

Q
82

ENVEJECIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LAS PRESAS DE HORMIGÓN Y DE MAMPOSTERÍA Y DE SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS

AGEING AND REHABILITATION OF CONCRETE AND MASONRY DAMS AND APPURTENANT WORKS

FERNANDO GIRÓN CARO. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vocal titular del Comité Nacional Español de Grandes Presas. chg-granade@meebius.es

RESUMEN: Se resumen y comentan en este artículo, el informe del Ponente General de la cuestión Q.82 así como la contribución de los ingenieros españoles sobre el mismo tema, al congreso celebrado en Montreal en Junio de 2003.

PALABRAS CLAVE: TIPOS, CAUSAS, DETECCIÓN, CONSECUENCIAS, ENVEJECIMIENTO, SEGURIDAD, PREVENCIÓN

ABSTRACT: The article summarizes and comments on the report by the General Reporter on question Q-82 and the contributions made by Spanish engineers to the subject in the Congress held in Montreal in June 2003.

KEYWORDS: TYPES, CAUSES, DETECTION, CONSEQUENCES, AGEING, SAFETY, PREVENTION

1. INTRODUCCIÓN

La elección del tema propuesto para su discusión en el 21 congreso de ICOLD es especialmente importante dado que hay un gran número de presas en el mundo, construidas en hormigón y especialmente de mampostería, que están entrando en un grave proceso de envejecimiento cuyas consecuencias y remedios es necesaria evaluar, tanto por la importancia del servicio que están prestado, como por el número de países afectados.

El total de comunicaciones presentadas al congreso ha sido de 90 las cuales se han distribuido entre los cuatro temas de la cuestión en la forma siguiente:

Tema 1 – (18), Tema 2 – (26), Tema 3 – (48)
y Tema 4 – (12), comunicaciones.

La distribución por países se refleja en la Tabla 1 adjunto, donde una vez más, y como viene siendo habitual en los últimos congresos, se destaca la amplia contribución española.

2. ANÁLISIS HISTÓRICO

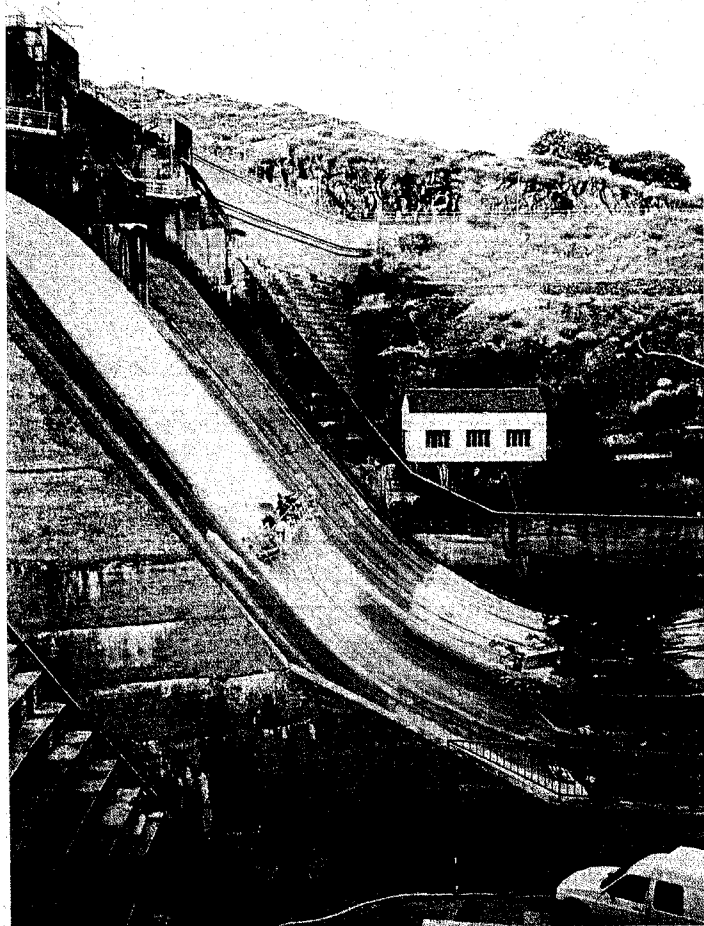
La Comisión Internacional de Grandes Presas se ha preocupado del envejecimiento en distintas reuniones, publica-

TABLA 1

País	Contribuciones
Australia	1
Marruecos	3
Austria	1
Nueva Zelanda	1
Brasil	8
Noruega	1
Bulgaria	1
Polonia	2
Canadá	6
Portugal	2
China	1
Rumanía	2
Egipto	1
Rusia	1
Francia	6
España	17
Alemania	4
Eslovenia	1
India	2
Suecia	4
Irán	2
Suiza	3
Italia	6
Reino Unido	2
Japón	3
Estados Unidos	9

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de abril de 2004.

Recibido: enero/2004. Aprobado: enero/2004



Presa de Águeda.

ciones y comités, los cuales ofrecen un historial sobre la evolución de los problemas y el enfoque y medios para su resolución a lo largo del tiempo.

En el año 1967 en el Congreso de Estambul se trató en la Q.39 sobre deterioro y envejecimiento.

En el año 1983 el Comité técnico de "Deterioration of Dams and Reservoir" publica un boletín en el que ya se expresó que alrededor del 15% de las grandes presas tuvieron problemas en este sentido.

En el año 1991 el Congreso de Viena en su Q.65 trató directamente el envejecimiento de las presas y sus medidas de corrección.

En el año 1993 el boletín "Ageing Dams and Appurtenant works" concluyó que el envejecimiento era la mayor causa de deterioro de las presas y sus obras auxiliares y que este problema como es lógico se agudizaría con el paso del tiempo.

En el Congreso de Durban en 1994 la cuestión Q.71 trató del deterioro de aliviaderos y desagües.

Las principales conclusiones del conjunto de estas contribuciones han sido las siguientes:

- 1.- Las roturas producidas en la explotación de una presa de gravedad, varían su posición y grado de importancia dependiendo de la temperatura del aire, la temperatura del agua y la forma de la presa. Pero en todo caso la zona media superior es la más expuesta tanto aguas arriba como aguas abajo.
- 2.- Las roturas en presas de hormigón no se corrigen por si mismas, sino que por el contrario suelen ir a más, agravado el problema año tras año.
- 3.- De los datos derivados del estudio tensional y de la posición observada de las fisuras en las presas, se puede ver que la variación interna de las temperaturas y las deformaciones entre ambos paramentos son las mayores causas de los esfuerzos de tracción.

Otras causas de tensiones internas derivadas de diferentes mecanismos físicos o químicos son llamadas tensiones de envejecimiento y se pueden concretar en las siguientes:

- Tensiones por la acción del hielo, motivadas por el aumento de volumen en un 9% del agua contenida en los poros del hormigón al congelarse.
- Tensiones por acción de los sulfatos. Motivadas por el intercambio de iones entre el Aluminato tricálcico y el ión sulfato en presencia de humedad formando la Estrigita con aumento de volumen.
- Tensiones por reacción Alkali-Árido, reacción producida en presencia de humedad entre el alcali contenido en el cemento y los minerales silíceos que forman parte de la composición del árido.

Los principales factores que influyen en este fenómeno de RAA son:

- Contenido de alcalis en el cemento.
- Cantidad de cemento en el hormigón.
- Estructura mineralógica de los áridos.
- Humedad del ambiente.
- Alta temperatura.

Las filtraciones a través de las juntas de RCC, también puede considerarse como causa de envejecimiento.

No obstante la evolución reciente de los métodos de construcción con este tipo de hormigón han reducido considerablemente este problema, tanto por el control de las características del RCC como por el procedimiento de construcción mediante tongadas en pendiente y la utilización del hormigón enriquecido con lechada.

3. CONTENIDO Q.82

La cuestión Q.82 estaba dividida en cuatro Temas con los siguientes contenidos:

TEMA 1. TIPOS, CAUSAS Y DETECCIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

La comisión internacional de grandes presas a través de su comité sobre el deterioro de Presas y Embalses, divide las causas del deterioro en los siguientes apartados:

- Debido a la cimentación.
- Debido al hormigón.
- Debido a acciones imprevistas o a acciones de excepcional magnitud.
- Debido a la conducta estructural de las presas de bóveda y de bóvedas múltiples.
- Debido al comportamiento estructural de las presas de gravedad y de contrafuerte.
- Debido a la auscultación.
- Debido al mantenimiento.

De todos los factores o causas del envejecimiento la fisuración es el más importante.

Carlson al analizar la fisuración del hormigón dice:

"La causa más común de fisuración es el impedimento de la retracción. Las principales causas de la retracción son las pérdidas de humedad y el proceso de enfriamiento".

El Control de la fisuración se realiza reduciendo el secado rápido, o amortiguando los cambios de temperatura y modificando las propiedades del hormigón. Dado que las temperaturas exteriores varían entre las del agua en la zona a. Arriba y la media del ambiente a. Abajo es esencial que la temperatura máxima alcanzada en el interior del hormigón sea lo más baja posible.

De conformidad con Monari y Scuero el deterioro del paramento a. Arriba en presas italianas es debido a:

- Características de los materiales de construcción, permeabilidad, reacción de los componentes y el entorno y en particular a la agresividad de las aguas blandas de los Alpes. Persistencia de las heladas, y en algunos casos reacción con el sílice de los agregados.
- Acciones externas debidas a altas variaciones de temperatura con largos períodos bajo cero, produciéndose abrasiones y subpresiones en las presas de mampostería.
- El comportamiento estructural está condicionado por la falta de juntas en presas anteriores al año 1925. No se han detectado deterioros por valores elevados de tensiones tanto de compresión como de tracción.

Causa	Comunicación
R.A.A.	5/10/12/14/40/46/48/60/61/71/79/80/83
Deterioro Bajo agua	13/54
Sedimentación	14/36/67
Colmatación de drenes	9/14/42
Heladas	14/25/47/75/85/90
Porosidad	14/32/37/39/41/59/89
Fisuras	2/4/8/14/16/18/20/25/38/70/85
Filtraciones	8/14/16/18/19/20/22/23/25/26/32/ 36/37/40/41/ 57/65/73/75/84/85/89
Características de materiales	8/14/41
Procedimientos de construcción	8/59/65/73/84/90
Cimentaciones	8/16/19/41/56
Deterioro de juntas	10/24/89

Como consecuencia de lo anterior el deterioro se ha concentrado en el paramento de a. Arriba con deterioro de juntas y aumento de las filtraciones a través del cuerpo de presa, produciendo un lavado en sus conductos interiores hasta su aparición en el espaldón de a. Abajo manifestando que la filtración se ha extendido a todo el cuerpo de presa.

Rodrigo del Hoyo expone el envejecimiento por causas de los problemas expansivos en el hormigón manifestando que:

- El hormigón fabricado con áridos silíceos puede llevar a la reacción alcali-Árido siempre que sea en presencia de agua.
- La reacción con sulfato mediante la formación de Estrigita, al intercambiar iones con el Aluminatao tricálcico.
- Las reacciones con dióxido de carbono de la atmósfera con el Ca(OH)₂ de cementos hidratados forman CaCO₃ cuyo volumen es menor provocando retracción.

Nelson Pinto en su contribución a la cuestión Q.71 expuso con claridad y se mantienen de actualidad el deterioro en Aliviaderos y obras de desagüe.

Del total de 18 comunicaciones de este Tema 1, la distribución por causas de deterioro expuestas en su contenido es el reflejado en la Tabla 2.

Dentro de este Tema 1 los autores españoles presentaron las siguientes comunicaciones:

- M. Guerreiro, M. Rubín de Celix, R. Fernández Cuevas. En su artículo "Porosidad de las estructuras de hormigón y su relación con el deterioro". Analizan en cuatro presas el deterioro relacionado con la distribución de la porosidad. Concluyendo que existe una relación entre los poros de la estructura, las condiciones del medio donde están situados y su posterior deterioro en algunas partes de la presa a pesar

de su corta edad. Definen un nuevo parámetro para conocer si un hormigón es susceptible de deterioro, relacionando la capacidad de absorción y almacenamiento de agua, con la posibilidad de sus pérdidas por evaporación.

• R. del Hoyo; J. Velásco; F. Martínez Abella. En su artículo "El envejecimiento de las presas de hormigón debido a R.A.A."

Después de una definición sobre el envejecimiento de las presas y su importancia en la seguridad se clasifican en dos grupos la R.A.A.

- Reacción entre la solución alcalina en los poros del hormigón y el mineral silíceo en estado amorfo de los áridos.

- Reacción entre los silicatos modificados que forman parte de los áridos y la solución alcalina. En este proceso el hidróxido de calcio forma un papel importante.

Se concluye con las siguientes recomendaciones para mitigar el problema:

- La adición de cenizas volantes en suficiente cantidad.
- La impermeabilización del paramento.
- Es conveniente, si es posible, verificar la expansión residual antes de tomar una solución.
- Cuando sea posible, el cortar ranuras de expansión reduce los esfuerzos.
- En los modelos matemáticos se observan tensiones del orden del 50% o 60% de los valores obtenidos en laboratorio.

• David Vázquez. "Inspección de la presa de San Esteban por videogrametría".

El autor expone la facilidad para observar y catalogar cualquier anomalía o fenómeno patológico que puede afectar a la presa, tomando los datos a una distancia de hasta 300 mts. El sistema llamado por el autor "crack-view" se expone mediante la aplicación realizada en la presa de San Esteban, la cual ha sufrido distintos procesos de R.A.A. y otras reacciones expansivas que han producido fisuras y deformaciones.

TEMA 2. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO Y SUS CONSECUENCIAS EN LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS

Desde el primer congreso de ICOLD los autores han estado interesados en los procesos de envejecimiento y sus consecuencias sobre la seguridad de las presas.

La seguridad de una presa podrá definirse como la distancia entre la situación presente de la presa y la situación en que se produzcan serios problemas o en el peor de los escenarios el colapso de la obra.

En el primer congreso el R.5 de la Q.1 decía sobre las filtraciones y la seguridad de presas de mampostería y hormigón.

- 1.- La filtración causada por la presión del agua produce una porosidad y deterioro del mortero de la mampostería y del hormigón de la presa. Especialmente si contiene dióxido de carbono.
- 2.- La experiencia prueba que con medidas de reparaciones es perfectamente controlable la filtración y además es posible poner un eficiente sistema de drenaje.
- 3.- La continua lixiviación del cemento y la cal dentro de la mampostería del cuerpo de presa, conduce al deterioro de la estabilidad e impermeabilidad de la mampostería y del hormigón.

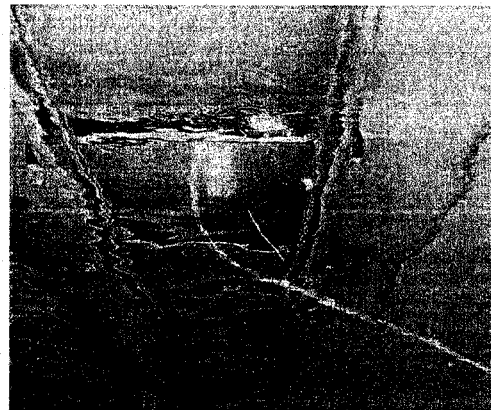
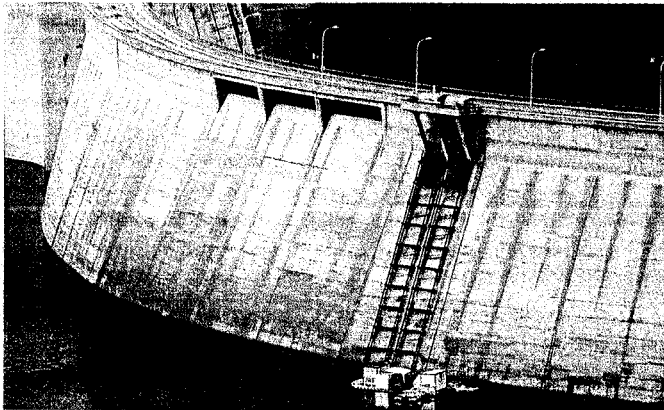
La idea principal para realizar un análisis del envejecimiento consiste en realizar un modelo que partiendo de una base de datos, proporciona un escenario del envejecimiento el cual se revisará con el diagnóstico del envejecimiento y su tratamiento.

El sistema de gestión de la base de datos para control del envejecimiento contendrá, además de las informaciones disponibles desde las construcciones y las posibles anomalías detectadas, los siguientes datos:

- Dimensiones estructurales.
- Características que definen a la presa y su entorno ambiental.
- Evolución histórica y su evaluación.
- Valoración de su comportamiento.
- Recopilación de informes sobre su comportamiento.

TABLA 3

Objeto	Comunicaciones
Valoración de seguridad	4/6/7/8/11/14/16/17/18/28/31/32/40/41/42/44/45/47/55/56/78/88
Envejecimiento y materiales de construcción.	1/8/16/35/58
Modelos de simulación de seguridad.	1/2/3/44/53/72/74/81/82/88
Capacidad de descarga y estabilidad.	4/6/7/14/16/17/31/39/41/53/66/74/76/78
Deterioro de equipos.	11/29/35
Simulación N. de fenómenos de expansión.	46/61/72/79/80
Expansión residual test de evaluación.	40/48
Envejecimiento de instrumentos.	42/73
Diagnóstico y control de presas con problemas de expansión.	1/12/14/72
Análisis de instrumentación.	1/3/16/43/58/71/88
Función de la edad del hormigón.	1/3
Comportamiento térmico	2/4/82
Métodos de inspección.	71
Comprobación de hormigones y materiales.	24/32/48/64/79/89



Presas de El Atazar.

- Este conocimiento estará dirigido a realizar escenarios de envejecimiento, los cuales están definidos como la cadena de causas y efectos que llevan a la degradación de las propiedades estructurales de la presa y sus obras anejas.

Del total de 26 comunicaciones presentadas en este Tema 2 la distribución por conceptos es la reflejada en la Tabla 3.

Los autores españoles expusieron los siguientes temas:

- V. Ayllon; M. Valderrama; F. J. Sánchez Caro. "Revisión de la seguridad en viejas presas. El ejemplo de la presa de Beniarrés".

Se expone la primera revisión de seguridad de la presa y la detección de algunos procesos de deterioro en la cimentación con la propuesta de su corrección.

- M.F. Herraduras; F. Martínez Abella; R. del Hoyo. "Aproximación experimental a la Modelización del comportamiento mecánico de ASR".

El modelo predice el comportamiento esperado debido al ASR propuesto por Chalwood and Thomson. El modelo es capaz de reproducir esfuerzos bajo unas condiciones de servicio del ASR afectando a viejos hormigones.

- Martínez Muñoz. "Gráficos adimensionales para el diseño de aliviaderos de escalones en presas de menos de 50 metros de altura".

La posibilidad de rehabilitación de aliviaderos y cuencos de resalto mediante la construcción de aliviaderos escalonados que reduzcan la longitud de los cuencos, permite incluir esta comunicación dentro del envejecimiento de presas al presentar un estudio experimental para el diseño de las dimensiones de escalonamiento mediante ábacos adimensionales que para distintos caudales permiten un dimensionamiento óptimo en ausencia de cavitación.

- Aguado; A. Rodríguez Ferrán; J. Casanova; L. Agulló. "Modelo de evolución en el tiempo de los fenómenos expansivos en presas de hormigón como herramienta de toma de decisiones".

La metodología ha sido aplicada en las presas de Graus Tebescan y Belesar cada una con fenómenos de expansión distintos. La comunicación presenta un modelo de evolución en el tiempo permitiendo un diagnóstico y un método de gestión para las presas con fenómenos de expansión, con especial interés en proporcionar una ayuda para la toma de decisiones ante este fenómeno.

TEMA 3. TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN ESPECIAL, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES Y MÉTODOS MODERNOS

La rehabilitación junto con el mantenimiento son las tareas más importantes a realizar durante la vida de la presa y sus obras anejas.

Cuando la seguridad de la presa se considera afectada la rehabilitación es un trabajo de evidente necesidad.

Sin embargo, en los ejercicios de rutina para el mantenimiento de la presa, es posible incluir trabajos de rehabilitación que mantengan a la presa en un nivel de seguridad, permanentemente alejado de situaciones críticas. Desgraciadamente la falta de presupuestos importantes una vez terminadas las obras, para su mantenimiento, obliga a nuevos contratos de rehabilitación cuya justificación suele estar motivada por disminución de la seguridad en algún sentido.

Algunos autores proponen una evaluación continuada de análisis de riesgo, teniendo en cuenta factores como el envejecimiento de las presas, la variación de los márgenes de seguridad, las exigencias públicas en la cuantificación del riesgo, la variación de la situación a. Abajo e incluso la posible incidencia del hipotético cambio climático.

No hay que olvidar que cuando no se considera el riesgo, las reparaciones y rehabilitaciones son postergadas a un segundo término ante las necesidades interminables que hay que incluir en los presupuestos.

Otros autores manifiestan la necesidad de una continua y sistemática inspección y evaluación del estado general de la presa.

TABLA 4

Causa	Comunicaciones
Geomembranas tipo y aplicación	9/45
Sistemas de anclaje	4/7/10/31/41/55/70
Inyecciones epoxi	16/55/65/68/69/70
Descarga de cimentaciones	16
Rehabilitación de equipos	11/23/28/33/38/51/55/67
Filtraciones, pantallas de inyección	8/11/12/14/16/18/19/20/26/28/39/ 41/42/44/51/53/57/65/69/70/73/74/83
Reparación bajo agua	22/51/64/65
Nuevos materiales	13/39/68
Test medidas de expansión	50
Daños por sismo	55
Daños por erosión	54
Asfalto-hormigón	37/85
Geomembranas	9/12/14/86
Nuevas estructuras	4/12/18/19/31/41/51/53/74/78
Demolición, reconstrucción	10/14/34/51
Aumento de capacidad	14/20/34/39
Estabilización de estribos	17
Refuerzos en presas	34
Tratamiento en paramentos	19/25/37/39/41/53/57/74/75/83/84/85/90

Desde la Q.1 del primer congreso ya se recomendaron las medidas más usuales para la rehabilitación de las paramentos de hormigón dañados.

En primer lugar hay que insistir en que el hormigón impermeable muestra muy poca desintegración, por lo que nuevamente hay que resaltar la importancia de una buena dosificación de los áridos, una baja relación agua/cemento, un bajo calor de hidratación, una buena puesta en obra y buen curado, junto con un tratamiento de las juntas que permitan su funcionalidad a largo plazo.

Las actuaciones para mitigar los efectos del R.A.A. se establecen teniendo en cuenta que no hay un camino efectivo y determinante para eliminar sus efectos, las medidas cuya ejecución suele ser muy costosa a veces, solo han conseguido mitigar el problema.

Dada la importancia de la reparación, antes de proceder se debe hacer una diagnosis completa del problema, evaluando los efectos y profundizando todo lo posible en las causas, analizando los componentes del hormigón en su estructura interna.

Conocido el problema en profundidad las acciones recogidas en los informes técnicos son:

- Aplicar un agente penetrante y sellante que consiga restringir la penetración del agua en el hormigón.
- Reforzar las estructuras para limitar las deformaciones.
- Liberar tensiones mediante la creación de espacios o juntas que limiten la expansión a otro recinto o sitio específico.

Los casos más relevantes se dan en zonas "relativamente delgadas" y expuestas a la humedad como en el caso de aliviaderos. En la 70 Reunión Anual del ICOLD el Comité Brasileño presentó un tratado sobre aliviaderos en Brasil y de forma concreta se expuso la rehabilitación de ocho de ellos de gran importancia.

El Tema 3 incluye una gran variedad de informes relativos a la rehabilitación y reparación según la causa se resume en la Tabla 4.

En relación con este contenido los autores españoles expusieron los siguientes temas:

- A. Gil; J. Cajete "Corrección de filtraciones en la presa de Ceniza".

Aun cuando las filtraciones aparecidas en la galería de inspección y paramento de la presa no afectan a la seguridad, sí dificultan el uso de la galería y alteran la apariencia del paramento, pudiendo producir un envejecimiento prematuro de la presa, por causa de las heladas.

La reparación consistió en una pantalla de impermeabilización de resina epoxi completada con un tratamiento de inyección de cemento en las zonas bajas de los estribos, y completadas con drenajes para concentrar el flujo residual.

- I. Lázaro; R. Fernández "Mejora de la durabilidad del hormigón en la presa de Irueña".

Se describe un procedimiento de auscultación de la puesta en obra del hormigón cerca de los paramentos con objeto de relacionar la variación volumétrica con la durabilidad del hormigón, basándose en datos de auscultación de varios años sobre varias presas de hormigón, y analizando los esfuerzos, la aparición de grietas, la variación de permeabilidad, distribución de poros, etc.

- J. Espinos "Envejecimiento y rehabilitación de presas de mampostería en zonas de alta montaña".

Se describen distintas recomendaciones y medidas de prevención, proporcionando una ayuda para mantener y planificar la explotación de presas de mampostería en zona de alta montaña.

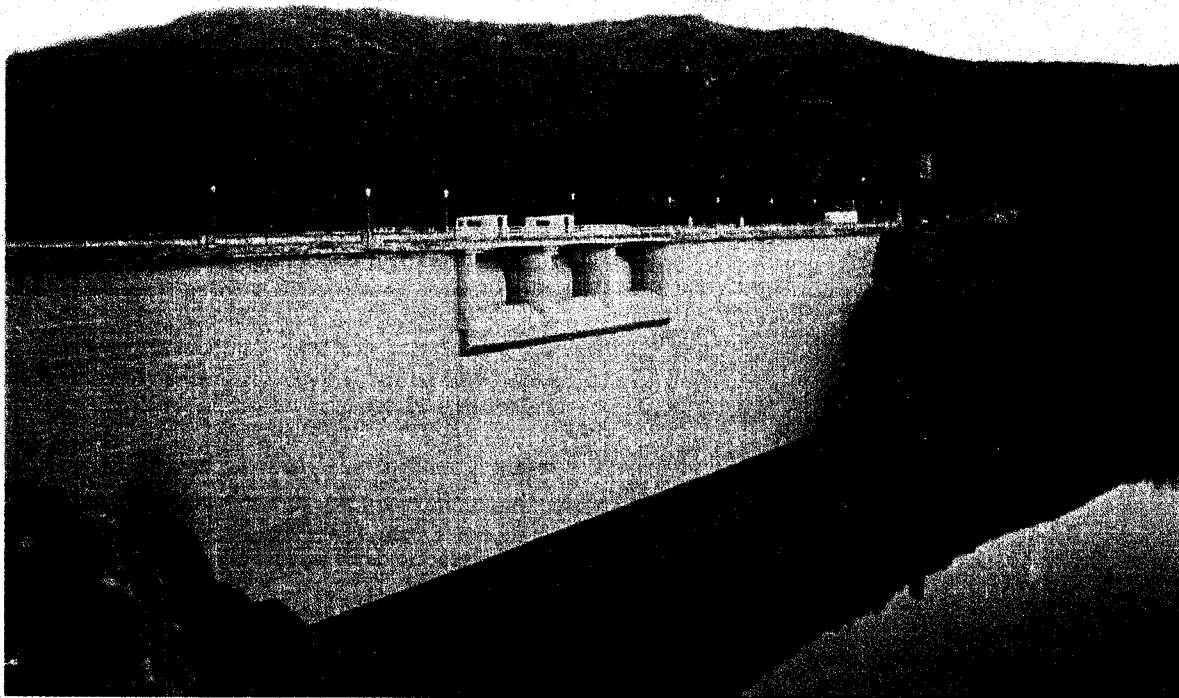
- F. Blázquez "Algunas experiencias y conclusiones sobre trabajos bajo agua por rehabilitación de presas".

La comunicación expone las medidas tenidas en cuenta y los aspectos que fueron considerados para llevar a cabo reparaciones a 80 mts. de profundidad en la presa del Atazar.

Se presenta el análisis de la estrategia a seguir y de las precauciones optimizando el tiempo de la actuación y su precio.

- M.J. Morlaus; F. Salina; G. Mañueco. "Rehabilitación de los desagües de fondo de la presa de Moneva".

Se exponen en esta comunicación los problemas que supuso la completa rehabilitación del desagüe de fondo sin vaciar el embalse y a la vez mejorar sus mecanismos.



- F. Sacristán; A. Gonzalo; G. Mañueco "Reparación, con inyecciones de polímeros a alta presión de obras hidráulicas en servicio".

Se describe en esta comunicación la utilización de resina de alta viscosidad inyectada a altas presiones y con posibilidad de polimerizar bajo agua con lo que se proporciona un método para el sellado de fisuras a embalse lleno.

- A. Gonzalo "Reparación de Presas afectadas por problemas de expansión".

Se expone la problemática de los fenómenos de expansión y se describen las técnicas utilizadas en los últimos años en España mediante la utilización de resinas epoxi que no solo detienen el avance del fenómeno sino que además devuelven a la estructura su monolitismo estructural. La experiencia se ha aplicado a más de 20 presas.

- J. Torres; S. Madrigal; R. Ruiz. "Reparación de presas con nuevas tecnologías. Presas de Tejera".

Se describe la reparación de una fisura en la presa de la Tejera mediante la técnica de inyección de resina epoxi de alta viscosidad con bombas de alta presión.

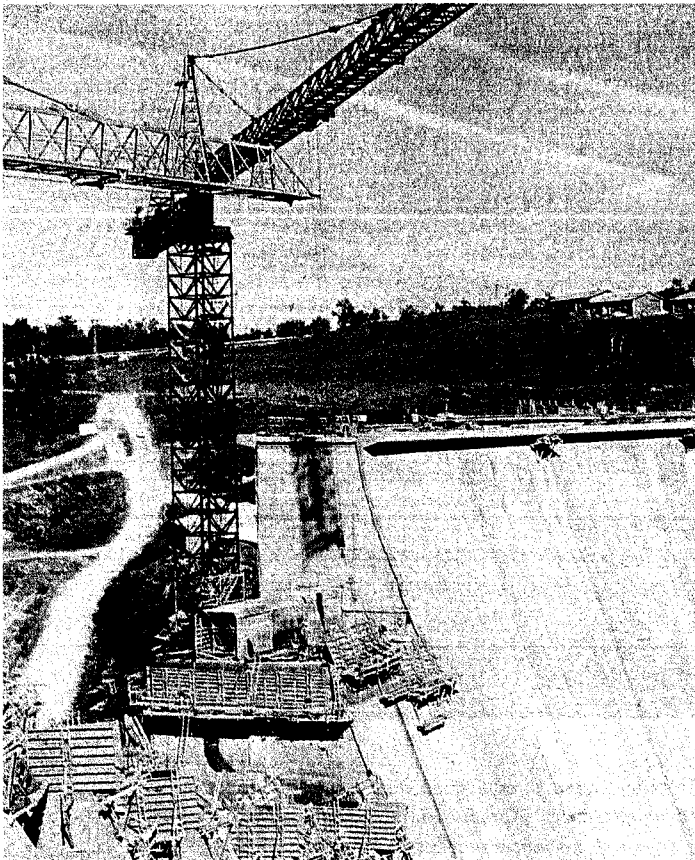
TEMA 4. MEDIDAS PREVENTIVAS (FÍSICAS Y DE ORGANIZACIÓN) PARA MITIGAR PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO

Con carácter general siempre que se habla de la durabilidad del hormigón se apuntan las mismas conclusiones.

En primer lugar el equipo de diseño debe de tener un conocimiento claro y preciso de las propiedades del hormigón y de la influencia en ellas de los distintos componentes que lo forman. Un hormigón bien dosificado en cuanto a pasta, graduación de los áridos, relación agua-cemento y que tenga en cuenta según las circunstancias de cada caso, el control del calor de hidratación, el efecto R.A.A. mediante análisis de los áridos para determinar la sílice amorfa en su estructura, la sustitución cemento por puzolanas y la utilización de cemento bajo en alcalis, el análisis de sulfato con objeto de evitar el aluminato tricálcico y por consiguiente la formación de estrigita, la reducción del hidróxido cálcico evitando la formación de carbonato, y todo ello con una buena puesta en obra con refrigeración, con buena compactación y correcto curado todo ello es válido tanto para el hormigón convencional como para el R.C.C., el cual por sus características de puesta en obra lleva implícitas determinadas recomendaciones, todo ello tendentes a corregir los problemas del contacto entre tongadas, la calidad y permeabilidad en paramentos vistos o la reducción del calor de fraguado.

Hoy día resulta evidente el establecimiento de los ensayos precisos para definir el tipo de hormigón a utilizar y el control de calidad en obra con objeto de garantizar el cumplimiento de las especificaciones.

De forma más detallada se exponen los siguientes controles:



Presa de Iruña.

Control de temperatura

El control de temperaturas es el factor más importante para reducir la formación de grietas, entre estos controles están:

- Preenfriar el hormigón (agua, áridos).
- Postenfriar el hormigón mediante refrigeración interior.
- Reemplazar cemento por puzolana.
- Reducir las tongadas de hormigón.
- Reducir el cemento al necesario para la resistencia requerida.
- Usar cementos con bajo calor de hidratación.
- Dilatar el tiempo de extendido entre tongadas.
- Controlar el tiempo Cannon para RCC.

Control de calidad

Se recomienda el control del agua de amasado método de D.M.A. dada la facilidad y rapidez para su control en obra, mediante una curva calibrada previamente.

El tiempo medido con el test de Cannon, no superará los 20 sg.

Mortero de juntas

Es recomendable el uso sistemático de mortero entre juntas de R.C.C. con proporciones arena/cemento no más altas de 5:1 y efectuando la limpieza de la capa con uso de aire comprimido.

Construcción de tongadas en pendiente.

Con objeto de garantizar que el tiempo entre las capas es el necesario para su correcta unión (juntas calientes) se realizan las capas por el procedimiento HASLAC o Horizontally Advancing sloped Layer Construction, permitiendo al variar la inclinación de las capas variar su superficie y por ello su tiempo de extendido.

Medidas preventivas para evitar R.A.A.

En primer lugar se aplicará un test para determinar el potencial reactivo de los agregados.

- Estudio de los agregados.
- Test de laboratorio con cemento.
- Determinación del contenido en alcalis de cemento.
- Utilización de puzolanas.

Los agregados se analizarán mineralógicamente; químicamente y por el método térmico y método de los carbonatos.

La composición mineralógica determina la aparición o no de sílice amorfa. La reacción química determina la reducción de alcali por inmersión en NaOH al 80%.

El test de temperatura los somete a 1000° C por 60 sg. y se comprueba su fisuración y el test de carbonato evalúa la expansión de la roca inmersa en solución de alcalis.

Para conocer la dosificación de cemento a utilizar:

- Método de las barras de mortero.
- Método acelerado.
- Evaluación de Puzolanas.
- Método reacción de hormigón con alcali, sílice.
- Método reacción de hormigón con alcali, carbonato.

El método acelerado es el más ampliamente utilizado por su rapidez y consiste en colocar la toma de mortero con su dosificación en solución de alcali a 80° C. El resto de los métodos evalúan expansiones pero con un tiempo de 6 meses a 1 año, aunque dan resultados muy fiables.

Existen métodos de rayos X con difracción de neutrones que identifican con exactitud los áridos activos.

Las recomendaciones en caso de áridos activos, son uso de cemento con bajo contenido en alcali, reemplazar el 25% al 40% por ceniza volante o puzolana, la pérdida al

Objeto	Comunicaciones
Consideraciones en proyecto	24/27
Criterios de seguridad y diseño moderno	7/66
Reducción efecto de helada	30/77
Medidas preventivas al R.A.A.	5
Geomembranas	62
Reparación y auscultación	9/11/12/18/20/29/36/40/41/73
Plan de mantenimiento y rehabilitación	15/21/63/64
Ensayos de material y cimentación	18/24/32/49/50

fuego de CaO debe ser menor del 1,5% y de 6% al 8% para cenizas volantes y puzolanas respectivamente.

La adición de Nitrato de litio en cenizas volantes tipo F puede ser beneficiosa para algunos agregados no recomendándose por el contrario la adición a las cenizas volantes tipo C de carbonato de litio e hidróxido de litio para reducir el efecto de ASR.

El uso de geomembranas ha dado buenos resultados en la impermeabilización contra el R.A.A., así como en la impermeabilización entre tongadas de RCC tanto a posteriori: como a priori.

Pueden utilizarse también en el sellado de grietas antes del llenado o incluso estando llenos.

La elección final sobre el método de sellado dependerá del coste de los materiales y del coste de aplicación.

Del total de comunicaciones presentadas 12 lo fueron a este Tema 4º cuya distribución por contenido se refleja en la Tabla 5.

En relación con el contenido de este Tema 4º los autores españoles presentaron las siguientes comunicaciones:

- J.C. de Cea; E. Asanza; M. Blanco. "Protección de paramentos con geomembranas, vs. Pinturas".

Con objeto de analizar ambos procedimientos se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Rotura por elongación.
 - Resistencia a presiones hidrostáticas bajas de 1.5 MPa.
 - Comportamiento frente agentes químicos.
 - Probabilidad de rotura por impactos o raíces.
- De este resultado se exponen las ventajas e inconvenientes de ambos sistemas como se ve en la Tabla 6.

- J.A. García; V. Gaitán. "Impermeabilización de la presa del Vado. Métodos y experiencia obtenida".

La presa del Vado construida entre 1922 y 1945 con distintos materiales y con interrupción de los trabajos, utilizando técnicas muy alejadas de las que actualmente se utilizan en el tratamiento de juntas, dosificación de hormigón, vibrado y puesta en obra; ha tenido varios intentos de rehabilitación usando distintos materiales, como resina epoxi inyectada, poliuretano rígido, enmasillado elástico en juntas, sellados bajo agua etc.

Como conclusiones de estas actividades el autor expone que la película de poliuretano elastoplástico situada "in situ" esta sujeta a los efectos de los rayos ultravioletas en un rango de temperaturas de -10°C a +14°C con PH<6 e intermitentes ciclos de aire-agua.

Las técnicas bajo el agua para el sellado de galerías son una ayuda para retrasar el proceso de envejecimiento del hormigón.

4. FINAL

El relator General termina sus comentarios haciendo unas referencias a nuevos materiales basados en mezclas de polímeros solubles, polisocáridos, derivados de la celulosa, poliacrilamida, etc. Así mismo se describen las nuevas tecnologías en detección de fugas por termometría, uso de diafragmas entre tongadas, inyección de polímeros con alta presión y colocación de hormigones bajo agua. ■

Material	Ventajas	Inconvenientes
GEOMEMBRANAS	<ul style="list-style-type: none"> - Garantías de 10-15 años - Fácil instalación. - Mantenimiento de la flexibilidad a lo largo de su vida útil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Expuesto a actos vandálicos. - Expuesto a daños por arrugas y pliegues. - Puede dar grandes pérdidas de agua por rotura.
PINTURA DE RESINA	<ul style="list-style-type: none"> - Alta adherencia con la base. - Pérdidas moderadas por fallo. - Instalación rápida. - Fácil reparación. - No hay subpresión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Espesores variables al ser manual. - Buena limpieza del paramento. - Dificultad de aplicación en tiempo frío. - Endurecimiento con el tiempo. - No hay experiencia de su envejecimiento.