



# La presa **El Realito**

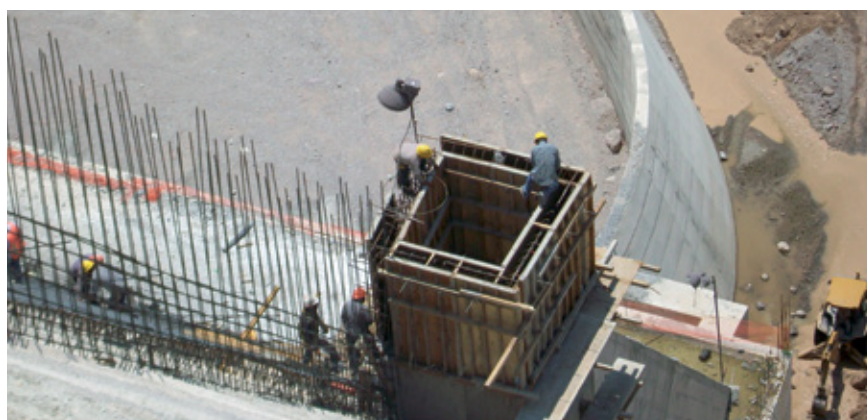
En el municipio de San Luis de la Paz, en Guanajuato, se encuentra esta obra proyectada por la Comisión Nacional del Agua.

**Antonieta Valtierra**

**Fotos: Cortesía de CNA**

**L**a presa El Realito forma parte de un proyecto de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) que integra acueductos, una planta potabilizadora y diversas obras de interconexión y electrificación. Su construcción inició en noviembre de 2008 y fue terminada en octubre de 2012.

Esta presa se encuentra ubicada sobre el cauce del río Santa María, cerca del poblado de Mineral El Realito, en el municipio de San Luis de la Paz, en el estado



de Guanajuato. La presa ocupa una superficie total de terreno de 156 hectáreas para la zona de embalse; su construcción: "tiene como objetivo principal garantizar el suministro de agua con un gasto de 2.0 m<sup>3</sup>/segundo, para ser distribuidos equitativamente entre los estados de Guanajuato y San Luis Potosí en un corto, mediano y largo plazo. Lo anterior permitirá coadyuvar en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de las comunidades a servir y disminuir la sobreexplotación de los acuíferos del valle de San Luis Potosí y de Celaya, así como disminuir los fenómenos de aparición de grietas en las zonas urbanas", señalaron en entrevista para *Construcción y Tecnología en Concreto*, los ingenieros Jesús Liñán Guevara, Director Local de Conagua, en San Luis Potosí y Santiago Durham Acevedo, ingeniero residente de la presa El Realito.

## Componentes

**Obra de desvío:** Los trabajos de ésta obra provisional para desviar el cauce del río durante la construcción de la presa, se efectuaron en su margen derecha. De acuerdo al estudio hidrológico realizado y a la normatividad existente para este tipo de presas, se tomó como base una avenida máxima de 1,070 m<sup>3</sup>/seg, asociada a un período de retorno (Tr) de 100 años.

Las estructuras que formaron la obra de desvío son: ataguías aguas arriba y aguas abajo; canal de llamada y canal de descarga; túnel o conducto de desvío, formado de concreto armado y que se integró al cuerpo de la cortina con su rasante al nivel original del cauce del río, con 7 m de altura y 7 m de ancho, que está conectado con los canales de llamada y descarga y donde se alojan las compuertas de cierre; y



finalmente, compuertas de cierre formadas por estructuras de acero de 1 m de ancho, 1.20 m de altura y 7.20 m de longitud. Cuando fueron colocadas al cierre de la obra de desvío, se sellaron herméticamente mediante un tapón de concreto armado con 10 m de longitud y una galería de concreto inyectado de 15 m de longitud.

**Tratamiento de la cimentación:** Para el mejoramiento de las condiciones geomecánicas de la roca de cimentación, se realizó un tapete de consolidación, consistente en la perforación e inyectado con lechada cemento-arena en proporción 0.8:1 en el área de desplante de la cortina, siendo a una profundidad de 10 m en la zona del cauce, obra de toma y tapón de obra de desvío y a una profundidad de 5 m en las laderas, con un arreglo en tresbolillo de 5 x 5 m en el cauce, 6 x 6 m en laderas y 2.5 x 2.5 m en el tapón del conducto de la obra de desvío. La presión de inyectado fue de 1 kg/cm<sup>2</sup> en laderas; en las zonas restantes de la obra, fue de 1 a 2 kg/cm<sup>2</sup> para evitar el fracturamiento del macizo rocoso.

Adicionalmente, se aplicó una pantalla impermeable mediante una línea de inyectado en la zona de laderas y otras tres en la zona del cauce con lechada cemento-arena proporción 0.8:1, a una profundidad de 50 m a partir del contacto con la roca.

**Cortina:** El estrechamiento del río presentó ventajas para edificar una cortina rígida del tipo CCR, así como para lograr un importante almacenamiento del escurrimiento del mismo río. Cabe decir que se tomó la deci-

sión de utilizar CCR como sistema constructivo para aprovechar los materiales pétreos existentes en la zona. A dicho sistema se le adicionó una pantalla impermeable de concreto convencional de 1.50 m de espesor en el paramento de aguas arriba de la cortina. Las ventajas obtenidas con la utilización de CCR fueron: economía de la obra y rapidez en la construcción de la cortina.

**Instrumentación:** Fueron colocados siete distintos instrumentos para conocer el comportamiento de la cortina y el de sus apoyos o cimentación durante la construcción. Con la medición de ciertos parámetros fueron verificados tanto hipótesis como criterios de diseño, y se realizaron ajustes a las especificaciones o procedimientos de construcción; asimismo, permitió evaluar la seguridad de las estructuras en todo momento y detectar oportunamente alguna anomalía.

**Vertedor de excedencias:** alojado en el cuerpo de la cortina en la zona central, es del tipo de descarga libre, con cimacio tipo Creager. Tiene una longitud de 80 m de cresta vertedora, con una capacidad de descarga máxima de 1,670 m<sup>3</sup>/seg. Además cuenta con aereador y cubeta deflectora en la descarga.

**Obras de toma:** La presa cuenta con obra de toma del tipo torre de concreto y tubería a presión en la descarga. La primera es rectangular de 4.60 X 7.60 m, en dos secciones, tiene 49.4 m de altura desde el desplante, posee cuatro tomas a diferentes niveles provistas de compuertas, dos de acero estructural y dos de fierro fundido de 1.22 x 1.22 m; en el nivel 1,097

msnm se encuentra una boca-toma de donde parte la tubería de acero de 54 pulgadas de diámetro a través de la cual se suministra un caudal de hasta 2 m<sup>3</sup>/seg.

## Las obras complementarias

Por parte del Gobierno del Estado de San Luis Potosí se construye un acueducto con un recorrido de 133 km, que cuenta con 3 bombeos, un tanque de cambio de régimen y una planta potabilizadora para llevar el agua de la presa a la localidad de Mineral El Realito y su zona conurbada. Asimismo, se realizó un acondicionamiento de 56 km de camino de acceso, desde el poblado Plazuela al sitio de la presa en la localidad de Mineral del Realito.

En cuanto a equipo de energía eléctrica fue colocado un alimentador a 115 kilovolts de la subestación San Luis de la Paz II; fueron instalados 60 km de línea eléctrica de alta tensión a 115 kilovolts; una subestación eléctrica reductora "El Realito", de 115 kilovolts a 34.5 kilovolts y 21 kilómetros de línea de distribución de 34.5 kilovolts.

## Aplicación del CCR

El procedimiento de CCR en la cortina consistió en construir en primer lugar un bordo de prueba fuera de la zona de la cortina para determinar si el diseño de las mezclas de concreto eran las apropiadas para ser colocadas en el cuerpo de la misma. También se requirió realizar ajustes menores para obtener una emulsión manejable, así como verificar la densidad de las mezclas a diferente número de pasadas de rodillo liso de 15 toneladas. Así se determinó que la densidad con la cual se obtiene el peso volumétrico utilizado para el diseño de la cortina, se lograba con 10 pasadas de dicho rodillo. Se obtuvieron muestras de los concretos utilizados para comprobar la resistencia a la compresión requerida en el proyecto de la cortina a una edad de prueba de 90 días.

Con los datos obtenidos se procedió a iniciar la colocación de CCR; primero hecho el acarreo del CCR en camiones de volteo de 14 m<sup>3</sup>, a los cuales antes de ingresar a la zona de descarga, se les hizo pasar a un área de lavado de las llantas para evitar la contaminación del sitio

de colocación. Posteriormente, el acarreo de CCR de la Planta de fabricación al sitio de colocación en la cortina se ejecutó mediante bandas transportadoras.

El CCR fue extendido mediante un Positrack, con orugas de neopreno equipados con sensor lector de un nivel de rayo láser para conservar la uniformidad de las capas a compactar de 34 cm, para una vez nivelada la capa, proceder a la compactación mediante 10 pasadas de rodillo de 15 toneladas. Todo el proceso se tuvo que realizar en un tiempo máximo de 45 minutos. Es importante señalar que entre capa y capa fue colocado un concreto convencional de liga con tamaño máximo de los agregados de ¾" y resistencia de 280 kg/cm<sup>3</sup> de 3 cm de espesor a 1/3 del espesor de la cortina.

## Control de calidad

Para llevar un estricto control de calidad fueron implementadas varias acciones:

- Primero, mediante la construcción del bordo de prueba, fue cotejado que las mezclas y procedimiento de construcción cumplieran

Instrumentación colocada en la cortina de la presa El Realito, para observar su comportamiento

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	OBJETO
8	Vertedor de aforo	Cuantificar el caudal de las filtraciones y su evolución a través del sistema de impermeabilización de la cortina.
219	Termocuplas	Monitorear la evolución de la temperatura del material instalado en la cortina, CCR.
6	Medidores de deformación unitaria	Monitorear las deformaciones del CCR bajo las diferentes cargas dinámicas y estáticas dentro de la cortina.
18	Piezómetros de cuerda vibrante	Conocer la distribución de la carga hidráulica y posibles fallas longitudinales en cortina desde la roca de cimentación.
15	Piezómetros Casagrande	Monitorea el comportamiento de estanqueidad y evalúa el gradiente de agua en el interior de las márgenes de la cortina dentro de las galerías.
15	Medidores de juntas	Vigilar el movimiento relativo entre los bloques de la cortina.
14	Testigos superficiales	Evaluar los movimientos horizontales y verticales de la estructura.

## Datos de interés

**Cortina:** 90.5 metros de altura y 77 metros de ancho de la base.

**Corona:** 6 metros de ancho.

**Capacidad de almacenaje:** 50 millones de metros cúbicos.

**Volúmen de CCR utilizado:** 417,232 metros cúbicos.



ran con los requisitos establecidos en el proyecto.

- Se estableció un formato de control de autorización de colados para registrar el inicio de cada colado.

- Fue contratada una empresa de supervisión externa con laboratorio para realizar las pruebas de control de calidad. Con su apoyo, se revisaron los diseños de las mezclas de concreto CCR y del convencional, obtenidos en el laboratorio de manera que fue verificado que estos cumplieran con los requisitos del proyecto. Asimismo fue contratada una brigada conformada por personal capacitado y certificado por la Secretaría de Energía equipada con Densímetro Nuclear de doble barra, la cual durante

todo el proceso de construcción de la cortina realizó las pruebas de densidad del CCR en todas las capas, lo que representó conocer inmediatamente el peso volumétrico del concreto colocado y poder tomar oportunamente las decisiones de continuar o retirar la parte de concreto que no cumpliera con las especificaciones.

- Posteriormente se revisó la calibración de las plantas de concreto y fue comprobado que los












pesos proporcionados de cada material coincidían con los requeridos para el concreto a fabricar.

- Adicionalmente y durante todo el proceso de construcción, se obtuvieron las pruebas de revenimiento, que para el caso de CCR es cero, y fueron elaborados cilindros de concreto que se ensayaban a la compresión a diferentes edades de prueba, así se verificó que se cumpliera con las resistencias utilizada en el diseño de la cortina. **C**

# 1<sup>er</sup> CICLO DE CONFERENCIAS

"TRUSTED LEADERS FOR A MODERN WORLD"

DEL 3 AL 5 DE SEPTIEMBRE DE 2013  
MÉXICO D.F.

DÍA HORARIO	MARTES 3	MIÉRCOLES 4	JUEVES 5
10:00 - 11:30	 <b>Dr. Billy L. Edge</b> University of North Carolina Director Técnico Regional de la ASCE	 <b>Arq. Juan Carlos Nava Gomar</b> Grupo TRADECO	 <b>Dr. Humberto Marengo Mogollón</b> Academia de Ingeniería /CFE
	CONFERENCIA MAGISTRAL	CONFERENCIA MAGISTRAL	CONFERENCIA MAGISTRAL
11:30 - 11:45	COFFEE BREAK		
11:45 - 13:15	 <b>M. en I. Eduardo Vidaud Quintana</b> Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto	 <b>Dr. Amador Terán Gilmore</b> UAM Azcapotzalco	 <b>Dr. Carlos Máximo Aire Untiveros</b> Instituto de Ingeniería
13:15 - 13:30	COFFEE BREAK		
13:30 - 15:00	 <b>Dra. Rajeswari Narayanasamy</b> Universidad de Durango	 <b>Dr. Fernando Sarría Pueyo</b> FSESTRUCTURAS	 <b>Ing. Rubén Frías Aldaraca</b> Secretaría de Comunicaciones y Transportes
15:00 - 15:15	COFFEE BREAK		
15:15 - 16:45	 <b>Dr. Federico Barranco Cicilia</b> Instituto Mexicano del Petróleo	 <b>Ing. Diego Martínez Sánchez</b> FSESTRUCTURAS	 <b>Dr. Polioptro F. Martínez Austria</b> Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

SEPTIEMBRE 3, 4 y 5

**SEDE:** AUDITORIO SALVADOR PADILLA ALONSO  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura UZ, IPN.

Coordinación del Evento:

**Dr. Oscar Cruz Castro**

Encargado del Departamento de Investigación (SEPI)  
Profesor Asesor del International Student Group derivado de la ASCE  
TEL (+55) 5729-6000, Ext: 53143

REGISTRO: [asce.ipn.isg@gmail.com](mailto:asce.ipn.isg@gmail.com)  
**CUPO LIMITADO**

INFORMES:

**EDITH SERRANO GASPAR**  
[edith\\_how@hotmail.com](mailto:edith_how@hotmail.com)  
+52(55) 1481 6129

**GABRIELA CRUZ GARCIA**  
[maggi\\_bb15@hotmail.com](mailto:maggi_bb15@hotmail.com)  
+52(55) 2138 1608

**PROGRAMA:**

- Encuentro Académico y Profesional
- Ceremonia de Inauguración
- Conferencias Magistrales
- Sesiones Técnicas
- Exposición
- Sorteo de Obsequios
- Ceremonia de Clausura
- Visitas Técnicas

VISITAS TÉCNICAS PROGRAMADAS PARA EL SÁBADO 7 DE SEPTIEMBRE

