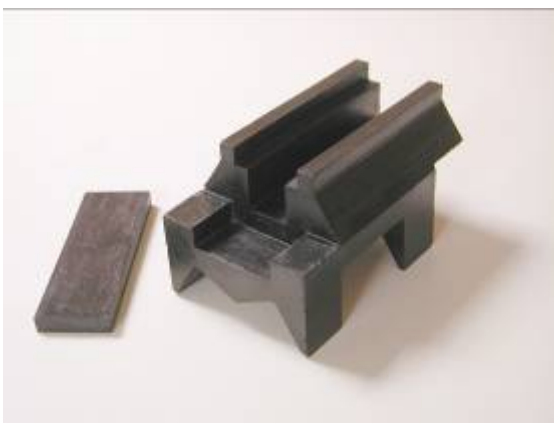
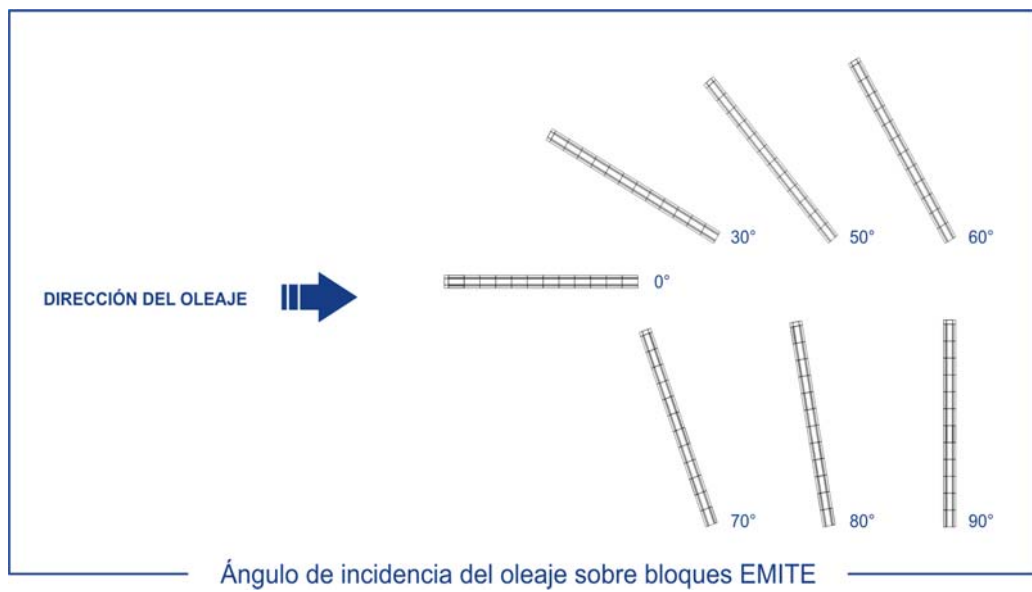
Tabla 1

Las dimensiones del cajetín de alojamiento del BLOQUE EMITE deberán adaptarse al diámetro de la tubería, independientemente del peso del BLOQUE EMITE que viene definido en la tabla anterior. Para altura y periodos de oleaje superiores a los de la tabla, así como diámetros especiales de tuberías, ponerse en contacto con Guer Ingeniería, para determinar los parámetros de un diseño concreto.

## CANAL DE OLAJE



Ensayos en el canal de oleaje



Detalle de la configuración final del Bloque EMITE utilizado en el modelo



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

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

