



Mejora de presas existentes

Improving existing dams

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Fernando Girón Caro. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vocal Titular del Comité Nacional Español de Grandes Presas. fgironcaro@telefonica.net
Fernando Vázquez Brea. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Empresa Municipal Aguas de Sevilla S.A. fvazquez@emasesa.com

Resumen: Se describen en el artículo el desarrollo de la sesión y las principales conclusiones expuestas en el Informe del Relator General de la misma.

Palabras Clave: Mantenimiento; Rehabilitación; Mejoras estructurales; Refuerzos; Recrecimientos; Riesgos hidrológicos; Riesgos sísmicos

Abstract: The paper describes how the session was developed and the main conclusions of the General Report.

Keywords: Safety; Maintenance; Rehabilitation; Structural improvements; Reinforcements; Regrowth; Hydrological risks; Seismic risks

1. Antecedentes

La cuestión Q-90, dedicada a la mejora de presas existentes fue uno de los cuatro temas seleccionados para el XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado en Brasilia a finales del mes de Mayo de 2009.

Tomando como base el contenido de la presentación realizada por la relator general, Dra. María Bartsch, Dam Safety Officer en Suecia, se presenta a continuación un resumen, donde se expone el estado general del arte relativo a esta cuestión y el contenido de las principales aportaciones, así como un análisis del estado de la cuestión en nuestro país a la vista de las aportaciones realizadas por la delegación española en las ó (seis) ponencias presentadas sobre un total de 58 (cincuenta y ocho).

2. Análisis general

El contenido de lo tratado en el conjunto de las comunicaciones se puede agrupar en los tres apartados clásicos en los que se clasifica la explotación en un sentido amplio y que son: Mantenimiento, Rehabilitación y

Mejora. Entendiendo por tales conceptos los ya definidos por La Comisión Internacional de Grande Presas (ICOLD) en su boletín nº 119 y cuya definición recordamos:

- **Mantenimiento:** Trabajos necesarios para que la instalación permanezca en buen estado de funcionamiento.
- **Rehabilitación:** Trabajos necesarios para devolver a la instalación las características que tenía cuando se puso en servicio.
- **Mejora:** Trabajos necesarios para obtener una mayor prestación o beneficio de una instalación ya existente y en estado de servicio.

Numerosas cuestiones tratadas en anteriores congresos han incluido estos temas de forma directa o indirecta, y aunque diversos autores omiten toda referencia a esta clasificación, no por eso su contenido se aparta del fin último que no es otro, que La Mejora del Comportamiento de la Presa.

En este sentido las cuestiones Q- 59,65,68,70,71,79,82, 83,84,85,86 y 87, tratadas en otros congresos contienen aportaciones varias sobre: la evaluación y gestión de avenidas, la seguridad de presas, la gestión de impac-

tos ambientales , aspectos sísmicos de las presas, envejecimiento y rehabilitación de hormigones, etc.etc.. Todas ellas relacionadas con las cuestiones técnicas habituales en los congresos de ICOLD.

Por todo lo expuesto, La Relator General, expresa su deseo de tratar la cuestión "Mejora de las presas existentes" de una forma global tratando de orientar al lector e indicarle las tendencias actuales en su conjunto y especialmente relacionadas con la Mejora de las presas y sus instalaciones..

Resulta interesante destacar que la mayoría de las ponencias se refieren a presas de hormigón (24) frente a las de materiales sueltos (16). Así mismo, se puso de manifiesto la preocupación por los trabajos desarrollados sobre las estructuras hidráulicas, aliviaderos, desagües y tomas, con un total de 21 aportaciones, a las que hay que añadir cuatro relacionadas con la cimentación.

Si diferenciamos entre el tipo de obra a mejorar y entre el objetivo primero de la mejora, obtenemos las tablas 1 y 2.

La razón primera de las actuaciones de Mejora en las Presas es la seguridad.

Las estadísticas basadas en la historia de las presas pone de manifiesto la posibilidad de que cada año se produzca el fallo de una o varias presas en el mundo, fallos que se acentúan con el envejecimiento de las mismas. Así pues, la seguridad es y debe ser la causa primera que motive La Mejora de nuestras presas (mejora, rehabilitación o mantenimiento).

Pero no solo el envejecimiento de la estructura motiva la mejora, si no que hay ciertos criterios técnicos que fueron el fundamento del calculo y diseño de dichas presas y que han quedado obsoletos o poco precisos, como consecuencia del progreso técnico y científico, tanto en los métodos y modelos utilizados, como en un mayor conocimiento hidrológico, geológico, de los materiales etc., razones de peso, todas ellas, para incluir a las presa de cierta edad en un proceso de revisión o de comprobación del grado de cumplimiento de las exigencias de seguridad con los métodos y conocimientos actuales..

El envejecimiento de las presas, de sus materiales y de sus equipos, incluidos los de auscultación, conduce inexorablemente a una pérdida de su fiabilidad, de forma que antes o después hay que realizar una intervención que será de tanta mayor magnitud cuando más tarde se acometa. Desde todos los puntos de vista, pero fundamentalmente desde los de la seguridad y economía es necesario y conveniente desarrollar:

- En Primer lugar trabajos de Mantenimiento encaminados a retrasar dicho deterioro lo más posible.
- En Segundo lugar los trabajos de Rehabilitación tan pronto como el Mantenimiento no sea suficiente para mantener la operatividad del sistema de forma segura.
- La Tercera causa de intervención sobre las presas existentes, La Mejora, deriva de otras consideracio-

Tabla 1.

| Tipo de obra a mejorar | Nº de artículos | Nº Q |
|------------------------------------|-----------------|--|
| Presas de materiales sueltos | 16 | 5,8,10,12,13,21,22,26,27,30,33,37,38,41,54,55 |
| Presas y obras de hormigón | 24 | 2,4,9,10,12,14,16,17,18,24,25,27,28,29,34,35,42,44,47,52,53,55,56,58 |
| Presas en mampostería | 2 | 31,32 |
| Elementos metálicos y obras anejas | 21 | 1,3,4,7,12,15,19,23,36,38,39,40,46,43,48,55,22,45,49,51,50 |
| Cimentaciones | 4 | 3,11,20,54 |

Tabla 2.

| Objetivo Principal de la Mejora | Nº de artículos | Nº Q |
|--|-----------------|---|
| Seguridad hidrológica insuficiente | 18 | 4,12,15,19,22,23,38,39,40,43,45,46,48,49,51,55,36 |
| Mejora de la estabilidad de la presa u obra aneja | 11 | 14,22,35,53,58,4,9,17,18,24,32 |
| Fugas en la presa o en la cimentación | 9 | 10,11,12,13,20,30,33,37,54 |
| Restauración estructural | 8 | 2,10,12,16,25,27,31,41 |
| Recrecimiento por capacidad de embalse o de aliviadero | 21 | 5,7,8,21,23,26,27,28,29,31,34,38,39,40,42,44,47,48,52,54,55 |
| Modificaciones por exigencias medioambientales | 3 | 1,6,50 |



nes a veces ajenas a la propia presa. Así es posible que se precise hacer un recrecimiento para tener una mayor capacidad de regulación, o para mejorar la explotación hidroeléctrica, o para ampliar la seguridad del cauce aguas abajo aumentando la capacidad de control y de laminación de avenidas, o bien para conseguir mejoras ambientales en el entorno del embalse o en el régimen de caudales aguas abajo.

Podemos ver, pues, que en última instancia, las razones para la Mejora de una presa se sitúan siempre en el ámbito de la seguridad y la mejora funcional-ambiental.

Si tenemos en cuenta que la seguridad de una presa se sustenta en tres pilares básicos que son:

- Un diseño y una construcción seguros
- Una explotación con mantenimiento y rehabilitación correctos, incluyendo el control y vigilancia.
- Planes de emergencia.

El primero de dichos pilares, en su vertiente de Mejora, engloba la actividad y el contenido de las ponencias de esta "Cuestión 90" y ello en el entendimiento de que un diseño y la posterior obra no es algo que pueda permanecer inmutable a lo largo del tiempo sino que precisa de las actuaciones necesarias que adapten la obra a las nuevas exigencias de la sociedad, tanto por razones de la demanda como por razones de seguridad como por motivos ambientales.

3. Clasificación de ponencias

Las ponencias presentadas pueden agruparse en varios grupos conceptualmente diferenciados, según el motivo de la Mejora, a saber:

A) SEGURIDAD

- Actuaciones encaminadas a la reducción de riesgos hidrológicos e hidráulicos (aumento de capacidad de alivio)
- Actuaciones encaminadas a la prevención de riesgos sísmicos.
- Refuerzo de presas de hormigón y mampostería
- Refuerzo de presas de materiales sueltos.

B) RECRECIMIENTO

C) DEMANDA MEDIOAMBIENTAL.

A) SEGURIDAD

• Reducción de riesgos hidrológicos e hidráulicos

Si tenemos en cuenta que un tercio de los accidentes de presas se produce porque éstas no son capaces de soportar, en condiciones de seguridad, caudales de avenida de cierta entidad, es lógico que sea éste uno de los temas más frecuentes entre las ponencias presentadas. La incorporación de nuevos datos de aforo a las series históricas, supone en muchos casos la comprobación de que los aliviaderos están mal dimensionados, por defecto o por exceso. En el primer caso es muy probable que se provoque un vertido por coronación, con los daños que esta circunstancia puede llegar a ocasionar, no solo en la propia presa sino sus consecuencias aguas abajo. Y en el segundo supone un riesgo para la población existente aguas abajo ante una falsa maniobra de compuertas.

A este respecto, la ponente general, Dra. Bartsch, expone que los aliviaderos de labio fijo son de mayor fiabilidad que los regulados por compuertas. Sin embargo, su uso no siempre es posible, ya sea por falta de espacio, ya porque se pretenda una mayor flexibilidad en la explotación. En el primer caso la solución viene de la mano de los aliviaderos de laberinto y de los aliviaderos fusibles. En el primer caso resulta especialmente interesante el artículo R-43 de Leite Ribeiro M. y otros, titulado "Hydraulics capacity improvement of existing spillways-design of piano key weirs" que aporta una serie de mejoras sobre el diseño convencional de los aliviaderos en laberinto, con dimensiones reducidas que permiten una fácil implantación en la coronación de las presas a reformar.

Cuatro ponencias se refirieron a los aliviaderos regulados por compuertas. De ellas cabe destacar la R-36 que presenta la reducción de carga de agua sobre el aliviadero principal pre-existente, dañado por la erosión, con la instalación de un segundo aliviadero lateral regulado por compuertas que además permitirá una mayor flexibilidad en la explotación (Toloshinov, A.V. y otros; "Reconstruction at the Sayano-Shushenskaya HPS: shore spillway.") Se trata de una solución que viene adoptándose con bastante frecuencia tanto en presas de nueva construcción, como en la reforma de las ya existentes.

La aplicación de nuevas normativas sobre las avenidas a considerar en proyecto, la ampliación de las series históricas con nuevos datos hidrológicos así como los nuevos procedimientos de cálculo, ponen de mani-



fiesto, a veces, la insuficiente capacidad de los aliviaderos de las presas existentes. Para resolver este problema cabe adoptar dos soluciones:

- Aumentar la capacidad de laminación, o sea el resguardo del embalse, imponiendo mayores restricciones a la explotación o haciendo el recreciendo de la presa.
- Modificación estructural de los aliviaderos existentes para aumentar su capacidad o disponer aliviaderos complementarios.

La imposición de restricciones de capacidad suelen ser caras, pues restan parte de los beneficios para los que se diseñó la presa. Por este motivo es más habitual la adopción de la segunda solución y en algunos casos una solución mixta. Así a la implantación de nuevas compuertas o nuevos aliviaderos con compuertas que hemos visto antes cabe añadir las siguientes reformas:

- Nuevos desagües intermedios y de fondo. De las seis ponencias presentadas por España, tres se refieren al aumento de la capacidad de evacuación por este medio. Destaca la aportación de Francisco, J.P. y Pérez-Cecilia, D.; "Implementation a new bottom outlet in Jarosa Dam, employment a túnel boeing machina without emptying the reservoir" (Figura 1).
- Soluciones de aliviaderos de labio fijo. Se presentaron tres ponencias de las que ya hemos citado el diseño "Plano Key Weir" para aliviaderos tipo laberinto.
- Instalación de aliviaderos auxiliares. Aunque los diseños más habituales han pasado hasta ahora por los clásicos aliviaderos de labio fijo acoplados en valles transversales a nuestro embalse, en los últimos años se ha desarrollado una tecnología basada en "aliviaderos fusibles". La tendencia actual considera tres tipos:
 - Los que podríamos llamar "erosionables" que suponen la rotura de una pared de hormigón, diseñada para romper ante una carga de agua superior a lo previsto. No es un sistema muy habitual por la reticencia lógica a un proceso no exactamente controlable.
 - Los "fusibles sumergibles" son los más usados, con cincuenta experiencias en todo el mundo y rangos de caudal que van desde 100 a 30.000 m³/s. Consisten en una estructura metálica con un contrapeso de hormigón. Al producirse la avenida ex-

trema, un pequeño embudo, situado a cota adecuada, introduce agua en una cámara situada bajo el contrapeso, empujándolo hacia arriba y permitiendo que la estructura vuelque y sea arrastrada por la riada.

- Los "fusibles de hormigón" consisten en masas de hormigón situadas sobre el aliviadero, de forma que, ante avenidas moderadas, el agua pasa por encima de ellas sin problema. Cuando el caudal supera determinado umbral, la velocidad aumenta y la masa de hormigón simplemente es removida, permitiendo el vertido normal por el aliviadero.

Cuatro son las ponencias que a este respecto se han presentado. Las dos primeras constituyen unas buenas guías para el diseño de este tipo de aliviadero (Lacroix, S y otro; "Engineering a fusegated spillway" y Kokahan H.T. y otros; "US experience with fusegates for spillway inadequacy remediation")

Interesante resulta la ponencia presentada por los españoles Cordero, Elvira y Mateos en la que se presenta una aportación sin duda singular: el sifón de flujo variable ajustable a la demanda o sea a las necesidades de evacuación determinadas por el nivel de embalse.

Una experiencia interesante es la aportada por los italianos Oldani, Gigli, Japelli y Maugliani que relatan los trabajos para control de la erosión iniciada tras el overtopping sufrido por un azud móvil, Isola Serafin, en el río Po.

• Reducción de riesgos sísmicos

El avance en el conocimiento, tanto de los fenómenos sísmicos, como en el comportamiento de los materiales y en la respuesta estructural de las presas. Ha motivado múltiples actuaciones de refuerzo y mejora de las presas existentes, con varias ponencias específicamente relativas a este asunto, y otras en las que interviene de forma notable.

Los terremotos plantean una serie de riesgos sobre las presas que podemos concretar en:

- a) Los temblores subterráneos provocan vibraciones en las presas, en sus equipos mecánicos, en su cimentación y en sus estribos.
- b) Los movimientos de falla en la cimentación causan distorsiones estructurales en el cuerpo de presa





Fig. 1. Fotografías de la ejecución del desagüe de fondo en la presa de la Jarosa (Canal de Isabel II).

- c) Los movimientos del fondo del vaso provocan ondas en el agua, reducción de resguardo y oscilaciones de masa actuantes sobre la presa.
- d) Aumenta el riesgo de deslizamientos/desprendimientos en las laderas del embalse

Es importante destacar como los equipos que quedan situados en la coronación se verán sometidos a vibraciones que pueden tener una amplificación de 10 veces la propia del terremoto, circunstancia que obliga a estudiar con detalle las soluciones estructurales en coronación..

Aunque, ya en la década de los años 30, era considerado en el diseño el comportamiento frente a terremotos, lo cierto es que la evolución alcanzada en la ingeniería sísmica, ciencia, por otro lado, aún muy joven, ha dejado obsoletos aquellos diseños. Resultan, pues, de gran interés todas las experiencias relativas a los daños y medidas correctoras, así como a la medida de aceleraciones y previsión del riesgo sísmico.

Las conclusiones de las seis (6) ponencias presentadas son las siguientes:

- a) Es importante que los análisis dinámicos incluyan varios parámetros conocidos de influencia en la respuesta de la presa y que los valores seleccionados estén basados o en datos de campo o de ensayos de laboratorio. (Chopra, A.K. y Nuss, L.K. "Seismic-safety evaluation and upgrading of arch dams")
- b) El coste adicional requerido para estos trabajos, además de afianzar el conocimiento, puede suponer un ahorro importante a la hora del diseño (mismo artículo).

- c) El análisis dinámico en dos dimensiones muestra como, en ocasiones, se han adoptado hipótesis demasiado pesimistas que, afortunadamente, hacen que la presa sea segura frente a sismos. El empleo de un modelo de elementos finitos puede ser el primer paso para comprobar la no necesidad de mejoras en presas existentes. (Noorzard, A. y Ghaemian M. "Upgrading of existing concrete dams against earthquakes")
- d) En las antiguas presas de mampostería, la presión intersticial y la subpresión tienen un considerable efecto negativo facilitando el deslizamiento (Safi, M y otros; "Safety evaluation of two historical masonry dams in Iran")

• **Refuerzo de presas de hormigón y mampostería**

El refuerzo de este tipo de presas viene causado por el envejecimiento de las estructuras, la aplicación de nuevos criterios de estabilidad o el análisis de riesgos sísmicos. Las experiencias aportadas se distribuyen en cuatro grupos: las que se refieren a la *cimentación*, las provocadas por *seguridad sísmica*, las de *estabilidad y estructurales* y las de *regeneración de los materiales*.

En cuanto al primer grupo, se han considerado cuatro apartados: el relacionado con la *subpresión*, el relacionado con las *pantallas impermeables* de pie de presa, el relativo a la *pérdida de resistencia de la roca de cimentación* y el generado por los casos de *erosión del cimiento por disolución*, lavado de diaclasas, etc. Aunque conlleva la aplicación de un modelo elástico-lineal para determinar el comportamiento de la presa, la ponencia presentada por Marcello, A y otros "Place



Moulin: Arch gravity dam deformations with high water levels”, presenta una interesante problemática de subpresiones, aumento de flujo de agua y pérdida de capacidad portante de la roca de la cimentación que se resolvió inicialmente con una campaña de inyectado. Sin embargo la solución perdió eficacia en pocos años. Un análisis de elementos finitos permitió comprobar que la reducción de filtraciones y subpresiones podía conseguirse con el efecto arco de las bandas superiores para lo cual se re-inyectaron las juntas de dichos arcos.

Dentro del grupo tercero, relativo a las experiencias relacionadas con la estabilidad y el comportamiento estructural, se incluyeron cuatro ponencias relativas a estabilidad. Cabe destacar la aportada por Suecia (Gustafsson, A. y otros; “Sliding stability of concrete gravity dams founded on rock”) Incluye la presentación de una guía para la verificación de la estabilidad frente al deslizamiento con algunas novedades, como es la estimación de la fiabilidad con el uso de coeficientes parciales de seguridad, el uso de cohesión entre el hormigón y el terreno y la consideración de posibles discontinuidades del cimiento. Dentro del análisis estructural, se presentaron otras tres ponencias.

El último de los grupos, la regeneración de hormigones. En ningún caso ha sido objeto principal de la ponencia, aunque si hay dos de ellas que se refieren a dicho problema. Una analiza el envejecimiento de la piedra de una presa de mampostería en Sri Lanka y otra en Rumanía, donde se ha realizado una labor de regeneración de hormigones afectados por reacciones alcali-árido (Bratianu, G. y otros; “Assessment concernig Dridu River Dam rehabilitation works”). Se recuerda que este tema fue extensamente debatido en la Q-82 del XXI congreso de Montreal en el año 2003.

• Refuerzo de presas de materiales sueltos

Los modos de fallo principales de este tipo de presas se pueden resumir en:

- Erosión externa por overtopping, pero también por oleaje o por hielo
- Erosión interna y exceso de filtración
- Inestabilidad de taludes

Ni en lo relativo a la erosión externa, ni en lo referente a riesgo sísmico, se presentaron ponencias.

La erosión interna es un fenómeno difícil de predecir, por este motivo el desarrollo de métodos de predicción

temprana es muy deseable. En esta línea, se presentaron tres ponencias, siendo especialmente interesante la presentada por Ekström I. y otros; “Upgrading of an old power plant for new enviromental and technical requirements”. Destaca la implantación de cables de fibra óptica en el pie de aguas abajo para medida de temperatura y filtraciones, así como cables a diferentes niveles, tanto aguas arriba como aguas abajo, del filtro de la presa. Esta disposición de cables de fibra óptica se complementó con la instalación de electrodos para medida del potencial y de la resistividad. Así mismo una adecuada zonificación con filtros adecuados y auto-estables y una buena compactación son las medidas más adecuadas para prevenir un efecto “piping”.

Dentro del mismo ámbito de la erosión interna, se presentaron nueve ponencias que recogían diversas actuaciones de reparación de los daños derivados de este tipo de fenómenos. De ellas solo dos, la antes citada y la presentada por Laksiri, L.B.K.; “Establishment of leakage mechanism base don hydrogeological aspects Samanalawewa reservoir”, hacen hincapié en la monitorización del fenómeno antes y después del incidente. El resto de las ponencias se centran en los aspectos correctivos, previo un análisis de las causas.

La inestabilidad de los taludes afectan con gran frecuencia a presas de materiales sueltos de cierta antigüedad, en cuya ejecución no se tuvo un conocimiento suficiente de las características geológicas del terreno en se cimentan. Solo se presentó una ponencia en relación con este asunto. En ella se relata el caso de una presa en la que tras varias décadas de funcionamiento sin problemas, la presa Sutton Bingham, de tan solo 15 m de altura, mostró unos movimientos repentinos en el talud de aguas arriba. Además de aumentar el resguardo, se dispuso un manto de escollera en el talud de aguas arriba para mejorar su estabilidad.

B) RECRECIMIENTOS

El recrecido de una presa puede deberse básicamente a tres razones, las cuales a su vez determinan las características del mismo:

- aumento del resguardo frente a oleaje o por asentamientos del cuerpo de presa (suelen ser recrecidos insignificantes en relación a la altura de la presa);
- aumento de resguardo como consecuencia de aumentos en los caudales de avenida (normalmente suponen algún metro de recrecido tan solo)





Fig. 2. Refuerzo del estribo derecho de la presa de Giribaile por presencia de filtraciones.

- aumento de la demanda a satisfacer o/y disminución relevante de la capacidad de embalse, ambas circunstancias normalmente, generan los recrecidos de mayor entidad relativa.

Por otro lado, el recrecido presenta una serie de restricciones a tener en cuenta. En primer lugar y en la generalidad de los casos, es preciso mantener el embalse en servicio, por lo que el recrecido debe desarrollarse sobre el espaldón o el paramento de aguas abajo. Es preciso adaptar las estructuras complementarias y asegurar el desagüe de avenidas durante el proceso de recrecido. Es preciso comprobar las condiciones de la cimentación y de la propia presa para recibir el recrecido y finalmente es preciso asegurar un buen contacto entre la obra nueva y la existente.

La tecnología del RCC es muy usada hoy en día para recrecido de presas de hormigón. En este campo se presentaron tres ponencias muy interesantes. Todas ellas hacían especial hincapié en la forma de asegurar el monolitismo de la presa recrecida. Así, la presentada por Tarbox G.S. y otros, "Special issues of interface, facing systems and RCC design for raising San Vicente Dam", expone un estudio detallado sobre las características del hormigón compactado para asegurar dicho monolitismo, diseño de la superficie de contacto, sistema de drenaje y sistema de revestimiento del RCC.

Hay casos en que la solución adoptada supone, para el recrecido, el empleo de un material diferente, por lo que no es fácil conseguir un comportamiento homogéneo. Cabe destacar la ponencia presentada por los españoles Lafuente Dios, R; Merino Arroyo, M., de Diego Calvo P. y Martínez Mazariegos J.L. sobre el recrecido de la presa de Yesa que, recordemos, supone un añadido de 30 m sobre los 78 iniciales y que dicho recrecido

se hace con un dique de escollera recostado sobre el paramento de aguas abajo, obteniendo la impermeabilidad con una losa de hormigón en prolongación de la presa primitiva.

En cuanto a las presas de materiales sueltos, la parte más delicada es dar continuidad al elemento impermeabilizante de la presa. En general, las presas de materiales sueltos no se diseñan pensando en un posible recrecido posterior, lo cual supone un coste notable en la fase de recrecimiento. En algunos casos se recurre a la utilización de diafragmas, como el caso de la presa Hengshan en China, una presa de materiales sueltos con núcleo de arcilla y 49 m de altura que ha sido recrecida en 22 m con esta técnica.

Es interesante por su carácter innovador la ponencia titulada "Unconventional design in dam raising: Sar Cheshmeh Tailings Dam" que presentaron los italianos Scuero y Vaschetti, aunque la presa se encuentra en Irán. Se presenta en ella un sistema de impermeabilización en base a una lámina de PVC, situada en el espaldón de aguas arriba que lleva asociado un sistema de anclaje que facilita la ejecución de la presa por fases. El sistema de anclaje está formado por prismas prefabricados de hormigón, con la cara que da al embalse lisa y escalonada la que apoya sobre la grava del cuerpo de presa.

C) DEMANDA MEDIO AMBIENTAL

En este campo solo se han presentado dos ponencias, las dos japonesas. Y es que Japón viene desarrollando un interesante programa de evaluación del estado medioambiental de todos sus ríos desde 1991. Interesante en este sentido es la ponencia de Suzuki, M. "Outline and effects of permanent sediment management measures for Miwa Dam" Se muestra la construcción de una infraestructura, un tunel de 4 km, que permite la gestión de sólidos en suspensión, minimizando de esta forma el problema de aterramiento del embalse y la pérdida de aporte sólido aguas abajo. Aunque la solución se ha ensayado en otros países (Suiza e Italia, por ejemplo) en España existe una solución parecida el la presa del Cubillas; la complejidad de Miwa Dam, la hace particularmente interesante. Así dispone de dos embalses en cabeza con capacidades de 220.000 y 510.000 m³ que retienen los sedimentos y permiten su decantación en dos granulometrías diferentes, permitiendo su uso posterior diferenciado.

En este campo medioambiental se habrán de tener en cuenta medidas para paliar los cambios de régimen





Fig. 3. Recrecimiento de la nueva presa de la Breña.

de los ríos por causas del cambio climático, el control de la eutrofización, Los efectos barrera para los animales, las temperaturas del agua, los caudales ecológicos, los embalses de cola, etc.

4. Otras ponencias

Finalmente se incluyeron algunas ponencias, tres concretamente, más por su calidad que por estar directamente relacionadas con el asunto de la cuestión 90. Tales son el caso de las ponencias R20, R56 y R57. De ellas cabe destacar la R20 en la que se opta por un tratamiento superficial para garantizar la estanqueidad en lugar de recurrir a una pantalla impermeable y la R56 que presenta un estudio comparativo de soluciones, cuya conclusión resulta ser la construcción de una presa de RCC.

5. Conclusiones

De las cincuenta y ocho ponencias presentadas podemos sacar algunas conclusiones interesantes, máxime si tenemos en cuenta que más de la mitad de las presas del mundo superan los cincuenta años de edad.

- Los estándares de seguridad son, cada día, más exigentes y, frente a ello, la edad media de las presas va aumentando.
- Además, hay una clara tendencia a adoptar los mismos estándares para las presas nuevas y para las

existentes. Lo cual es no es más que una actitud coherente.

- Las principales causas de actuaciones de Mejora en presas son:

- Envejecimiento de estructuras
- Aumento de demanda por consumo o por consideraciones medioambientales
- Adecuación a cargas hidráulicas o sísmicas derivadas de una mejor evaluación de las mismas.
- Los progresos en modelos matemáticos y en monitorización han permitido avanzar en el conocimiento del comportamiento de las presas. No obstante, es necesario profundizar en los casos de interacción presa-cimiento y del contacto presa-estructuras auxiliares en el caso de las presas de materiales sueltos.
- El crecimiento demográfico, las edificaciones invadiendo zonas inundables, los daños por inundaciones cada vez de más envergadura, y en definitiva, las exigencias de una sociedad desarrollada que demanda más seguridad, más garantía y más y mejores actuaciones ambientales.

- La mayoría de las presas bien diseñadas, bien construidas y con un buen cimiento pueden ser recrecidas.

- Finalmente, debemos traer aquí la última consideración de la ponente general, Dra. María Bartsch. Si es cierto que el conjunto de presas del mundo está envejeciendo notablemente, no es menos cierto que también los ingenieros que las diseñaron y construyeron sufren el paso de los años, se jubilan y desaparecen, rompiendo una continuidad y dejando un vacío difícil de llenar. Nos encontramos así, con un colectivo de ingenieros jóvenes con poca experiencia y escasos en número (al no haber campo de actuación), con dificultad para conocer la historia de las grandes estructuras tan necesaria para su modificación adaptación y Mejora, todo lo cual supone un límite al desarrollo, no ya de la técnica de presas en sí, sino al de la propia sociedad. Por este motivo, resulta importante incentivar la participación en estos congresos de las nuevas generaciones buscando apoyos públicos y privados que mantengan la investigación, el desarrollo y el conocimiento del mundo de las presas con la aportación de numerosas y bien desarrolladas ponencias. ♦