

El mito del núcleo compacto en los diques de escollera de bloques^(*)

Por ENRIQUE VERA GONZALEZ
Doctor Ingeniero de Caminos.
Economista.

En libros de Puertos, comunicaciones, artículos, etc. suele leerse que los Diques de Abrigo de Escollera, natural o de bloques, deben tener un núcleo compacto (o impermeable, como se llama a veces) para evitar la transmisión de la agitación exterior a través del Dique; incluso a veces se dice que ese núcleo debe tener la máxima compacidad, para lo cual se recomienda el «todo uno» de cantera.

En los seis párrafos siguientes intento demostrar que la energía de la ola no se transmite a través de los Diques de Escollera de Bloques sin núcleo compacto. A continuación de ellos y en otros cuatro párrafos complementarios, hago algunas otras consideraciones relacionadas con el tema.

EL DIQUE NUEVO DEL OESTE DEL PUERTO DE SAN ESTEBAN DE PRAVIA

Fue proyectado en el año 1924 y se construyó en el período 1928-1944.

Tiene una longitud de 300 m. y está constituido fundamentalmente por una sección trapezoidal de 50 m. de anchura media y 12 m. de altura, formada exclusivamente por bloques de 80 t; se emplearon más de 3.500 bloques con un volumen total de más de 120.000 m³ de hormigón.

El Dique está atacado directamente por el temporal N.O. con olas de 9,00 m. de altura que llegan al Dique sin reducción, pues prácticamente no existe expansión frontal.

A los Ingenieros que proyectaron el Dique, nunca se les pasó por la imaginación la idea de que a través del Dique, sin núcleo compacto, pudiera transmitirse ninguna parte de la agitación de las olas que atacaban el Dique. (1)

Cuando hace muchos años, fui destinado como Ingeniero Auxiliar al Puerto de San Esteban de Pravia, me tocó hacer el natural recrecimiento de la Escollera del Dique con bloques de 80

6 90 T, pero nunca en los 6 años que estuve destinado en ese Puerto, observé ningún paso de agitación a través del Dique, ni siquiera me planteé esa posibilidad ni nadie me la planteó.

LOS DIQUES DE ABRIGO DEL PUERTO DE LUARCA

El Dique del Canouco tiene 100 m. de longitud; su sección fundamental es un trapecio de 30 m. de base media y 6 m. de altura, formado únicamente por bloques de 22 T.

El Dique de La Encoronada tiene 130 m. de longitud; su sección fundamental es un trapecio de 26 m. de base media y 5 m. de altura, formado también únicamente por bloques de 22 T.

Aunque este ejemplo es menos representativo que los otros señalados en este artículo, diremos que nunca se observó la más mínima transmisión de energía de la ola a través de los Diques citados, constituidos únicamente por bloques de hormigón.

EL DIQUE DE ABRIGO DEL NUEVO PUERTO DE CUDILLERO

En las Fotografías aéreas 1 y 2, se ve perfectamente la situación, disposición, rasgos funda-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de octubre de 1986.

(1). Claro está que el Dique fue proyectado por don José Rodríguez de Rivera con la colaboración de don José R. Carracedo, don Leonardo García Ovies, y don Idelfonso Sánchez del Río, nadá menos.

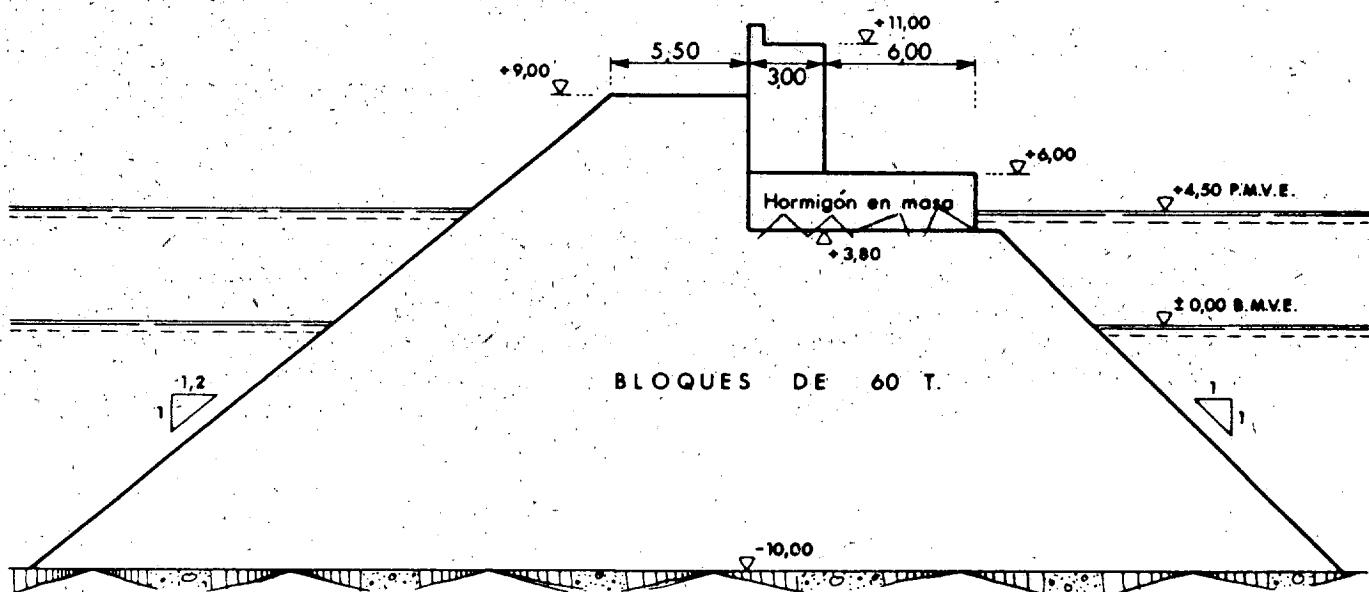


Figura 1. Sección Tipo Teórica del Dique de Abrigo del Nuevo Puerto de Cudillero.

mentales etc. de la Darsena y del Dique de Abrigo del Nuevo Puerto de Cudillero, así como su relación con el Puerto Viejo y con la Entrada.

El Dique de Abrigo se construyó, con muchas vicisitudes durante el período 1970-1983 y está prácticamente terminado a falta del recrecimiento de la protección de bloques del Espaldón. Consta de dos alineaciones; el Dique del Moro de 230 m. de longitud y el Dique de Abrigo propiamente dicho de 440 m. de longitud.

En la Figura 1 se representa la sección teórica del Dique de Abrigo, formado exclusivamente por bloques de hormigón de 60 T, sin núcleo compacto: en la obra se emplearon más de 7.000 bloques de este tamaño (2).

Debido a la gran expansión del oleaje y al abrigo producido por Las Colinas, las olas del temporal N.O. de 9,00 m. de altura en alta mar llegan al Dique con una altura de 5,00 m; qui-

(2) Como es natural, dadas las circunstancias del Puerto de Cudillero, el Dique se construía vertiendo los bloques con una grúa de pequeño alcance, ya que era totalmente ilógico, innecesario y antieconómico el empleo de una grúa Titan; como consecuencia de ello, el talud quedó más rígido que el teórico de la sección dibujada. En los últimos años el talud ha suavizado algo y es posible que al cabo de los años suavice algo más, pero es probable que el perfil de equilibrio definitivo sea más rígido que el de la sección teórica, especialmente en la parte inferior, ya que es probable que la resistencia del Dique y la altura de ola, sean más favorables que las supuestas; esto supone una reserva de seguridad para el Dique.

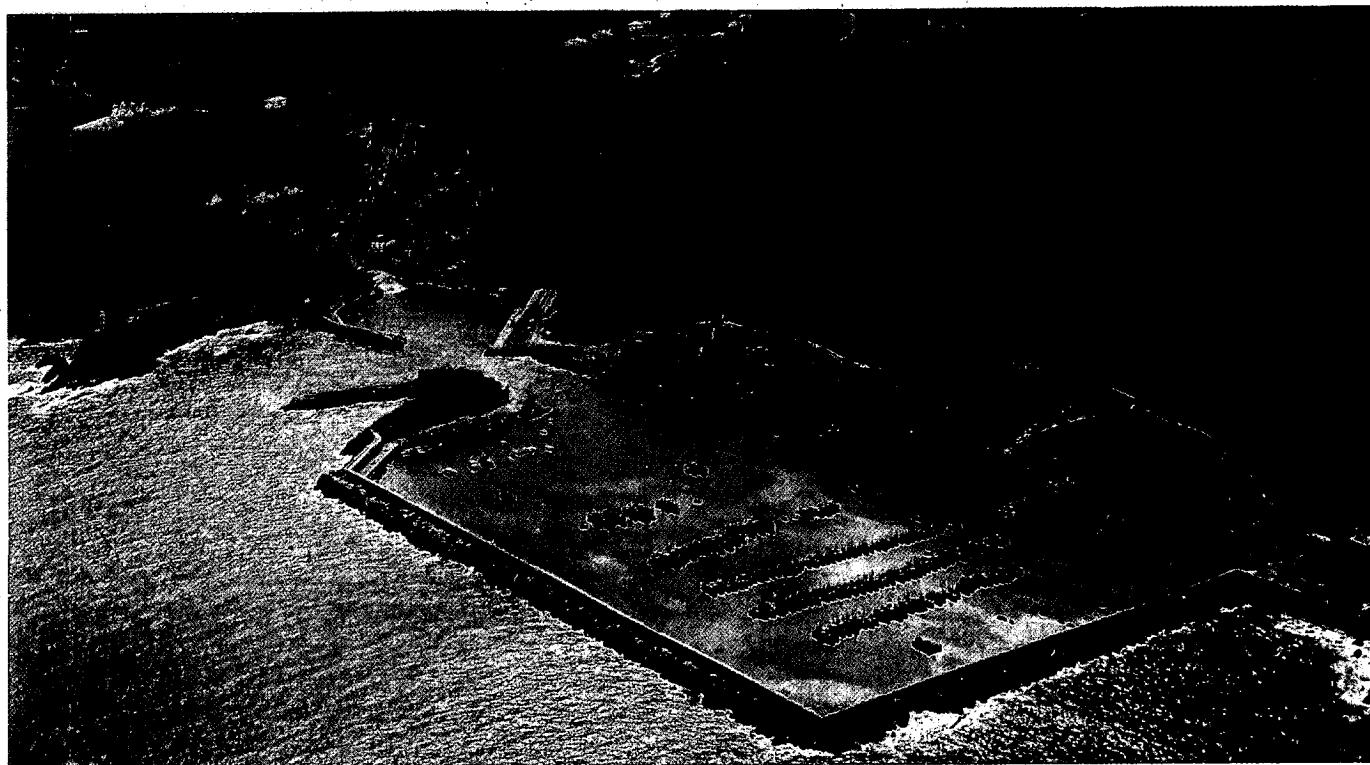
zás en la realidad y en la mayor parte del Dique, el abrigo producido por Las Colinas sea aún mayor que el supuesto.

Durante los 4 años en que el Dique de Abrigo estuvo sin Espaldón y los 3 años en que estuvo con él, en total más de 7 años, la flota pesquera de Cudillero, antes 110 embarcaciones y ahora unas 180, ha permanecido en la Nueva Darsena en un estado de completa tranquilidad. Ni con oleajes pequeños (Fotografías 1 y 2) ni con fuertes temporales (Fotografía 3) pasa la más mínima agitación a través del Dique; como se ve en las Fotografías, las embarcaciones pesqueras están pegadas unas a otras sin el menor movimiento, e incluso botes pequeños están totalmente tranquilos a 10 m. del Dique; con fuertes temporales fuera, la Darsena es una balsa de aceite como dicen los que la conocen bien.

El pequeñísimo oleaje que puede producirse en el fondo de la Darsena, es originado por la agitación que entra por la Boca del Puerto; una agitación análoga se produce en el fondo de las dársenas en otros Puertos con Diques de Abrigo totalmente impermeables, como es el caso del Puerto de Lastres. Si ese pequeño oleaje producido en el fondo de la dársena, fuera una fracción del que pudiera pasar a través del Dique, tendría el mismo período que el del exte-



Fotografía 1. El Puerto Nuevo de Cudillero en 1984. Vista área desde el Este.



Fotografía 2. El Puerto Nuevo de Cudillero en 1984. Vista área desde el Oeste.



Fotografía 3. El Puerto Nuevo de Cudillero en 1983. Del Libro «El Puerto de Gijón y otros Puertos de Asturias» del doctor ingeniero de Minas, Académico e Historiador, don Luis Adaro Ruiz. En esta panorámica pueden observarse las excelentes cualidades del nuevo puerto, que a pesar de estar el mar agitado en el exterior, en el interior del mismo, no se produce ni el menor movimiento del agua. Se ha mantenido la misma boca que tenía el antiguo puerto; para aprovechar las buenas condiciones marineras que tuvo siempre, permitiendo la entrada en Cudillero, cuando las barras de San Esteban de Pravia y Avilés, impedían hacerlo en aquellos puertos. (Fotografía del autor).

rior, pero resulta que el que se observa en la realidad es mucho menor.

Aún en el caso en que a través del Dique pudiera pasar una pequeñísima agitación, ésta sería menor que la que pudiera originarse con vientos en el interior de la dársena o por la estela de las embarcaciones.

En temporales se observa en algún tramo del Dique de Abrigo que cada vez que en el exterior rompe una ola, entra a través del Dique una pequeña corriente de agua totalmente mansa y muerta, que se anula a 5 m. del Dique y no perturba nada a pequeños botes que se encuentran a 8 ó 10 m. de distancia. (3).

ALGUN OTRO EJEMPLO

En algún otro caso de Dique de Abrigo de Escollera de Bloques grandes de hormigón sin núcleo compacto, en el que, supuestamente, en temporales podría haber alguna pequeña agitación en la parte abrigada, se ha examinado rei-

(3) Independientemente del tema principal del que tratamos ahora, es preciso aclarar que en Cudillero era indispensable un perfecto paso de agua (no de la energía de la ola) entre el exterior y el interior; al tratarse de una dársena cerrada, el hacer el Dique totalmente impermeable, podría originar gravísimos problemas de resaca y de fuertes corrientes de vacante de marea en el Canal de Entrada.

teradamente la situación y se ha visto lo siguiente.

No se observa ningún paso de la ola a través del Dique.

En algunos puntos aislados a lo largo del Dique, se observa que cuando una ola le ataca por el exterior, en la parte abrigada entra una corriente de agua de muy corta duración a través de algún «sifón» existente, como los llaman los observadores prácticos. Esta pequeña masa de agua aunque coincide con la ola, no tiene nada que ver con su supuesta propagación a través del Dique, pues se trata de una corta corriente desorganizada cuya pequeña energía se anula totalmente en el colchón de agua de la zona abrigada, hasta el punto de que a muy pocos metros desaparece totalmente.

La pequeña agitación existente en la parte abrigada, por sus características, muy corto periodo etc., no coincide en absoluto con la ola exterior ya que más bien se trata de una agitación estacionaria tipo «clapotis». Como en toda agitación estacionaria, es difícil determinar su procedencia, pero observándola detalladamente, puede comprobarse que más bien se transmite de la zona abrigada hacia el Dique, y no de este hacia la zona abrigada; es posible que proceda de reflexiones del temporal en cos-

tas, obras etc. situadas más allá de la zona abrigada, de difracciones secundarias, etc.

TESIS QUE SOSTENGO

Como indiqué al principio de este artículo, mantengo la tesis de que no se transmite energía de la ola a través de los Diques de Escollera de Bloques sin núcleo compacto: esta tesis está apoyada por todo lo dicho en los párrafos anteriores. Quizá todos o casi todos los Diques de Escollera de Bloques sin núcleo compacto construidos en el Cantábrico lo han sido en Asturias; el haber trabajado durante muchísimos años en los Puertos de esta Región y el haber observado continuamente esos Diques, me ha hecho compenetrarme con ellos y tener la más absoluta confianza en su seguridad y abrigo total.

Se dice que en algunos Puertos japoneses se ha observado que a través de Diques sin núcleo, se transmite una parte importante de agitación, pero no está claro si se trata de energía de la ola, de oscilaciones de largo período (resaca etc.), de agitación procedente de algún lugar de la zona abrigada, de reflexiones, o de algún otro fenómeno.

En resumen considero que la necesidad de un núcleo compacto en los Diques de Escollera de Bloques es un mito que conviene desechar. El origen de él puede haber sido; a) Cuando se construían o construyen Diques de escollera natural, era y es lógico, para aprovechar todos los productos de cantera, colocar en el interior las piedras pequeñas, reservando las mayores para el exterior. b) Cuando se reforzaban Diques primitivos de escollera natural con bloques de hormigón, quedaban estos fuera y la parte más compacta dentro.

CONSIDERACIONES TEORICAS Y EXPERIMENTALES SOBRE LA TRANSMISION DE LA ENERGIA DE LAS OLAS A TRAVES DE UN DIQUE DE ESCOLLERA DE BLOQUES, SIN NUCLEO COMPACTO

La energía transportada por el movimiento os-

cilatorio de las olas sólo puede transmitirse merced al admirable orden en la posición, velocidad, presión etc. de cada molécula de agua: cualquier alteración en ese perfecto orden anula la energía e impide su transmisión. Al atravesar unos huecos dispuestos el azar, por grandes que sean esos huecos, los movimientos se desordenan totalmente y prácticamente no pasa nada de energía de la ola.

Los romanos ya sabían estas cosas y construían diques-muelle constituidos por dos arquerías, con los arcos alternados; la energía de las olas se anulaba en un alto porcentaje y la agitación en el interior del Puerto era muy pequeña.

El que no hace falta un obstáculo físico para impedir la transmisión de la energía de la ola, lo demuestran los experimentos hechos con diques neumáticos o hidráulicos: las burbujas de aire inyectadas a presión desde el fondo a la superficie o las corrientes verticales de agua, también a presión, desorganizan los movimientos de un tren de ondas y constituyen una barrera que disminuye mucho la altura de ola detrás de ella.

COMPARACION DE LA RESISTENCIA ANTE EL OLEAJE DE LOS DIQUES DE ESCOLLERA DE BLOQUES CON Y SIN NUCLEO COMPACTO

Sin querer ahora entrar en profundidad sobre este asunto, aceptaremos que la inestabilidad de un bloque exterior del talud de un Dique, está determinada fundamentalmente por su tendencia a levantarse a causa de la subpresión, especialmente la dinámica, en los momentos inicial y final del empuje de la ola rota al chocar contra el plano sobre el que está situado el bloque. Si este plano es continuo, el efecto de levantamiento del bloque es mayor que si el plano está constituido por otra capa de bloques, en donde, debido a sus huecos se aminora aquel efecto; si hay otra tercera capa de bloques, el efecto disminuye aún más. Cuanto más lejos esté un supuesto plano impermeable o no exista, la tendencia al levantamiento del bloque exterior será menor.

Por otra parte los huecos grandes en el Di-

que, hacen que la energía se disipe por la infinitud de corrientes turbulentas que se producen en direcciones diversas entre los intersticios de los bloques, con lo cual la energía que tiene que anularse en el exterior del Dique o en la primera capa, es menor. De esta idea de conseguir una importante anulación de la energía entre los huecos, surgió el tetrápolo; en estos, las ventajas del engarce de unas piezas con otras son secundarias respecto al aumento de la proporción de huecos.

DIFICULTADES EN LA CONSTRUCCION DE LOS DIQUES DE ESCOLLERA DE BLOQUES CON NUCLEO COMPACTO

Sobre el papel es fácil dibujar la situación, forma, espesor, material etc., de las diversas capas constitutivas de un Dique. En la práctica y especialmente en el Cantábrico la unidad de medida de vertido desde tierra puede ser de 2 a 4 m. y desde el mar de 5 a 8 m. y es prácticamente imposible afinar más; por eso, a pesar de una intensa vigilancia y de la buena voluntad del Contratista y de su personal, la piedra escollera, bloques etc., pueden resultar mezclados o vertidos en otro sitio distinto de donde debieran verterse.

En la construcción del Dique, es preciso llevar las distancias debidas entre el extremo de la obra, secciones intermedias, perfil completo etc. y aún así los temporales pueden causar destrozos entre esas secciones. En invierno puede ser preciso paralizar la obra y sus equipos, construir un morro provisional en cada campaña; y aún así es muy posible el desplazamiento de las escolleras, la producción de daños, etc.

PELIGROS DE LOS DIQUES DE ESCOLLERA DE BLOQUES CON NUCLEO COMPACTO

Aún en el caso difícil en que el Dique quede construido con arreglo al dibujo, no es imposible que alguna ola excepcional, o no tan excepcional, levante o desplace algunos bloques del manto exterior; entonces la mar podría entrar a mansalva en el interior del Dique y destruirlo.

En los Diques uniformes, formados totalmente por bloques de hormigón sin núcleo compacto, ese peligro no existe, siendo estos Diques indestructibles, si el peso de los bloques es suficiente; las posibles averías o asientos se reparan muy económicamente con pequeños recrecimientos de bloques.

Puede decirse que los Diques sin núcleo son mucho más flexibles que los Diques con núcleo y se adaptan fácilmente y sin peligros graves a los posibles movimientos de los bloques. Los Diques con núcleo son mucho más rígidos en el sentido de que los desplazamientos de las diversas partes y elementos pueden desorganizar gravemente la Sección: las superficies de discontinuidad y la falta de homogeneidad pueden ser un peligro latente gravísimo (4).

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Puede alegarse en defensa de un núcleo de escollera natural en un Dique de Escollera de Bloques la razón económica, aduciendo que la escollera natural es más barata que los bloques de hormigón, y que por tanto estos deben reservarse para el manto exterior, construyendo el núcleo con escollera natural.

La diferencia de precios entre la escollera natural y la de bloques ha disminuido en los últimos años y aunque depende mucho de las circunstancias, creo que el costo de la escollera natural no bajará del 75 por 100 de la de bloques. Hay que tener en cuenta que una vez montadas las instalaciones para la fabricación y vertido de bloques, el precio de estos disminuirá si se emplean para toda la sección del Dique; en cambio en el coste de la escollera natural debe tenerse en cuenta los peligros, destrucciones, pérdidas de tiempo etc. a que antes nos hemos referido.

Es posible que para profundidades muy grandes sea preciso reconsiderar el problema y estudiar la posibilidad y conveniencia de construir

(4) Este criterio coincide con los modernos estudios sobre Resistencia de los Sólidos. La resistencia de éstos es bastante menor que la que pudiera deducirse de la de sus elementos constitutivos; por ejemplo la resistencia de un acero es bastante menor que la de los cristales que lo forman, debido a las grietas microscópicas, discontinuidades, faltas de homogeneidad, etc.

un Dique de escollera natural con protección de bloques de hormigón. Estimo que en el Cantábrico, hasta profundidades de 12 a 15 m. son preferibles desde el punto de vista económico y de la seguridad, tanto de construcción como de mantenimiento, los Diques de escollera de Bloques de hormigón, en su totalidad, es decir sin núcleo.

Claro está que cuando existan muy buenas canteras y la altura de ola no sea excesiva, será posible obtener de cantera los cantos del manto exterior sin necesidad de acudir a los bloques de hormigón: en este caso puede ya ser competitiva la solución de Diques de escollera natural, empleando la piedra pequeña en el interior y la gruesa en el exterior.

Enrique Vera González.



Ingeniero de Caminos de la promoción de 1943. Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Licenciado en Ciencias Económicas. Destinos varios en Confederación Hidrográfica del Duero, Servicios Hidráulicos de Marruecos, empresas constructoras. Desde 1951, destinado en Servicios de Puertos (San Esteban de Pravia, Tarragona, Barcelona, Avilés, grupo de Puertos de Asturias). Redacción de proyectos y ejecución de numerosas obras portuarias. Proyectos y ejecución de las estaciones de la cadena DECCA del Noroeste. Estudios previos, proyectos y ejecución del nuevo puerto de Cudillero (Asturias). Socio fundador y vocal de la Asociación Española para Estudios del Litoral.

