

REPARACIÓN DE LOS DESCARGADORES DE FONDO DEL DIQUE FRONTAL TERMAS DE RÍO HONDO

Silvia Palazzi*, **Alvio Amadio****, **Sergio Wilde*****

*Laboratorio de Ensayo de Materiales. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. UNT

** , *** Empresa S.W. Buceos

*Av. Roca 1800 – 4000 – Tucumán – Tel: 0381-436-4093 – Int.7782/7783

E-mail: spalazzi@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se describen los materiales utilizados y el procedimiento empleado para sanear el grave deterioro producido en el revestimiento granítico de la pared margen izquierda del elemento N° 5 – Descargador de fondo de la Presa Río Hondo ubicada en la ciudad de Las Termas de Río Hondo, provincia de Santiago del Estero. La rotura objeto de estudio se ubica bajo el nivel de agua en la pileta de aquietamiento; zona cuyo desagote era imposible de realizar sin paralizar el trabajo de las turbinas, lo que ocasionaría un altísimo costo para la empresa Hidroeléctrica. Bajo esta premisa la reparación se llevó a cabo con el trabajo interdisciplinario de los buzos y del equipo técnico de la Empresa contratista bajo el asesoramiento del Laboratorio de Ensayo de Materiales.

INTRODUCCIÓN

Por encargo de la Hidroeléctrica Río Hondo S.A. se realizaron inspecciones subacuáticas de los revestimientos graníticos en las paredes de los Elementos N° 4 (cuatro) y N° 5 (cinco) – Descargadores de Fondo de la Presa Río Hondo. El trabajo de los buzos asistidos profesionalmente por un ingeniero en construcciones calificado para tareas subacuáticas, arrojó como resultado el relevamiento de distintas fallas en los revestimientos, pero la más significativa fue en la pared margen izquierda del Elemento N° 5 (cinco), sea por su tamaño de relevante dimensiones, como por la circunstancia de que la misma, ya había sido reparada anteriormente, pero el hormigón ejecutado colapsó.

MEDICION Y DIAGNOSTICO DEL ORIGEN DE LA FALLA

- a) **Ubicación:** Se trata del Elemento N° 5 – Revestimiento granítico margen izquierdo del Descargador de Fondo.



Foto 1: Vista general

- b) **Dimensiones:** En la pared del diente que da hacia la pileta de aquietamiento era de 50 cm de profundidad un agujero de 30 cm. de ancho en su parte superior, de 60 cm. en su parte inferior y con una altura de 160 cm. Este daño se continuaba en el revestimiento granítico de la pared lateral del Descargador, mostrando la ausencia de numerosos mampuestos de granito, formando un hueco en forma de escalera que nacía en la pared del diente que da hacia la pileta comenzando a unos 50 cm. del fondo y continuaba hacia la compuerta siguiendo un diseño irregular, como se muestra en la figura Nro. 1

En definitiva se observaba una rotura que en su parte más ancha (pared del diente que da hacia la pileta) medía unos 160 cm. de alto y en la parte más angosta (hacia la compuerta) medía unos 35 cm. por un largo total de aproximadamente 300 cm. La profundidad formada oscilaba entre los 30 cm. y 60 cm. En el fondo presentaba un hormigón muy erosionado por el agua en forma de lascas, residual de la anterior reparación.

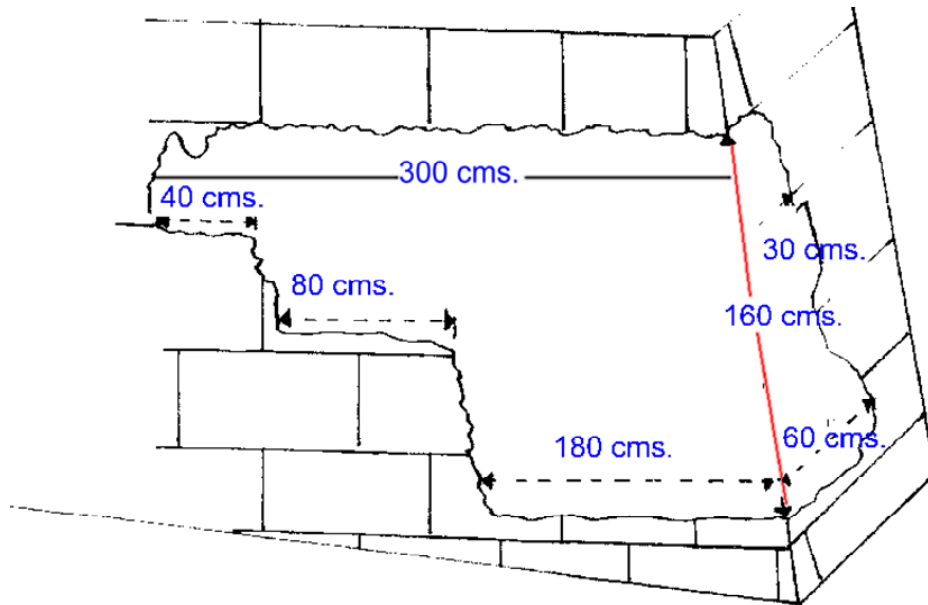


Figura Nro.1: Esquema del diente margen izquierdo de la pileta de quietamiento

c) **Diagnóstico:** La rotura descrita se produjo a través de los años por las formidables fuerzas dinámicas y erosivas del flujo de agua, que aflojando paulatinamente las juntas de los mampuestos graníticos los arrancaron de la pared depositándolos en el fondo de la pileta de quietamiento. El colapso de la primera reparación realizada se produjo por la suma de los errores cometidos en la ejecución del trabajo. En efecto la inspección subacuática reveló las siguientes fallas:

- ❖ C1- No hubo o fue sumamente defectuoso el puente de adherencia entre el hormigón de la pared del dique y el hormigón fresco, puesto que el 90 % fue arrancado limpiamente de la misma.
- ❖ C2- Fallaron los elementos de fijación de la armadura puesto que en la pared de hormigón del dique, libre del revestimiento granítico y del hormigón de la reparación, se visualizaban las perforaciones y algunas brocas pero ningún inserto de acero.
- ❖ C3 – El hormigón residual todavía adherido a la pared demostraba una desigual resistencia a la acción erosiva del agua, posiblemente debido a una inadecuada dosificación y colocación y a probables infiltraciones de agua durante la etapa de llenado del encofrado sumergido.

HORMIGÓN UTILIZADO EN LA REPARACIÓN

Debido a las enormes solicitaciones era necesario elaborar un hormigón de características especiales, cuyo estudio fue realizado por el Laboratorio de Ensayo de Materiales del Departamento de Construcciones y Obras Civiles de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la U.N.T.

Esta estructura hidráulica, esta sujeta a la acción abrasiva de los sólidos llevados por el agua, además del propio impacto ($120 \text{ m}^3/\text{s}$).

Si bien es cierto existen métodos de laboratorio o de campo para evaluar la acción perjudicial ninguno de ellos es totalmente satisfactorio para cuantificar la resistencia a la compresión del hormigón en las reales condiciones de uso.

La norma ASTM C779-82, muestra los resultados cualitativos de distintos procedimientos de ensayo: la prueba de la bola de acero, la prueba de la rueda y la prueba del chorro de agua, (esta última mas apropiada para evaluar la erosión causada por los sólidos transportados por el agua) y se puede inferir claramente que la resistencia a la abrasión es proporcional a la relación a/c y por lo tanto a la resistencia a compresión.

Teniendo en cuenta esto se dosificó un hormigón de relación a/c = 0.35, para una composición granulométrica adecuada a las características de los agregados: canto rodado de tamaño máximo = 19 mm y arena de módulo de fineza = 2.28. Se utilizó cemento Pórtland normal CPN40 y aditivo superplastificante de base polimérica de fabricación nacional.

El pastón de prueba resultó un hormigón plástico con asentamiento de 9 cm, cohesivo, sin segregación, que se compactó con varillado energético y vibrado leve.

La elaboración del hormigón se realizó in situ y las tareas de hormigonado se iniciaron a la tarde ya que en el mes de noviembre las temperaturas medias superan los 35⁰ C Se aprovechó el contacto exterior del dique metálico (que contenía al encofrado) con el agua y el propio micro clima húmedo del lugar de emplazamiento del elemento para realizar el curado. Se moldearon probetas cilíndricas de 10 x 20 (cm) para ser ensayadas a compresión a las edades de 3, 7 y 28 días curado normalizado.

En la Tabla Nro.1 se consignan la dosificación y los resultados obtenidos como promedio de tres probetas por edad.

Dosaje	(kg)
Cemento	450
Agua	157
Agreg. Fino	789
Agrg. Grueso	1057
Superplastificante	2% del peso Cemento
Resist. Compresión	(Mpa)
3 días	26.0
7 días	36.0
28 días	40.7

Tabla Nro. 1: Dosificación y resistencias medias a compresión

PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN

El procedimiento de reparación se realizó cumpliendo las siguientes etapas:

Etapas N°1- Demolición subacuática del hormigón debilitado en el interior del hueco, residual de la anterior reparación. La misma se ejecutó utilizando un roto percutor neumático.

Destacamos la necesidad de esta fase puesto que las inspecciones realizadas evidenciaron una calidad defectuosa del hormigón existente que debía ser removido



Foto 2: Vista de la falla desde el interior del dique metálico

Etapas N°2- Mediante reiterados buceos se procedió a tomar las medidas necesarias para realizar la estructura del dique metálico que se instaló, a fin de aislar la zona de trabajo alrededor de la rotura de las aguas de la pileta de quietamiento.

El dique se ejecutó en chapa de acero con estructura metálica con suficiente rigidez para resistir la presión del agua y dejando un espacio libre de aproximadamente 1.20 metros frente a la rotura por 3.50 metros de largo, que permitió trabajar en seco en las siguientes etapas de la reparación.

El dique metálico se fijó a la pared y al fondo del revestimiento granítico a través de anclajes constituidos por tornillos y tuercas sujetos a la pared mediante brocas. Estos elementos removibles (para luego sacar el dique), permitían ajustar un burlete de goma entre la estructura metálica y la pared de granito con el objeto de estanque izar la zona a reparar. Una vez colocado el dique se procedió a su desagote mediante equipos de bombeo. Todo este trabajo fue ejecutado por el equipo de buceo



Foto 3: Dique metálico



Foto 4: Colocación del dique metálico

Etapa N°3- Una vez conseguida la zona de trabajo libre de agua mediante la colocación y desagote del dique metálico, se procedió a limpiar y pulir las superficies de la rotura. Esta tarea se realizó con picaretas y cepillos neumáticos, para remover sedimentos orgánicos e inorgánicos de la superficie comprometida, a fin de lograr una perfecta adherencia del hormigón nuevo a ejecutar con el existente.

Etapa N°4- Elementos de fijación y armadura. Se colocaron insertos de acero inoxidable en toda la superficie involucrada en la reparación, tanto en la parte de hormigón como en los bloques de granito, con una densidad de 16 insertos por m². de la superficie a tratar. Sobre los insertos se fijó la armadura de acero ADN conformando una estructura apta para soportar los eventuales esfuerzos de corte y de tracción en el hormigón armado. Para fijar los insertos se perforó el hormigón y se utilizó un anclaje químico.

Etapa N°5- A fin de evitar las filtraciones de agua desde la pared hacia el interior, se procedió a sellar, mediante un estancador cementicio de fragüe ultra rápido, todas las fisuras (propias del envejecimiento de la estructura) y las perforaciones en el concreto (resultado de los anclajes arrancados en anteriores reparaciones); además este producto se colocó para reforzar las fijaciones de los nuevos insertos.

Etapa N°6- Se colocó mediante pincelado de toda la superficie de la rotura un agente de unión epóxico, sin solventes a fin de adherir el hormigón fresco con el hormigón existente.

Se colocó un encofrado de madera, preparado con anterioridad, y se vertió en el hueco el nuevo hormigón elaborado de Alto Desempeño según la dosificación propuesta por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la U.N.T.

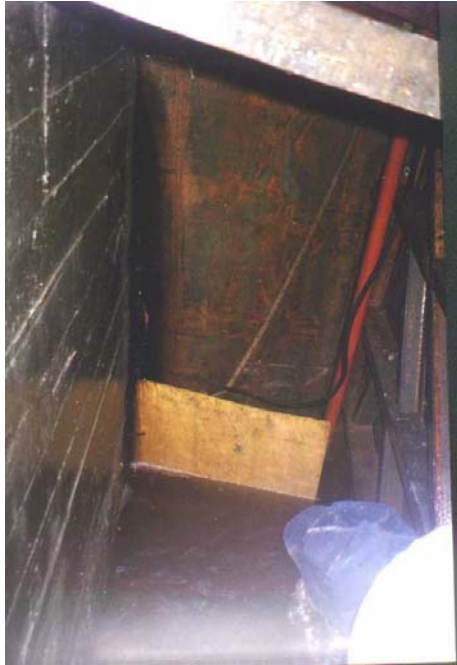


Foto 5: Vista del hormigón terminado

Durante 24 hs se mantuvo húmedo el encofrado de madera, luego se inundó nuevamente el dique metálico dejando todo el conjunto sumergido. A los 7 días los buzos retiraron el dique metálico y el encofrado de madera dando por finalizada la tarea.

RESULTADOS OBTENIDOS

Debido a exigencias de funcionamientos de la Presa de Río Hondo el Descargador de Fondo reparado entró en funcionamiento a los 30 días de realizado el hormigón, sin problemas, ya que las condiciones de curado fueron las óptimas para desarrollar las resistencias previstas.

El conjunto funcionó exitosamente y la reparación tiene un excelente desempeño a las fuerzas dinámicas y erosivas del flujo de agua, después de casi un año de la ejecución.