



Figura 1. Vista general de la cúpula del reactor

1- INTRODUCCIÓN

La central nuclear de Trillo está situada en el término municipal de Trillo (Guadalajara), en la región de la Alcarria, en la margen derecha del río Tajo.

Está formada por un sistema nuclear de producción de vapor formado por un reactor de agua ligera a presión (PWR) suministrado por la empresa alemana Siemens-KWU.

El reactor, circuito primario y generadores de vapor están albergados en una esfera de acero, contenida en un edificio cilíndrico de hormigón rematado por una semiesfera.

La refrigeración del reactor se realiza por un circuito primario de agua con tres lazos, alimentado por dos torres de refrigeración de tiro natural, dos torres de refrigeración de tiro forzado y dos balsas reguladoras.

2- FUNCIONAMIENTO DE LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN

Las torres de refrigeración forman parte fundamental del proceso operacional de la central nuclear. Su función es disminuir la temperatura del agua caliente procedente del circuito de refrigeración del núcleo del reactor.

Ésta disminución se realiza mediante la transferencia de calor y materia entre el agua caliente y el aire que circula por su interior. Con el fin de aumentar el tiempo y el contacto entre el agua-aire, se emplea un entramado denominado "relleno". Una vez establecido en contacto entre el agua-aire se efectúa la transmisión de calor por convección y la transferencia de vapor desde el agua al aire, con el consiguiente enfriamiento del agua debido a la evaporación.

El funcionamiento de las torres de tiro forzado proporciona un flujo de aire controlado en el interior de las torres. El aire que se mueve es aire frío proveniente del exterior debido a que la presión de vapor de agua en la película de aire es superior a la del aire húmedo que circula por la torre, produciéndose una cesión de vapor de agua (evaporación).



Figura 2. Vista general de una de las torres de refrigeración de tiro forzado.

3- PATOLOGÍAS EXISTENTES

Las patologías propias de este tipo de estructuras se pueden englobar en los siguientes puntos:

- **Bajo espesor de hormigón:** Tanto del espesor que recubre a las armaduras, como el espesor propio de paredes y otros elementos de la torre.
- **Altos gradientes de temperatura:** Importantes dilataciones y contracciones en el hormigón armado debida a las diferencias térmicas entre la temperatura ambiental y la temperatura de operación de las torres.
- **Altos gradientes de humedad:** Ambiente de saturación (100%) en el interior de la torre y baja humedad exterior.
- **Ataque biológico:** Formación de musgos y otras materias vegetales en fisuras, juntas, etc.
- **Ataque hielo-deshielo:** Efecto expansivo del agua contenida en los poros del hormigón en su cambio de fase de estado líquido a sólido.



Figura 3. Corrosión de armaduras. Formación de materia vegetal y restos calcáreos

4- DESARROLLOS Y ACTIVIDADES HCC

HCC ha buscado la integración de técnicas y materiales de última generación para la rehabilitación de grandes estructuras. Entre las actividades realizadas están las siguientes:

4.1- INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Previo a las actividades de rehabilitación, se realizó una inspección de toda la estructura, incluyendo las cubiertas, juntas de hormigonado, interior de torre, pórticos exteriores y muros de carga, canal de descarga, soportes de tuberías, etc.



Figura 4. Catalogación y localización de defectos.

Esto permitió conocer el alcance de daños presentes en la estructura y la realización de una planificación de trabajos de acuerdo a las actividades a desarrollar.

4.2- SANEADO DEL HORMIGÓN DETERIORADO

Se eliminó el hormigón en mal estado mediante técnicas de hidrodemolición (1800 – 2000 bar). Esta técnica permite una eliminación selectiva del hormigón, evitando la formación de microfisuras introducidas por técnicas de golpeo como el uso de martillos mecánicos.



Figura 5. Operarios trabajando con el equipo de hidrodemolición.

La hidrodemolición limpia los poros del hormigón y ofrece una rugosidad al soporte que mejora la adherencia de los morteros de reparación en hasta un 30 % con relación a las técnicas de saneo tradicionales.

Del mismo modo, la hidrodemolición elimina el óxido de las armaduras al grado 2WJ permitiendo una correcta eliminación del óxido allí donde se encuentre.

4.3- PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN

El proceso cuenta con la utilización de un pasivante para las armaduras, de forma de reducir los procesos corrosivos que pudiesen originarse. Luego, para mejorar la adherencia al soporte del mortero de reparación, se empleó un puente de unión acrílico, para la posterior aplicación del mortero hidráulico de reparación modificado con fibras y polímeros.



Figura 6. Imprimación pasivante de armaduras en zonas de reparación localizadas.

4.4- IMPERMEABILIZACIÓN DE CUBIERTA

Debido al escaso recubrimiento de hormigón sobre la armadura en las cubiertas y el deterioro generalizado por este tipo de patología, se aplicó un revestimiento cementoso elástico para prolongar la vida útil de la estructura, que además de ser impermeable, capaz de puentear fisuras de hasta 1 mm, protege a la estructura del CO₂, ya que ofrece un espesor de aire equivalente a 1000 metros.

La baja permeabilidad del revestimiento al agua líquida impide su ingreso y evita los problemas producidos por los ciclos de hielo-deshielo.



Figura 7. Proceso de impermeabilización con mortero cementoso elástico.

4.5- INYECCIÓN DE FISURAS

El canal de retorno de las aguas enfriadas en la torre de refrigeración presentaba problemas de fisuraciones en su paramento, producto aparente de dilataciones térmicas y falta de juntas de dilatación.

Para corregir tal situación, se procedió al sellado de las fisuras como se describe a continuación:

- **Perforación:** Se realizaron perforaciones a rotación con diámetro de 20 mm con extracción de testigo que intersecaran a la fisura. El testigo extraído nos indicaba información sobre la situación aproximada de la fisura.
- **Obturación:** Mediante cierre mecánico de los taladros construido a base de tubería de acero y manguitos de caucho, dotado de un juego de tuercas y arandelas que originan su expansión en sentido radial, consiguiendo un cierre hermético. Este elemento permite un amplio abanico de presiones de trabajo.
- **Pruebas de agua:** Permitted conocer las comunicaciones entre taladros, limpiar el interior de las fisuras y conocer la extensión de las mismas.
- **Inyección:** Se realizó mediante una bomba manual que permitió el ingreso de resinas de baja viscosidad dinámica.
- **Corte de obturadores y regeneración:** Mediante radial, se eliminaron los obturadores y se regeneraron los agujeros con morteros de reparación dejando la superficie tal y como se encontraba antes de los trabajos.



**Figura 7. Proceso de inyección de polímeros en fisuras.
Colocación de obturadores y pruebas de agua.**

4.5- SELLADO DE JUNTA DE HORMIGONADO

Posterior a la inspección interior y exterior de la torre, se observaron pequeños pasos de agua a través de la junta de hormigonado. Debido a que el hormigón de la junta en el exterior se encontraba mecánicamente en buen estado, se procedió únicamente a realizar la actuación por el interior de la torre de refrigeración.

En este caso, se abrió la junta con una radial, con posterior retirada de polvo, materiales sueltos, etc., y se empleó un mortero epoxi de polimerización en condiciones de humedad extrema, impermeable, con trabajabilidad en un amplio rango de temperaturas y que mantiene sus propiedades en contacto continuo con el agua.



Figura 7. Sellado de junta de hormigonado con mortero epoxi.

5 - CONCLUSIONES

HCC tiene como objetivo fundamental la investigación y búsqueda de materiales y técnicas de reparación que mejoren la calidad de sus trabajos.

Por tal razón, **HCC** ha desarrollado sistemas únicos como el sellado de fisuras y juntas con polímeros a alta presión. **HCC** no está vinculada a ningún fabricante de materiales, lo que le permite seleccionar los productos del mercado más apropiados para cada caso.

HCC colabora con sus clientes en la gestión de vida de sus estructuras e instalaciones, poniendo a su disposición años de investigación y experiencia, así como recursos humanos y técnicos de última generación.

www.hcc-es.com

Avda. Euskadi 5. 28917 Leganés. Madrid
Telf. 916108506. Fax: 916107827

Dpto. Comercial: virginia@hcc-es.com

