



Ministerio de Obras Públicas y Transportes

CEDEX

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

**ESTUDIO EN MODELO REDUCIDO DEL
ENCAUZAMIENTO DEL RIO GUADALMEDINA II
TRAMO DE AGUAS ARRIBA DEL
PUENTE DE ARMIÑAN**

INFORME FINAL

TOMO UNICO

Para

**DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL SUR**

CLAVE CEDEX 41-491-1-026

Madrid, Febrero 1992

Centro de Estudios Hidrográficos

TITULO:

ESTUDIO EN MODELO REDUCIDO DEL
ENCAUZAMIENTO DEL RIO GUADALMEDINA II
TRAMO DE AGUAS ARRIBA DEL
PUENTE DE ARMIÑAN

INFORME FINAL

CLIENTE: DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL SUR

EL PRESENTE INFORME CONSTITUYE UN DOCUMENTO OFICIAL DE ESTE TRABAJO Y DE ACUERDO CON LAS NORMAS GENERALES DEL ORGANISMO, SU ENTREGA SUPONE EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTUACIONES TECNICAS DEL MISMO REFERENTES A LA MATERIA OBJETO DEL INFORME.

VALIDEZ OFICIAL

VISTO EL CONTENIDO DEL INFORME Y SIENDO ACORDE CON LAS CLAUSULAS DEL CONVENIO DE COLABORACION CORRESPONDIENTE, SE PROPONE AUTORIZAR LA EMISION DEL PRESENTE INFORME.

V.I. RESOLVERA

EL DIRECTOR DEL
CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS

Autorizada la emisión del informe:

Madrid, de de 19
El Director General del CEDEX.

SOLO SON INFORMES OFICIALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACION DE OBRAS PUBLICAS LOS REFRENDADOS POR SU DIRECCION GENERAL.

I N D I C E

MEMORIA

	<u>Página</u>
1. ANTECEDENTES	1
2. LA OBRA	3
3. EL MODELO	5
4. PROYECTO ORIGINAL	6
5. SOLUCION PROYECTO	8
5.1. Definición	8
5.2. Ensayos	9
6. SOLUCION PROPUESTA	11
6.1. Definición	11
6.2. Ensayos	12
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14

FOTOGRAFIAS

GRAFICOS

Gráfico N° 1.- Hidrograma de 600 m³seg.

" N° 2.- Curva granulométrica Río Guadalmedina entre P.K.
1.800 y P.K. 3.000.

" N° 3.- Láminas de agua. Solución Propuesta

PLANOS

- Plano N° 1.- Proyecto Original. Solución Propuesta
- " N° 2.- Proyecto Original. Perfil Longitudinal
- " N° 3.- Planta General. Solución Proyecto
- " N° 4.- Perfil Longitudinal. Solución Proyecto
- " N° 5.- Planta General. Solución Propuesta
- " N° 6.- Perfil Longitudinal. Solución Propuesta

MEMORIA

**INFORME FINAL SOBRE EL ESTUDIO EN MODELO REDUCIDO
DEL ENCAUZAMIENTO DEL RIO GUADALMEDINA (II).
TRAMO DE AGUAS ARRIBA DEL PUENTE DE ARMIÑAN.**

1. ANTECEDENTES

En abril de 1990 el Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos concluye, con la emisión del Informe Final, un Convenio titulado "Estudio en modelo reducido del encauzamiento del río Guadalmedina", suscrito entre la Dirección General de Obras Hidráulicas (Confederación Hidrográfica del Sur) y el CEDEX.

Posteriormente, la Confederación Hidrográfica del Sur presenta un proyecto de construcción con el título de "Acondicionamiento río Guadalmedina para desagüe de la presa de El Limonero" (Málaga), correspondiente al tramo del río Guadalmedina comprendido entre la Presa de El Limonero y el puente de Armiñán.

Este proyecto modifica las condiciones de ensayo llevadas a cabo por el Laboratorio de Hidráulica en el citado estudio, donde se analizaban los últimos 1200 m. de encauzamiento. Dado que el modelo utilizado seguía construido en las naves del Laboratorio

de Hidráulica, la Confederación Hidrográfica del Sur, considera oportuno el ensayo de este último tramo, con el fin de comprobar el funcionamiento hidráulico del mismo y poder así extrapolar los resultados obtenidos en este tramo al resto del proyecto.

Con este fin, la Dirección General de Obras Hidráulicas y el CEDEX firman un Convenio titulado "Estudio en modelo reducido del encauzamiento del río Guadalmedina II" Este Convenio, consta de dos partes, una el estudio del proyecto del tramo comprendido entre los puentes de Armiñán y Tetuán y otra el tramo de encauzamiento comprendido entre la trampa de áridos, que se encuentra ubicada junto al Puente de Armiñán, y la cadena nº 2 del proyecto realizado por la Confederación Hidrográfica del Sur.

Como consecuencia de dicho Convenio, y con el fin de poner en conocimiento de la Confederación Hidrográfica del Sur las principales conclusiones obtenidas de los estudios y ensayos realizados, se redacta este "Informe Final sobre el estudio en modelo reducido del encauzamiento del río Guadalmedina II. Tramo de aguas arriba del puente de Armiñán".

2. LA OBRA

El proyecto comprende el acondicionamiento del encauzamiento del río Guadalmedina entre la trampa de áridos situada aguas abajo del puente de Armiñán y la Presa de El Limonero, con una longitud de 3718 m.

En este informe, se analiza el comportamiento del tramo comprendido entre la trampa y la cadena nº 2 del citado proyecto con una longitud aproximada de 1.200 m.

El caudal máximo de diseño es de 600 m³/seg.

El proyecto comienza en el azud original de la trampa de áridos situada 75 m. aguas abajo del puente de Armiñán, fijando el azud de entrada a la cota 7,30. Dispone de un tramo de 300 m. hasta la cadena nº 1 y a continuación se proyecta un tramo hasta la cadena nº 2 situada en el p.k. 1156 con dos secciones tipo.

Las secciones tipo constan de un canal central trapecial de 25 m. de ancho en solera y alturas de 2,50 m. para la sección tipo I y 2,30 m. para la tipo II, y taludes 3/2.

Los taludes del canal central se construyen con losas de hormigón y, como única protección, se disponen riostras cada 100 m. El material de fondo es el propio terreno del río y los muros

exteriores del encauzamiento están protegidos con escollera de 150 Kg. de tamaño mínimo.

En el tramo se encuentra situado el puente de Armiñán y los dos puentes de La Rosaleda, todos ellos con pilas. Como obra singular, está la desembocadura del arroyo de Los Angeles, situada en la margen derecha e inmediatamente aguas arriba del puente de Armiñán. La obra es de hormigón y tiene la solera a la cota 10,60, mientras que la solera del encauzamiento está a la 7,80. Naturalmente, la transición está proyectada en hormigón. Junto a la desembocadura existe un acceso para vehículos.

En los planos números 1 y 2 se encuentra definido este proyecto.

3. EL MODELO

Para el presente estudio se utiliza la infraestructura del modelo del río Guadalmedina, construido en la nave del Laboratorio de Hidráulica con escala horizontal 1/75 y vertical 1/50, adoptando como criterio de representatividad la semejanza de Froude. Ha sido necesario sustituir el lecho antiguo del río por la nueva obra proyectada.

El modelo es de lecho móvil pero sin aportación sólida, ya que esta situación es la más desfavorable a efectos de analizar fenómenos de erosión. El material utilizado es el mismo que se utilizó para estudiar el cauce natural del río en el anterior estudio, carbón de densidad 1,75 T/m³ y con la curva granulométrica reflejada en el gráfico nº 2. La escollera está representada por árido calizo de densidad 2,65 T/m³.

El modelo dispone de un partidior de caudales con el que se pueda representar el hidrograma de 600 m³/seg. de caudal punta con el que se han realizado todos los estudios del río Guadalmedina, ver gráfico nº 1.

Para la medida de niveles se utilizan limnígrafos rápidamente variables conectados con un ordenador central donde se registra el paso de todas las avenidas. Los limnígrafos están situados uno, aguas arriba del puente de Armiñán, y el resto en las secciones M - 26, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38 y 39.

4. PROYECTO ORIGINAL

El proyecto original, en lo referente al tramo objeto de ensayo, parte de unas condiciones de borde que no son las actuales, como consecuencia de los problemas surgidos en la construcción de la balsa de decantación. El proyecto parte de un azud situado 75 m. aguas abajo del puente de Armiñán y coronado a la cota 7,30 cuando en realidad el azud está construido a 25 m. aguas abajo del citado puente y coronado a la cota 8,70 en la parte central y a la 9,00 en los laterales. Ver planos números 1 a 4.

De acuerdo con los técnicos de la Confederación se fijaron las condiciones del nuevo proyecto según las siguientes premisas:

- . Los límites del proyecto son el azud actualmente construido y la cadena nº 2 tal y como ésta figura en el proyecto.
- . Eliminación de la cadena nº 1.
- . Transición en hormigón desde aguas arriba del arroyo de Los Angeles hasta la trampa.
- . Encauzamientos en sección tipo I y II.
- . No modificar sustancialmente el proyecto original.

Siguiendo estas premisas, el Laboratorio de Hidráulica realiza lo que se denomina Solución Proyecto y que se define en el punto siguiente.

5. SOLUCION PROYECTO

5.1. Definición

La denominada Solución Proyecto se encuentra definida en la hoja de planos números 3 y 4, y se muestra en las fotografías números 1 a 10.

El proyecto visto desde aguas arriba se inicia en la salida del cuenco de resalto en la cadena nº 2 con un tramo de pendiente uniforme ($i=0,0044$) constituido por la denominada sección tipo I, en la que el cauce de aguas bajas tiene una altura de 2,50 m., construyéndose los cajeros con losas de hormigón, talud $3/2$ y sin ninguna protección especial, salvo las riostras situadas la primera a 50 m. del cuenco y el resto cada 100 m. En los puentes de La Rosaleda se realiza la transición a la sección tipo II que llega hasta el final del tramo.

Respecto a la sección completa se mantiene la protección de proyecto de los muros laterales, aunque parece excesiva la protección de 150 kg. que figura en el proyecto original.

En solera este tramo termina 70,40 m. aguas arriba de la trampa de áridos a la cota 8,77 en eje de encauzamiento, continuando con una pendiente de $i=0,0010$ hasta llegar a la cota 8,70 del azud de la trampa de áridos. En el K. 169 comienza la transición en hornmigón de las banquetas, siendo distintas las dos márgenes.

En el cauce se deja el propio material del río sin selección alguna, y solamente en la zona de salida del cuenco se realiza una protección con escollera de 50 cm. de diámetro.

5.2. Ensayos

Los ensayos se realizan sometiendo el tramo al paso de una avenida con caudal punta de 600 m³/seg. La capacidad del cauce menor es aproximadamente de 275 m³/seg., no presentando ningún problema de niveles para el caudal punta en todo el tramo.

El resalto y su protección de escollera funcionan correctamente pero al terminar la protección de escollera se producen fuertes erosiones que destruirían el cauce menor. Las erosiones se producen inmediatamente aguas abajo de las riostras, dejando a las primeras totalmente al descubierto por esta zona. En las últimas riostras no se producen erosiones sino depósitos, aunque junto a la zona de transición, y debido al aumento de la velocidad se observan erosiones.

En las pilas de los puentes de La Rosaleda se observan fuertes erosiones locales. En la zona de las banquetas las erosiones son muy reducidas, pero cuando hay una singularidad, (terminación de las riostras), se producen erosiones claramente observables.

La zona de transición definida, a la cual se ha llegado tras diversos tanteos en modelo, presenta un funcionamiento aceptable.

Informada la Confederación Hidrográfica del Sur de este funcionamiento, se adopta el criterio de protección uniforme con escollera fijando el tamaño de la misma en función de los ensayos.

6. SOLUCION PROPUESTA

6. 1. Definición

La geometría de la Solución Propuesta coincide con la definida en la Solución Proyecto. La diferencia entre una y otra estriba en las protecciones de escollera utilizadas. Inmediatamente aguas abajo de la cadena 2 se utiliza escollera de 50 cm. que en la zona de aguas bajas llega a la primera riostra y en las banquetas ocupa toda la sección en una longitud de 20 m. El resto del tramo de aguas bajas se protege toda la solera con escollera de 30 cm. de diámetro hasta 25 m. antes del cambio de pendiente, donde se pone escollera de 50 cm. de diámetro. El último tramo es de hormigón.

En las banquetas laterales los ensayos se realizan disponiendo a continuación de la escollera de 50 cm. escolleras de menor tamaño hasta pasada la primera riostra. Como protección local en las pilas de La Rosaleda y en la zona final del tramo junto a la zona de hormigón de la transición se dispone escollera de 30 cm. En el proyecto figura una protección con escollera de 50 cm. junto a los muros laterales, el Laboratorio ante los resultados de los ensayos propone sustituir esta escollera por la de 20 cm. y como medida de seguridad disponer en un ancho de 2 m. escollera del mismo diámetro junto a las losas de hormigón de los taludes del canal de aguas bajas.

El espesor "e" del manto de escollera depende de la curva granulométrica del árido que se utiliza para su construcción. Es frecuente utilizar la fórmula

$$e = 1,82 D_{50} \left(1 + \frac{C}{50}\right)$$

Siendo $C \leq 50$ el tanto por ciento de elementos con peso inferior

$$a \quad P = \frac{1}{6} \pi D_{50}^3$$

Para protecciones singulares el espesor debe aumentarse. Entre la escollera y el terreno es importante disponer de un filtro entre 15 y 20 cm. de espesor para evitar el sifonamiento de finos.

Esta solución se encuentra definida en las hojas de planos números 5 y 6 así como en las fotografías 11 a 20.

6.2. Ensayos

Como consecuencia de la protección de escollera, la capacidad del cauce de aguas bajas se reduce a 250 m³/seg. aproximadamente. Los máximos niveles alcanzados tras el paso de una avenida de 600 m³/seg. de caudal punta se encuentran reflejados en el gráfico nº 3 donde también se encuentran reflejados los niveles para 100, 200, 250 y 300 m³/seg. Como puede observarse, el tramo no presenta problemas de capacidad. En la zona de transición del puente de Armiñán los niveles están holgados, presentando el flujo altas velocidades debido a la transición de las banquetas

y a la llamada de la rápida de la trampa. El desagüe del arroyo de Los Angeles no presenta problemas hidráulicos funcionando sólo con aguas limpias y sin circular agua por el Guadalmedina. El modelo no permite analizar el comportamiento, en cuanto a niveles se refiere, del arroyo de Los Angeles cuando circula la máxima avenida por el río Guadalmedina, en cualquier caso los niveles que este impone se pueden ver en el citado gráfico nº 3, siendo la cota del agua la 11,30 que influye, en función del caudal, en la capacidad de desagüe del citado arroyo. En cualquier caso, y como regla general, deberían evitarse confluencias ortogonales de dos flujos.

Tras el paso de la avenida de 600 m³/seg. se observan y analizan detenidamente los fondos del encauzamiento así como el material sólido depositado en la balsa de decantación. La cantidad de escollera depositada es despreciable, lo que indica que la escollera proyectada para el fondo del cauce menor es estable. Lo mismo se puede decir de las protecciones locales en los puentes de La Rosaleda, así como las protecciones de escollera dispuestas en las banquetas al comienzo y al final del tramo. Los ensayos se realizan sin protección a lo largo de las banquetas para observar el movimientos de fondos. Se aprecia que estos son cuantitativamente reducidos pero que debido a la discontinuidad entre el material rígido, losas del cauce menor fundamentalmente, se producen erosiones de forma discontinua que aconsejan disponer una protección de escollera a lo largo del encauzamiento.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente informe describe los trabajos efectuados relativos al encauzamiento del río Guadalmedina aguas arriba de la trampa de áridos situada junto al puente de Armiñán, de acuerdo con el Convenio suscrito entre la Dirección General de Obras Hidráulicas (Confederación Hidrográfica del Sur) y el CEDEX, titulado "Estudio en modelo reducido del encauzamiento del río Guadalmedina II". De los estudios realizados así como de los trabajos y ensayos efectuados se obtienen las conclusiones y recomendaciones que a continuación se exponen:

1. El presente estudio surge como consecuencia de la presentación por parte de la Confederación Hidrográfica del Sur del proyecto titulado "Acondicionamiento del río Guadalmedina para desagüe de la presa de El Limonero", correspondiente al tramo del río Guadalmedina comprendido entre la presa de El Limonero y la trampa de áridos situada aguas abajo del puente de Armiñán.
2. Los ensayos se realizan sobre los últimos 1200 m. de encauzamiento comprendidos entre la trampa de áridos y la cadena nº 2 del citado proyecto. Como sollicitación de diseño se utiliza el hidrograma de 600 m³/seg. de caudal punta reflejado en el gráfico nº 1.
3. El modelo utilizado tiene escala horizontal 1/75 y vertical 1/50, es de lecho móvil y se ensaya sin aportación sólida. Para el material de fondo se utiliza carbón de densidad 1,75 T/m³ y para representar la escollera se utiliza caliza de 2,65

T/m3. La medida de niveles se realiza con limnigrafros rápidamente variables situados en las secciones M - 26, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38 y 39.

4. El Proyecto Original supone que el azud de entrada a la trampa de áridos está situado 75 m. aguas abajo del puente de Armiñán y coronado a la cota 7,30. Actualmente el azud está construido a 25 m. del citado puente y coronado a la cota 8,70. Con estas condiciones de borde se realiza la denominada Solución Proyecto que se encuentra reflejada en los planos números 3 y 4.
5. La Solución Proyecto parte de la cadena nº 2 y tiene un tramo con pendiente $i = 0,0044$ formado por las secciones tipo I y II, terminando con un tramo de 70,40 m. de longitud con pendiente $i = 0,001$ y diseñado en hormigón, que sirve de transición, entrada para vehículos y entronque del Arroyo de Los Angeles.
6. Se advierte que de todos los planos el cajero de la margen izquierda junto al puente de Armiñán es recto, cuando en la realidad hay un ensanchamiento del cajero con parte del estribo izquierdo dentro del encauzamiento. La rectificación del cajero se supone que es una obra proyectada a realizar.
7. El ensayo de la Solución Proyecto confirma que la capacidad hidráulica del tramo es satisfactoria así como el funcionamiento de la zona de transición.

8. El tramo presenta erosiones generalizadas del lecho en el cauce menor, más acusadas en la zona de aguas abajo de las riostras. El árido arrastrado en la parte superior del tramo se deposita en la parte inferior para la avenida de diseño.

Localmente se presentan fuertes erosiones aguas abajo de la protección de escollera a la salida del resalto así como en las proximidades de las pilas de los puentes de La Rosaleda.

En la zona final, junto a la zona de transición se observan erosiones en las banquetas.

9. La geometría de la Solución Propuesta coincide con la definida en la Solución Proyecto, variando las protecciones de escollera. En los planos números 5 y 6 se encuentra definida esta solución.
10. El cauce de aguas bajas se proyecta con escollera de 30 cm. En la banqueta la escollera es de 20 cm. colocada a lo largo de todo el tramo con un ancho de 3,0 m. junto a los muros y de 2,0 m. junto a las losas del talud del cauce menor.
11. La protecciones singulares pueden observarse en los planos números 5 y 6 y están situadas a la salida de la cadena 2, en los puentes de La Aurora y al finalizar el tramo de aguas arriba de la zona de transición.

12. Los máximos niveles alcanzados por el agua durante el paso de la avenida de 600 m³/seg. se encuentran reflejados en el gráfico nº 3. La capacidad del tramo de aguas bajas es aproximadamente 250 m³/seg.

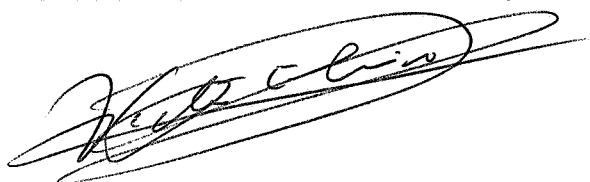
Ha colaborado en este estudio:

José López Algarra, Ingeniero de Obras Públicas.

Madrid, febrero de 1992

Vº Bº

EL DIRECTOR DEL PROYECTO
Y JEFE DE DIVISION DE
DISPOSITIVOS ESPECIALES.,



Víctor Elviro García

EL DIRECTOR DEL LABORATORIO
DE HIDRAULICA.,



Cristóbal Mateos Iguácel