

REPARACIONES Y ENCAUZAMIENTO DEL RIO SEGURA

Carlos Marco García*

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Eduardo Salete Díaz**

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

César Avilés López*

Ingeniero Técnico de Obras Públicas

Introducción

El presente artículo, es una recopilación de las experiencias acumuladas, en la Vega Baja del río Segura, durante las inundaciones acaecidas en los años 86, 87, 88 y 89 tanto en las actuaciones que se llevaron a cabo durante el transcurso de las mismas como en las reparaciones realizadas después de éstas, cuyo comportamiento ha podido ser ya contrastado, dado el corto período de recurrencia anual al que nos hemos visto sometidos.

Entornos geográfico histórico y geológico-geotécnico

Las realizaciones llevadas a cabo han tenido como escenario, el curso más bajo del río Segura, desde la confluencia del mismo con el Reguerón de Hurchillo, hasta su desembocadura.

La zona estudiada es una llanura de origen aluvial, modificada por la acción andrópica, que la ha destinado a cultivos en régimen de regadíos, especialmente de agrios.

Desde el punto de vista geológico es un sinclinal que alberga la Vega Baja del Segura, flanqueado por sendos lomos anticlinales que dan lugar, a las lomas de Pallaret-Moncayo y la Sierra del Molar. La cubeta así formada ha sido rellenada por transgresiones de época pliocuaternaria, seguida de regresiones que originaron la disposición actual.

El cauce discurre así, por la denominada depresión de «El Hondo» relleno de una antigua albufera que fue desecada artificialmente en el siglo XVIII y que conservó sus características palustres.

Recopilación de las experiencias acumuladas, en la Vega Baja del río Segura, durante las inundaciones acaecidas en los años 86, 87, 88 y 89

Esta zona pantanosa y por entonces insalubre debe su desecación y actual disposición de zona de cultivos, a los desvelos del Cardenal D. Luis Antonio Belluga y Moncada.

Ello fue con motivo del manifiesto de 1713 del rey Felipe V a la ciudad de Murcia, comunicando de que sería de su real agrado que, se tomasen las providencias necesarias para fundar una casa de niños huérfanos, en atención al enorme número de éstos a consecuencia de la guerra.

Se crearon así las denominadas Pías Fundaciones a cargo del Cardenal Belluga que en 1713 concluyó un edificio para albergar a 300 criaturas. Puestas así las cosas la ciudad de Orihuela ofreció a Belluga unos terrenos incultos y pantanosos, erizados de maleza, que sólo servía de foco de paludismo y refugio a malhechores, que habían sido previamente cedidas a particulares, para que en el término de cuatro años fueran desecados y saneados, lo que no se cumplió por parte de éstos. Ofreciéndoseles a las Pías Fundaciones por si estas fueran capaces de realizar el saneamiento de los mismos a cambio de la admisión de 24 niños huérfanos de Orihuela.

El ejemplo de Orihuela movió a la villa de Guardamar, a la cesión de unas 13.000 tahullas de terrenos incultos contiguos a los de Orihuela, siempre que se reservasen 2.000 tahullas a sus vecinos y, las Pías Fundaciones pagasen a la villa un tributo anual de 250 libras.

Analizado el proyecto de desaguar las tierras, apertura de cauces y canales, y viendo su viabilidad se acometieron las obras al tiempo que pensó Belluga en la necesidad de establecer unos núcleos de población en los territorios de las Pías Fundaciones, y así en 1729 se fundó San Felipe Neri y en 1741 estaban también adelantadas las Villas de Dolores y San Fulgencio.

Realmente en estas zonas pantanosas el río transcurría por la zona más baja (zona actual de Dolores y Almoradí), pero a los efectos de sanear las mismas y poder dominar por gravedad las

* Confederación Hidrológica del Segura.

** E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

nuevas tierras de cultivo que, se obtenían de la desecación, se procedió al desvío del río a su cauce actual a una cota superior confinándolo en un cauce artificial, creado en su mayoría a base de terraplenes que han tomado en la zona el nombre de «motas» del río.

El río actual es pues un cauce artificial, que discurre al Este de la zona más baja con una pendiente muy pequeña, lo que ha propiciado que los sedimentos sean muy limosos y no admitiendo cimentación directa sobre los mismos.

Desde el punto de vista geotécnico y vistos los sondeos calicatas y ensayos que hemos realizado al efecto podemos distinguir cuatro estratos:

1.º estrato de tierra vegetal en las zonas de cultivos

2.º estrato de arcilla marrón de alta plasticidad de consistencia media a muy firme.

3.º estrato de arcilla gris oscura, a veces orgánica de consistencia muy blanda a media.

4.º estrato de limos y arenas limosas de muy flojas a densas.

La cimentación directa sólo sería posible en el cuarto estrato, pero ello, dada la potencia de los estratos anteriores, no es posible, por lo que nuestra zona de trabajo ha sido en el segundo, que tiene los siguientes parámetros geotécnicos:

	Menor	Mayor	Media
Límite líquido	45	60	53
Límite plástico			21
Índice de plasticidad	29	38	33
Clasificación de Casagrande USCS			CH
Resistencia a compresión simple			
q_u (Kg/cm ²)	0,9	3,1	1,6
S. T. P. (golpes/30 cm)	7	10	8
Módulo Edométrico Cc			
Densidad húmeda (t/m ³)	1,94	2,09	2,00
Densidad seca (t/m ³)	1,54	1,68	1,60
Humedad (%)	21	29	25

Modelo de cálculo

Utilizando los datos geotécnicos anteriores se ha calculado por el método de Bishop modificado una sección tipo del río, correspondiente a la de resistencia al corte mínima hallada en los ensayos de 9 T/m² y tulades extremos. En los cálculos correspondientes se llegaron a las siguientes conclusiones:

■ La estabilidad de la sección es muy sensible a la resistencia al corte del material del pie del talud en unos 50 cm aproximadamente del mismo, pues los círculos críticos de deslizamiento pasan por él.

■ Dada la geometría de la sección calculada y los valores del rozamiento tomados, los coeficientes de seguridad son poco sensibles las hipótesis formuladas sobre las presiones intersticiales.

■ La sección en condiciones normales y sin saturar con una cohesión de 9 T/m² resulta estable con un coeficiente de seguridad de 3,5.

■ Las roturas que se producen, contrastadas con las ocurridas en la realidad, son debidas a tres motivos:

• Pérdida de la resistencia al corte de las arcillas por saturación.

• Erosión del material por la velocidad de las aguas superiores a 1 m/seg. al igual que ocurre con el vertido sobre coronación en una presa de materiales sueltos y

• Sifonamiento de la sección por la incorporación de las aguas al cauce fluvial.

En cuanto a la pérdida de la cohesión en las arcillas por saturación, los limoarcillas del grupo CH, de la clasificación de Casagrande, que es nuestro caso, tienen una pérdida de su cohesión al saturarse. Sin saturar ésta sabemos que es de media 10,5 T/m² pasando a ser del orden de 1,1 T/m² con un ángulo de rozamiento interno de $\phi = 0,35$ al mojarse. Los cálculos realizados con la sección tipo demuestran la inestabilidad del talud para una resistencia al corte crítica de 2,5 T/m², como se puede ver en la siguiente tabla que demuestra una relación lineal:

Cohesión T/m ²	Coeficiente de Seguridad
9	3,5
5	2
2,5	1
2	0,8
0,6	0,2

De aquí las roturas típicas y más importantes que se producen, precisamente después de las avenidas, que han saturado arcillas de las motas.

En cuanto a los sifonamientos, como tipo extremo de pérdida de cohesión, se han producido casos espectaculares (como el ocurrido en el año 89 al sifonarse el material inferior contenido por un antiguo muro de mampostería bajando el terreno como un auténtico «sufflé», o en el año 87 que sifonó la base de unos antiguos gaviones sobre los que habíamos construido unos muros.

En todo caso han sido sifonamientos que, van desde el pie del talud a dos metros por debajo del mismo, debido a la poca permeabilidad del material, y siempre en las zonas de drenaje de los terrenos adyacentes al río, por lo que las roturas se han producido por fallos en el cimiento, al sifonarse una masa respetable del terreno o bien como se observó en el modelo de cálculo por la disminución de la resistencia al corte del terreno en la zona del pie del talud, que resulta la zona más sensible para la estabilidad, volviéndose inseguros los taludes para una cohesión crítica de 6 T/m² como se puede ver en el siguiente cuadro:

Cohesión T/m ²	Coeficiente de Seguridad
9	1,6
8	1,4
6	1
2,5	0,6

Se observa pues que a pesar de un ligero sifonamiento, en condiciones normales y con el material saturado, el talud resulta estable, pero en el caso de una avenida tras la saturación del mismo y sin considerar el posible aumento del sifonamiento que supone en esos momentos el drenaje del agua, el talud se vuelve inestable por la pérdida de cohesión mucho antes que si no existiera sifonamiento.

Roturas y actuaciones durante la avenida

Durante la riada las actuaciones llevadas a cabo son siempre peligrosas y no necesariamente exentas de accidentes. No obstante el quebranto económico que puede traer consigo un desbordamiento justifica las mismas.

Tradicionalmente las actuaciones se realizan a lo largo de todo el cauce, hasta que se produce la rotura o desbordamiento en un determinado punto, produciéndose entonces un llano de inundación que lamina la avenida y libera del peligro a los restantes puntos.

En el caso de la Vega Baja son especialmente importantes las actuaciones en la Margen Izquierda puesto que como hemos dicho aquí el río no transcurre por el punto más bajo, y una rotura en esta margen puede provocar la inundación de poblaciones importantes como Dolores, Almoradí o San Fulgencio.

Las roturas se producen en este caso por erosión de los posibles caudales que, se desbordan transversalmente al cauce lo que debilita el terraplén pudiéndose llegar al colapso del mismo. Por ello las actuaciones que se vienen llevando a cabo son las siguientes:

— Eliminación de elementos flotantes en puentes y secciones críticas

Durante la riada las aguas erosionan y transportan, todo aquello que encuentran dentro del cauce. Especialmente se produce el arrastre de cañas que se entrelazan entre sí y al flotar constituyen lo que popularmente se denomina «bardomera».

Las bardomeras y demás flotantes tienden a taponar los pasos de los puentes disminuyendo la sección del agua, y por tanto tienden a desbordarse.

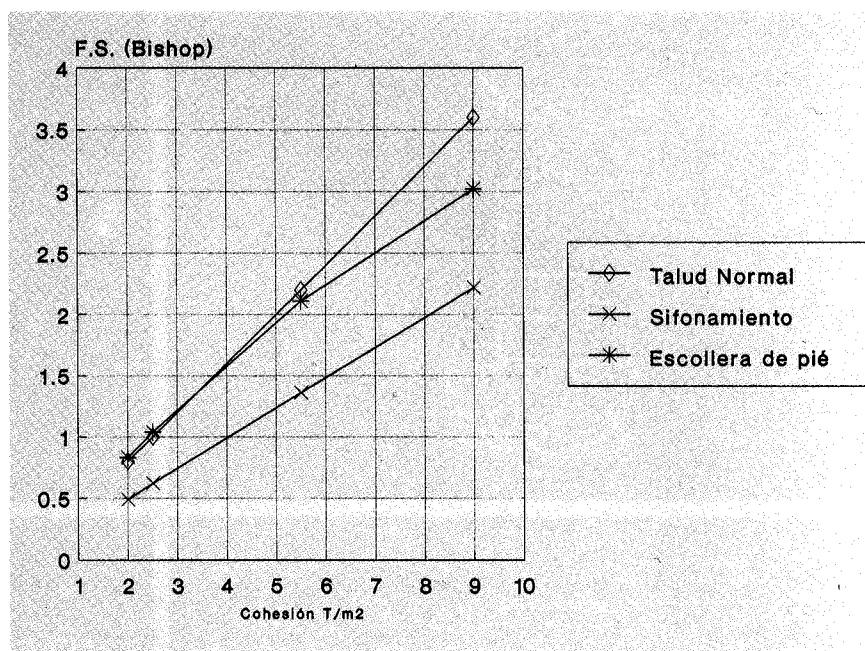
Para evitar ésto, son ya tradicionales en esta cuenta, la disposición de retroexcavadoras y dragalinas que ayudadas o no por una flota de camiones, sacan los flotantes al exterior.

— Elevación de las motas

Para evitar el desbordamiento y por tanto la erosión se pretende sobrelevar las motas que se encuentran a cota inferior de las restantes. Ello se realiza por medios humanos o mecánicos.

De tiempo inmemorial se han empleado sacos terrenos que transportados a hombros permiten apilarlos en zonas donde no es posible el acceso de maquinaria. En estos casos es necesario prever con antelación los sacos a utilizar y los préstamos que sirven para su relleno, siendo necesario para su efectividad gran cantidad de mano de obra normalmente voluntaria.

En las zonas en que es posible el uso de maquinaria, ésta procede al levantamiento de un cor-



dón de tierras utilizando a veces el material de la parte posterior del terraplén.

Estabilidad de taludes.

En ambos casos como se trata de la parte superior de la mota, en donde la presión del agua es pequeña, no se necesitan secciones transversales robustas ya que la altura sobreelevada raramente supera el metro.

— Reforzamiento de secciones

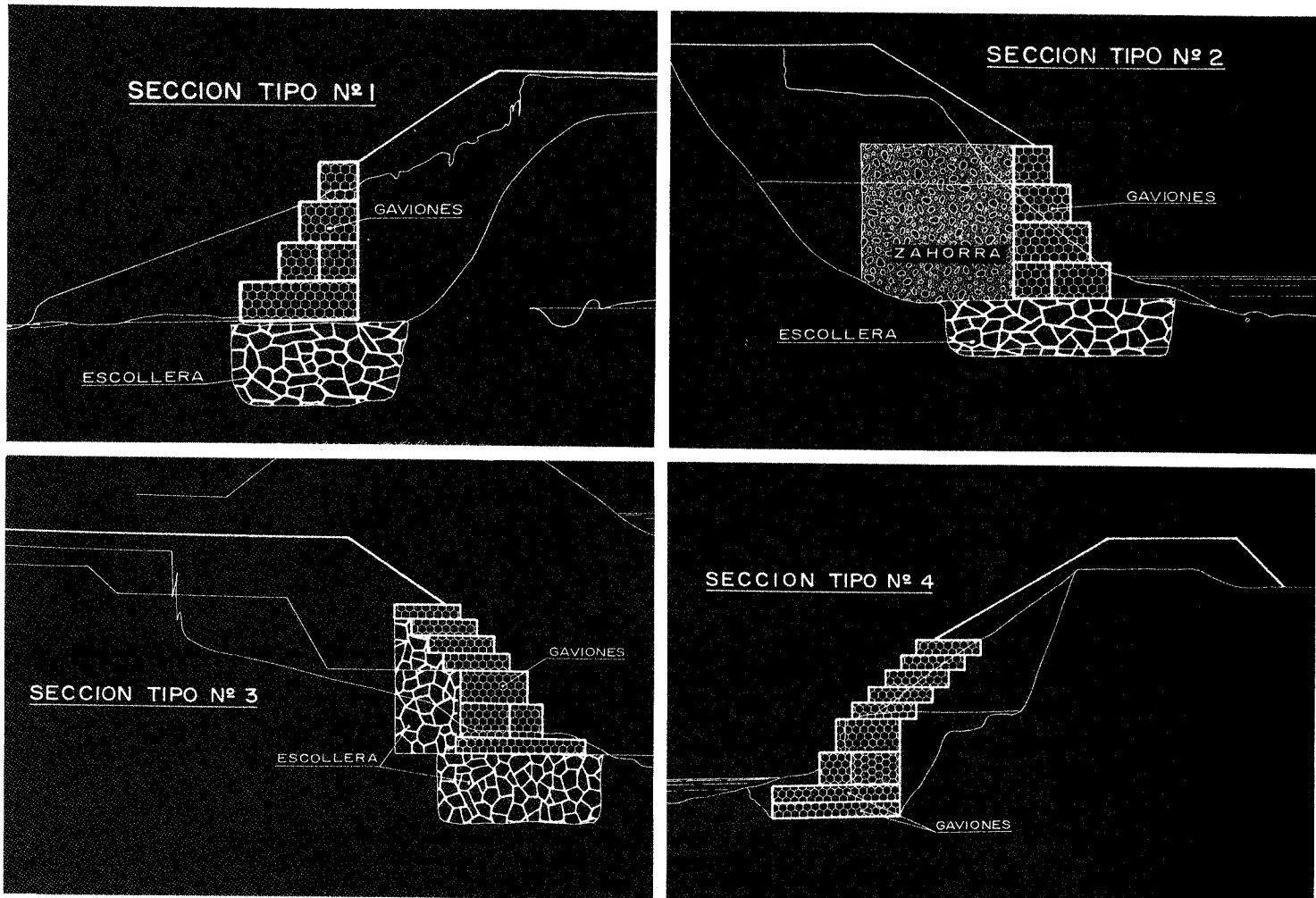
En aquellas zonas donde no es posible llegar a la parte superior del terraplén, bien por lo estrecho de éste por haber edificaciones en la coronación del mismo o por la falta de accesos las actuaciones se realizan por el trasdós o por la parte exterior de las construcciones, reforzando las mismas para evitar la erosión.

— Taponamiento de Brechas

Cuando los esfuerzos anteriores no han tenido éxito o no se ha actuado a tiempo produciéndose la erosión del terraplén, formándose entonces una rotura, se recurre en último lugar a este tipo de actuación.

Si importante costo las hace únicamente justificables cuando los daños ocasionados sean cuantiosos como en el caso de una rotura de la margen izquierda.

Estas actuaciones son únicamente cuando se dispone de medios mecánicos, por lo que es del todo necesario disponer de un camino de acceso a la mota, o bien poder construir el mismo, al menos en uno de los lados de la rotura. Teniendo especial cuidado en el mantenimiento de los accesos para una evacuación en caso de peligro o garantizar el transporte de material a la rotura. Se trata de tajos de trabajo que deben de estar muy bien organizados sin descuidar en ningún momento el tema de la seguridad, consistente en taponar el agujero mediante el empleo de escollera y zahorra, lo ideal es disponer de dos unidades de trabajo, una a cada lado de la rotura, puesto que en los casos de no tener acceso nada más que a una de ellas, según se va aportando nuevo mate-



Secciones tipo 1, 2, 3, y 4.

rial la erosión deshace la margen de la rotura no controlada ampliándose ésta. Se trata entonces de un trabajo tedioso y contrareloj en el que se debe aportar más material que el erosionado, haciéndose el trabajo más peligroso al tener que pasar la maquinaria por encima del nuevo material.

Estas soluciones no llegan en todo caso a eliminar totalmente el caudal filtrado y en todo caso, la rotura debe ser arreglada posteriormente.

Roturas y actuaciones después de la avenida

Los mayores destrozos en el cauce se producen al bajar el nivel de las aguas por los mecanismos antes expuestos de pérdida de cohesión y sifonamiento.

A éstos hay que añadir otros dos motivos de roturas:

- La erosión longitudinal de los taludes interiores del río de las nuevas secciones construidas, en las que no ha dado tiempo al crecimiento de raíces de las cañas que lo evitan.
- Las roturas provocadas por particulares que rebajan la coronación de las motas una vez bajo el río a su nivel ordinario, para facilitar el drenaje de sus fincas. Ello provoca un caudal que bien por

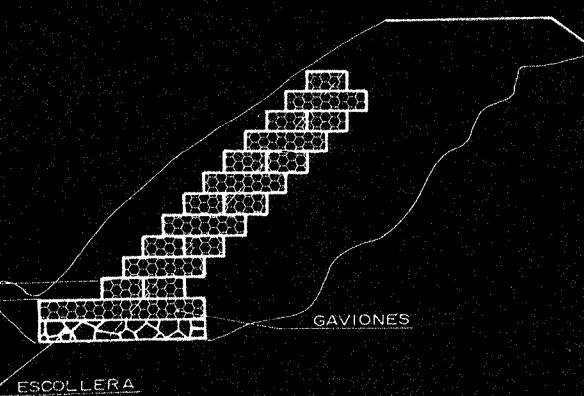
erosión o por el mecanismo sifonamiento-reducción de cohesión provoca el colapso total de la sección.

La labor de la Confederación ha consistido en la reparación de estas roturas, lo que nos ha permitido disponer en este tiempo de un laboratorio a escala natural para ensayar distintas soluciones. De hecho, al estar realizándose ahora las obras definitivas de encauzamiento, que en algunas ocasiones abandonan el cauce antiguo, estamos en disposición de desmontar estas reparaciones para analizar su funcionamiento.

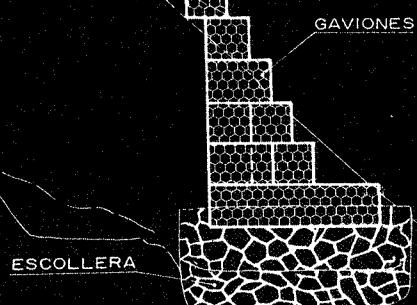
En principio, como se trata de actuaciones aisladas unas de otras no hemos realizado ninguna corrección del cauce fluvial; lo que por otra parte consideramos debe de ser llevado a cabo tras estudios detenidos en los que (según nuestra experiencia en la corrección de la rambla de Minateda en la riada del 82) se deben de modelizar no sólo las condiciones superficiales sino también las del subsuelo, estudiando detenidamente algunos fenómenos que hemos observado como son el depósito de material en la parte convexa de las curvas del río y la erosión en las cóncavas.

Las soluciones clásicas dadas hasta el momento a las roturas se adaptan a la que se puede apreciar en la sección tipo número 16 de la construcción de un muro de gaviones cimentado sobre pilotes.

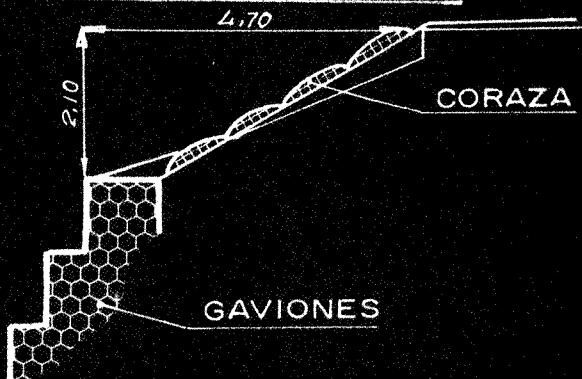
SECCION TIPO N° 5



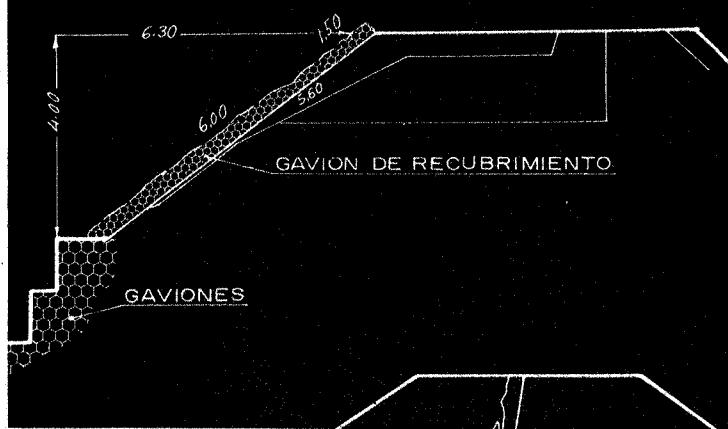
SECCION TIPO N° 7



SECCION TIPO N° 8



SECCION TIPO N° 9



SECCION TIPO N° 10

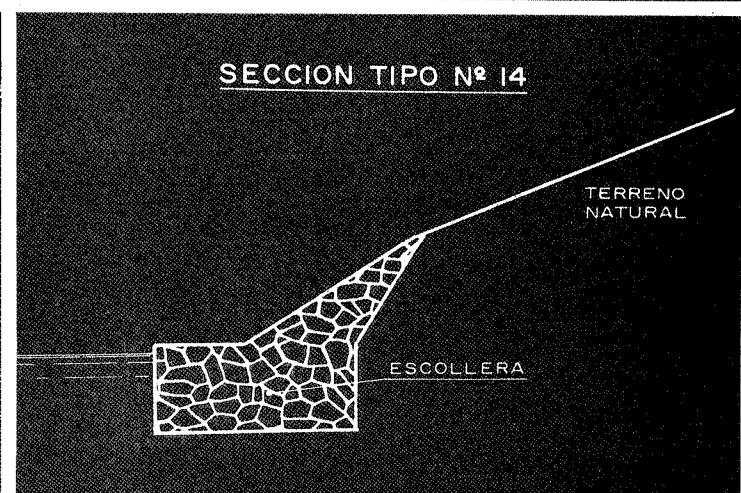
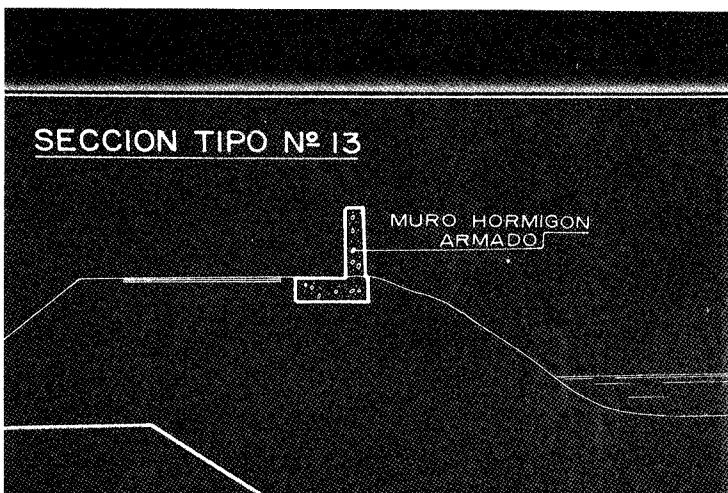
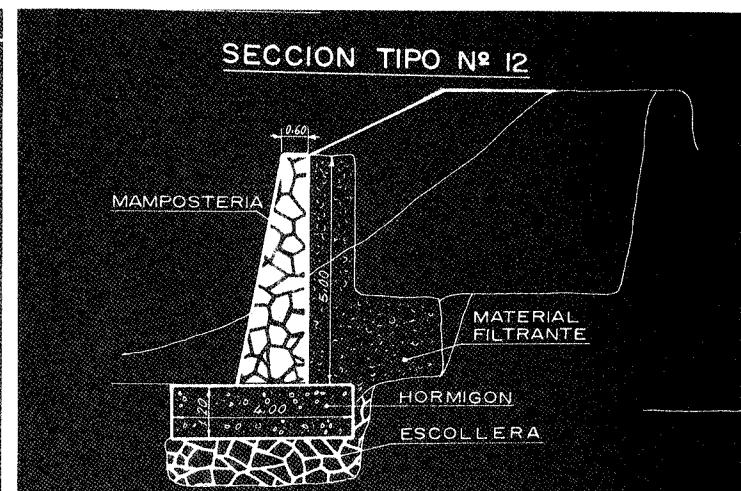
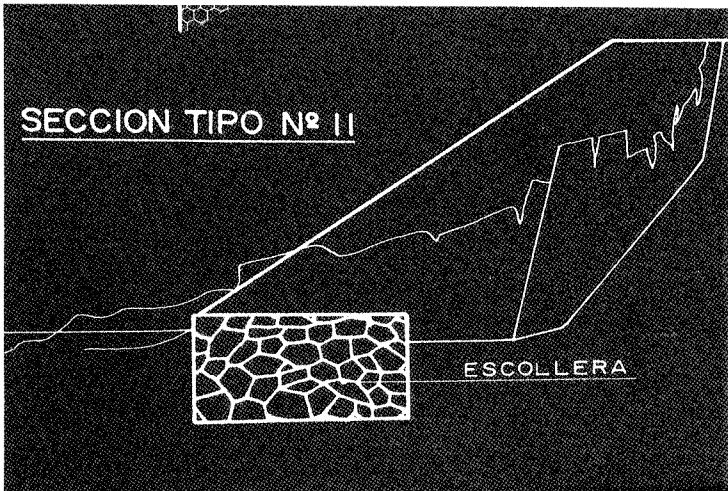


Según el modelo desarrollado ésta no era la solución idónea por lo que (a pesar de haber reparado muchas secciones con distintas soluciones de gabiones para comparar otros tipos de cimentaciones diferentes del pilotaje «clásico», que se supone trasmite las cargas a capas más profundas —como las secciones 1 a 7, así como para estudiar su funcionamiento ante posibles sifonamientos—

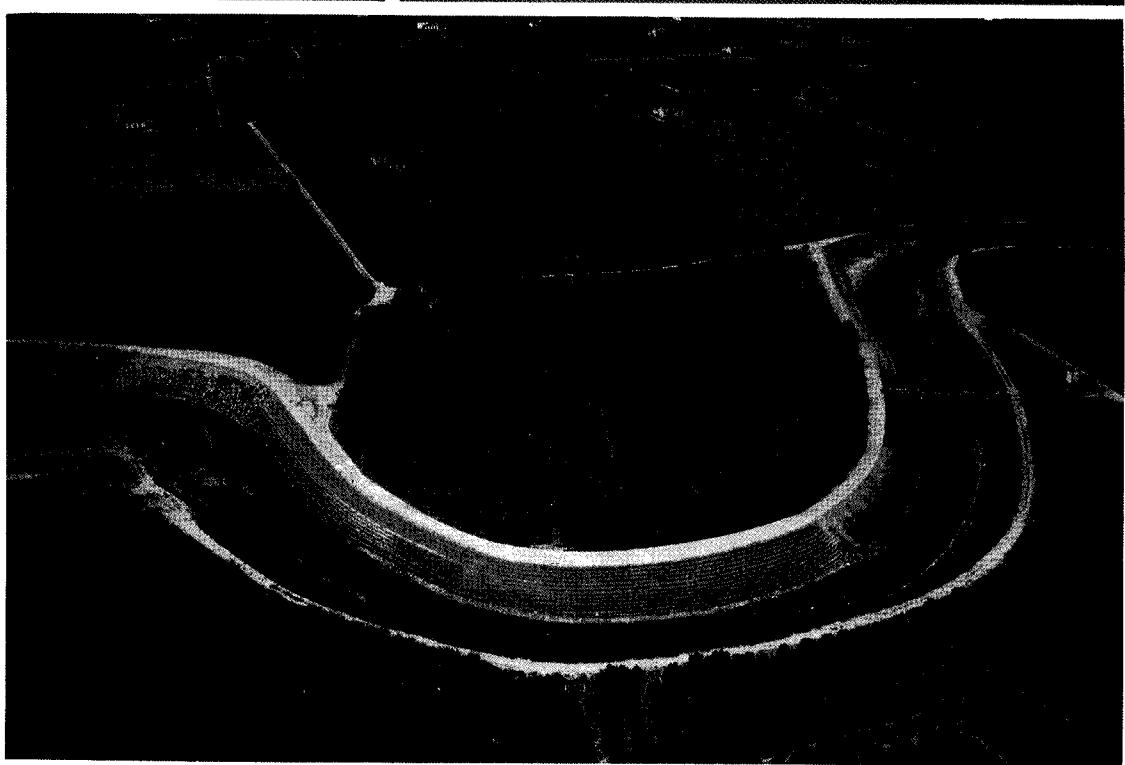
tos y drenajes) dependiendo de cada situación particular, hemos introducido otro tipo de soluciones más acordes con el modelo y el método constructivo.

El método constructivo empleado en las reparaciones consiste en extraer el material deslizado por medios mecánicos dejando parte de la mota sana que proteja de una eventual avenida durante

Secciones tipo 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

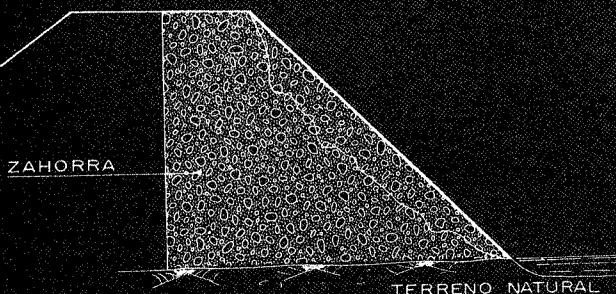


**Secciones tipo 11, 12,
13 y 14.**

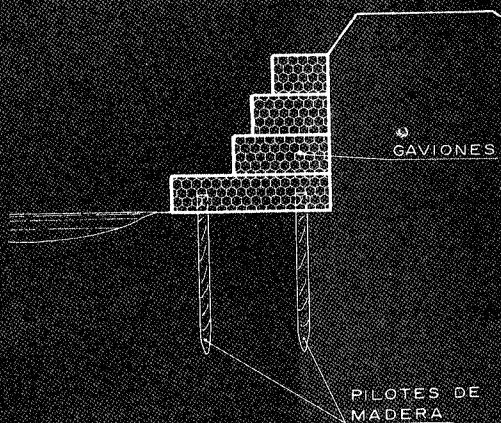


**Meandro típico ya
protagido.**

SECCION TIPO N° 15



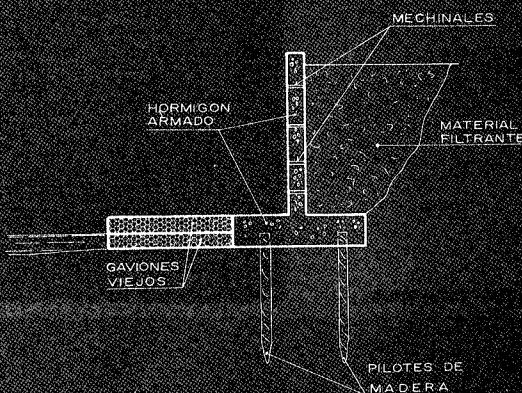
SECCION TIPO N° 16



SECCION TIPO N° 17



SECCION TIPO N° 18



la reparación. En esta operación estamos en disposición de disponer de una máquina al pie del talud la cual procede a construir una ataguía longitudinal que permita trabajar en seco, evitando las aguas que cursan el río. A continuación se reposne el material extraído utilizando el método más adecuado dependiendo del nuevo material de la solución adoptada.

De acuerdo con el modelo y los resultados obtenidos con la experiencia de distintas cimentaciones, optamos finalmente por la solución más sencilla existente en sustituir el material colapsable, por otro que no lo fuese, como la zahorra artificial según la sección tipo n.º 15. Esta ha dado excelentes resultados en aquellas zonas en donde el avenamiento de las aguas no es capaz de producir el arrastre del material en la zona sifonable, es la solución más económica e idónea cuando se tiene la certeza de que no se va a presentar este fenómeno.

En las zonas en donde existe esta posibilidad, que no son siempre fáciles de advertir, por estar enmascarado el sistema de drenaje y por la posible aceleración del fenómeno por la actuación de roedores, es necesario adoptar otra disposición ya que la sección puede ser inestable. En estos casos hemos optado también por la sustitución del material de la zona sifonalbe, excavando ahora una caja por debajo del cauce del río en una pro-

fundidad de 2 m. y una anchura de 4 m. que se rellena con escollera como son las secciones tipos números 11 y 14.

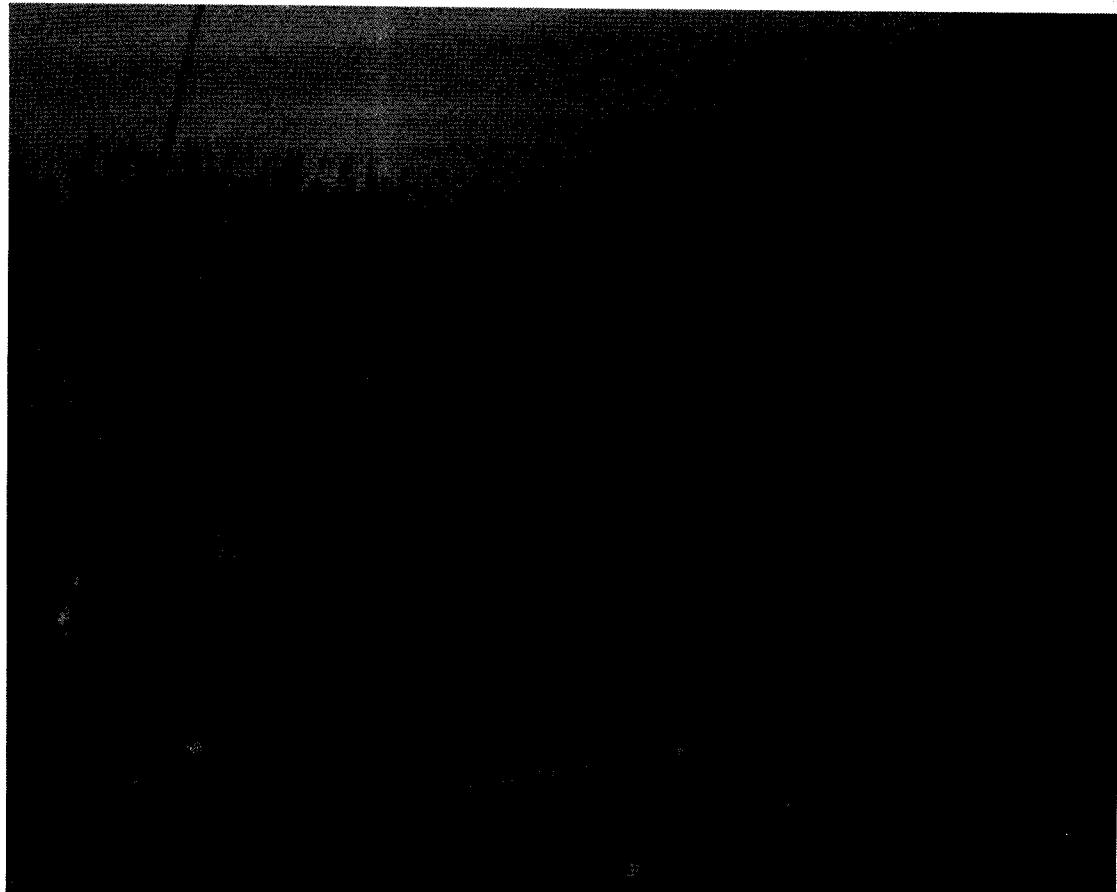
Este nuevo pie de talud resulta fundamental para la estabilidad de las secciones con problemas de sifonamiento, por las siguientes razones:

- Aumenta la permeabilidad reduciendo de esta manera las presiones intersticiales, con lo que se reduce la fuerza de arrastre del material. Asimismo se mantiene la zona de desagüe no trasladándose ésta de lugar, produciendo así un nuevo fallo en otro sitio.
- La zona sifonable ha sido sustituida por un elemento que ya no lo es, por lo que no es posible el colapso por fallo en la cimentación.
- Se produce un mejor reparto de las cargas transmitidas a la cimentación absorviéndose mejor los posibles asientos que se produzcan.
- Considerando la resistencia al corte de las escolleras según el modelo propuesto por Nik Barton y Bjorn Kaernsli en el Journal of Geotechnical Engineering del ASCE de julio de 1981 (Shear strength of rockfill) en nuestro propio modelo, aunque ello no sea fundamental, se reduce la cohesión crítica de colapso de $2,5 \text{ T/m}^2$ a 2 T/m^2 .

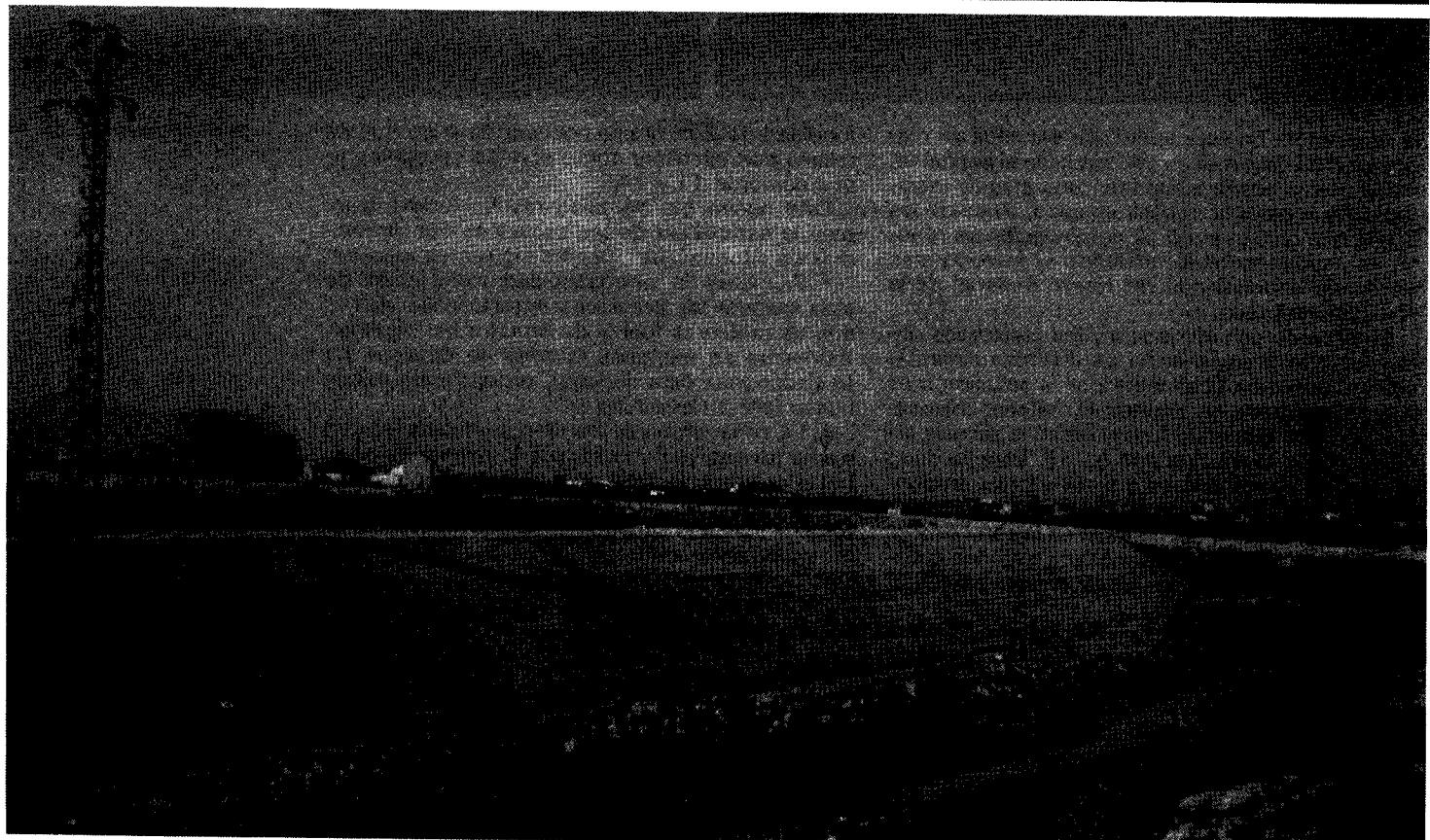
De aquí el empleo de esta caja en todas las soluciones de gaviones utilizadas (secciones 1 a 7) así como en los muros (sección 12), en donde por

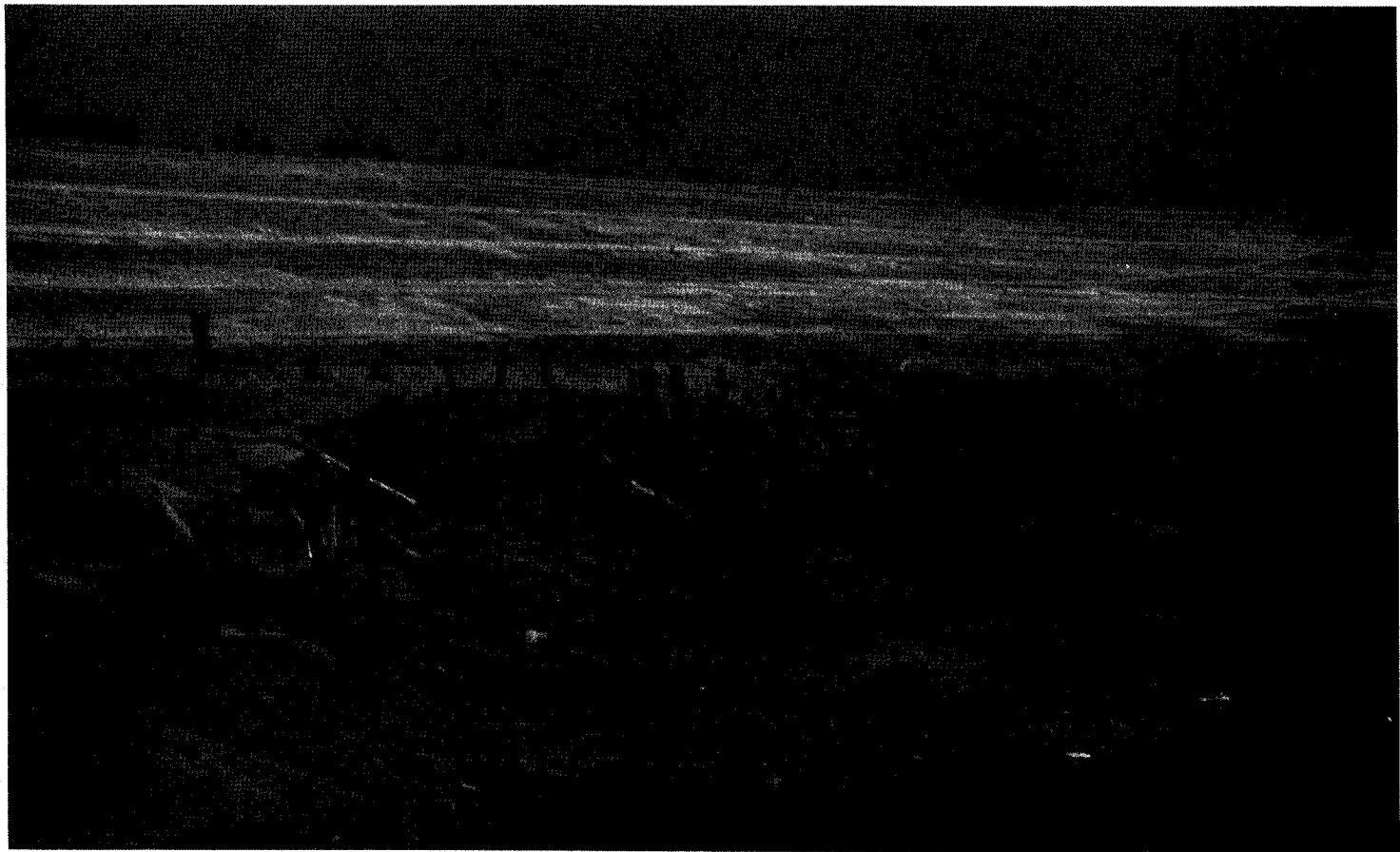
Secciones tipo 15, 16, 17 y 18.

Talud deslizado.



El mismo talud arreglado.





condiciones de espacio no se emplearon gaviones.

Los gaviones han sido modelizados introduciendo la capa correspondiente con sus características geotécnicas. Obligando las mallas de triple torsión a que los círculos sean profundos, como se hace en el caso de pilotes.

En los casos de reparaciones antiguas llevadas a cabo con la solución clásica (sección 16), normalmente realizadas en zonas que rompieron por la acción del sifonamiento por el avenamiento de las aguas, que carecen de esta caja, se ha detectado con el paso del tiempo la reproducción del fenómeno con el hundimiento de los gaviones a pesar de su pilotaje, debido principalmente a su deformabilidad. Una experiencia asociada a este fenómeno es la que realizamos y se ve en la sección tipo n.º 18, en la que construimos el único muro existente de hormigón armado con una cimentación rígida sobre pilotes que hasta el momento se ha comportado perfectamente, si bien no se trata de una zona de avenamiento.

Uno de los primeros defectos detectados en el transcurso de avenidas posteriores a las reparaciones es, la rotura normalmente inmediatamente aguas abajo y en la parte superior, de las reposiciones realizadas con una rigidez mayor, como el caso de gaviones y muros, a pesar de llevar estas reparaciones hasta secciones sanas de la mota.

Ello puede ser debido precisamente a esta diferencia de rigidez y a los posibles asientos diferenciales así como al cambio de rugosidad, que

dan lugar a fisuras que fomentan el sifonamiento y la erosión ya que se han dado en la M. I. donde el gradiente hidráulico es mayor. La solución empleada ha sido, la transición de una zona a otra mediante una pequeña zona de escollera de unos 4 m. con lo que el fenómeno no ha vuelto a presentarse.

Otro tipo de actuaciones llevadas a cabo, pero desligadas de las anteriores, han sido la construcción de pretilles y defensas de la erosión.

Como una continuación perenne del recrecimiento de las motas más bajas con sacos terrosos, sobre todo en zonas pobladas, se ha recurrido a soluciones baratas como la construcción de pretilles en lugar de muros de cimentación profunda, como las de las secciones tipo 10, 13 y 17. Estas soluciones no están libres del deslizamiento por unos círculos profundos, pero no obstante, éstos no se han producido en ningún caso, dando excelentes resultados en las primeras avenidas, por lo que hemos prodigado su uso.

Finalmente para evitar los fenómenos de erosión de los taludes, en los que no han arraigado cañas que la eviten, dado el corto período de recurrencia que hemos tenido, hemos ensayado soluciones como gaviones de recubrimiento (sección n.º 9) o corazas (sección n.º 8) no recurriendo a la solución de la sección n.º 19 de prefabricados, como se ha hecho en otros casos, por emplear mucha mano de obra. Estas soluciones empleadas el último año, no han podido ser probadas todavía al no haberse producido ninguna avenida.

***Talud deslizado
estabilizado
provisionalmente con
pilotes.***

Secciones	Año 1986	Año 1987	Año 1988	Año 1989
Tipo 1		444	256	288
Tipo 2		96,50		
Tipo 3			95	107
Tipo 4	500		330	
Tipo 5	480	62	23	
Tipo 6		62		102
Tipo 7	50			
Tipo 8				260
Tipo 9				414
Tipo 10		99		116
Tipo 11			472	823
Tipo 12	30		151	
Tipo 13		90	100	331
Tipo 14		200	665	462
Tipo 15	480	35		490
Tipo 16				
Tipo 17				171
Tipo 18	630			
Recrecimiento	6580	560	830	2950
Dragado de cauce	4910	2200	1750	1800

Conclusiones

Vistas las experiencias acumuladas podemos pues formular las siguientes conclusiones:

Dado que la solución de gaviones, a pesar de dar buenos resultados, es más cara por el empleo de una mayor mano de obra y no se ajusta al modelo empleado, sino dotado de una caja de escollera, y a pesar de que es una solución más estética en un principio puesto que, con los depósitos de las avenidas posteriores desaparecen de la vista, no la consideramos apropiada. Desechando por supuesto la solución clásica (sección tipo n.º 16) pues no se ajusta al modelo y ha probado su infiabilidad con el tiempo.

- La solución a emplear en los casos en los que se asegure la inexistencia de sifonamientos, sería la de la sección tipo 15.
- En aquellos casos en que, por razones de espacio, no es posible la construcción de una mota completa, es aconsejable el uso de muros de mampostería u hormigón como los de la sección tipo n.º 12.
- En los casos de posible sifonamiento es necesario el empleo de una caja de escollera.
- Las transiciones de reparaciones más rígidas y con gradiente hidráulico alto, deben de realizarse con escollera.
- En zonas pobladas es posible el recrecimiento de las motas mediante el uso de pretilles.
- Desechamos el empleo de pilotes puesto que en todo caso estos deben de ser colocados en medio del talud, con los inconvenientes que eso supone, así como el empleo de filtros en lugar de escollera, puesto que es necesario realizar la misma caja de excavación.

Finalmente en el cuadro adjunto se puede ver el

volumen de obra (medido en metros lineales de margen) correspondiente a cada tipo de solución, y su evolución en el tiempo según los resultados obtenidos en etapas anteriores. ■

Bibliografía

- MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA. KARL TERZAGUI y RALPH B. PECK Editorial EL ATENEO 1954.
- NIK BARTOM y BJORN KJAERNESLI. Journal of Geotechnical Engineering del ASCE Julio 1981.
- DESIGN OF SMALL DAMS. Bureau of Reclamation.
- EXPERIENCIAS EN LA REPARACION DE CANALES CON MATERIALES NO CONVENCIONALES. Barbany, Núñez Maestro, Sancho Marco ponencia sobre la reparación de obras de Hormigón. Barcelona 1991.
- EL CARDENAL BELLUGA. «Su vida y obra». Joaquín Baquena. Institutos de estudios históricos de la Universidad de Murcia. 1935.
- STABR A COMPUTER PROGRAM FOR SLOPE STABILITY ANALYSIS WITH CIRCULAR SLIP SURFACES, by J. M. Duncan and Kai Sin Wong. Virginia Polytechnic Institute and State University. Departament of Civil Engineering. Geotechnical Engineering 104 Patton Hall Virginia Tech Blacksburg, VA 24061.
- SLOPE A COMPUTER PROGRAM FOR SLOPE STABILITY ANALYSIS WITH NON CIRCULAR SLIP SURFACES, by J. M. Duncan and Kai Sin Wong. Virginia Polytechnic Institute and State University. Department of Civil Engineering. Geotechnical Engineering 104 Patton Hall Virginia Tech Blacksburg, VA 24061.
- FEDAM 84 A COMPUTER PROGRAM FOR FINITE ELEMENT ANALYSIS OF DAMS, by J. M. Duncan, R. B. Seed, K. S. Wong and Y. Ozawa Research Report N.º SU/GT/84-93 Stardford University Virginia Polytechnical Institute and State University. Departament of Civil Engineering. Geotechnical Engineering 104 Patton Hall Virginia Tech Blacksburg, VA 24061.
- GEOTECNIA Y CIMENTOS. J. A. Jiménez Salas, J. L. de Justos Alpañés, A. A. Serrano.