



MODIFICACIÓN DE DISEÑO DE LOS SUMIDEROS DE CONTENCIÓN DE C.N. TRILLO I

El cumplimiento de la Instrucción Técnica (IT) CSN-IT-DSN-11-11, emitida por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), supone la modificación del sistema de filtrado de los sumideros de contención de la central nuclear de Trillo I. Bajo este marco, se ha implantado un sistema de filtrado de sección de paso unitaria 2x2 mm, así como la instrumentación requerida por los procedimientos de operación en emergencia que contemplan las maniobras necesarias para la limitación del diferencial de presión entre ambos lados de las rejillas filtrantes. Esta modificación de diseño descarta, de forma envolvente, fenómenos de potencial obstrucción por acumulación de residuos que puedan afectar a la capacidad de refrigeración del núcleo en un escenario de accidente, garantizando la función de recirculación post LOCA.

ANTECEDENTES

La Central Nuclear de Trillo I (CNT) está equipada con un reactor de agua ligera a presión (PWR), cuyo *Nuclear Steam Supply System* (NSSS) fue diseñado y suministrado por la empresa KWU-Siemens. En sus Bases de Diseño, se postula la ocurrencia de accidentes a partir de los cuales se requiere la puesta en funcionamiento del sistema de refrigeración de emergencia y evacuación de calor residual (sistema TH).

En caso de ocurrencia de un accidente de pérdida de refrigerante (LOCA), el sistema TH asegura la refrigeración del núcleo. Para ello, entra en funcionamiento, en primer lugar, la denominada fase de inyección, en la cual se inyecta en el núcleo refrigerante proveniente de tanques de agua borada. Posteriormente, entra en funcionamiento la denominada fase de recirculación, en la cual el sistema TH aspira el refrigerante que ha llegado a los sumideros del Edificio del Reactor (contención metálica), lo recircula, lo enfría y lo inyecta de nuevo en el núcleo. En esta fase de recirculación, toma especial relevancia el diseño del sistema de filtrado instalado en cada uno de los cuatro sumideros de que dispone CNT, ya que su correcto funcionamiento es importante para llevar a la planta a parada segura.

En el escenario postulado, la rotura de una tubería del sistema primario podría implicar el desprendimiento de fragmentos de aislamiento de la propia tubería. Estos fragmentos, junto con otros tipos de residuos que pudieran estar presentes en el lugar del suceso, podrían ser arrastrados por el refrigerante en su camino hacia los sumide-

ros. Si bien puede que estos residuos, habitualmente denominados *debris*, quedaran retenidos por los elementos constructivos del Edificio del Reactor, se postula la posibilidad de que una parte significativa de ellos termine por llegar a los sumideros. Es ahí donde serían retenidos por el sistema de filtrado, impidiéndose su nueva puesta en circulación y, con ello, evitándose la posibilidad de que lleguen al núcleo y puedan afectar a la refrigeración del mismo. CNT ha abordado esta circunstancia desde diferentes líneas de acción: desarrollando procedimientos preventivos conducentes a reducir la cantidad de *debris* que podría llegar a los sumideros en caso de LOCA, tales como la renovación de los sistemas de aislamiento de tuberías; promoviendo la concienciación en torno a conductas que eviten la generación innecesaria de residuos y ayuden a mantener la contención en perfecto estado de limpieza; e implantando la modificación del diseño de los sumideros de contención, cuyos pormenores se refieren a continuación.

El Edificio del Reactor de CNT dispone de cuatro sumideros, a cada uno de los cuales le corresponde un circuito de refrigeración del sistema TH. El sistema de filtrado instalado en cada uno de los sumideros está formado por dos filtros, situados ambos aguas arriba de la aspiración de las bombas del sistema TH. El filtro más alejado de la aspiración está destinado a retener elementos gruesos, mientras que el situado más cerca está destinado a retener elementos finos. De esta forma, en el caso de recirculación post



ÁNGEL DE BLAS GORDO

Departamento Civil. Proyectos de apoyo a Centrales Nucleares Almaraz-Trillo.

EMPRESARIOS AGRUPADOS, AIE.

Ingeniero industrial.

DESIGN MODIFICATION OF THE TRILLO 1 NPP CONTAINMENT SUMPS

Compliance with a Technical Instruction issued by the Spanish Nuclear Regulatory Authority implies the modification of the filtering system of the Trillo 1 NPP containment sumps. Within this framework, a filtration system with a 2x2 mm flow section per unit has been implemented, as well as the instrumentation required by the emergency operating procedures that contemplate the manoeuvres needed to limit the pressure differential between both sides of the filtration grids. This design modification provides a global solution to avoid potential obstruction phenomena caused by debris accumulation which might affect the emergency core cooling capacity, thereby guaranteeing post-LOCA recirculation operation.



LOCA, el refrigerante atraviesa primero el filtro de gruesos y después el filtro de finos.

OBJETO Y ALCANCE DE LA MODIFICACIÓN DE DISEÑO

El filtro de gruesos, de sección de paso unitaria de 30x30 mm, ha permanecido inalterado desde el origen de la planta hasta la actualidad. El filtro de finos, sin embargo, ha adaptado sus características mediante sucesivas modificaciones. En el diseño original de la planta, el filtro de finos ofrecía una sección de paso unitaria de 9x9 mm. Posteriormente, éste pasó a tener una sección de paso de 3x3 mm. Finalmente, en cumplimiento la mencionada IT del CSN, CNT ha desarrollado una modificación de diseño que dota a los sumideros de contención de un sistema de filtrado de sección de paso unitaria de 2x2 mm, así como de la correspondiente instrumentación y procedimientos de operación en emergencia, como es el caso del retrolavado, que aseguren la limitación del diferencial de presión entre ambos lados de las rejillas filtrantes.

Con el objetivo de adecuar los sumideros de contención de CNT a lo requerido por el CSN, se han desarrollado estudios de ingeniería que han permitido concebir un diseño cuya principal virtud es, más allá de los pormenores que reflejan su complejidad, la de integrar los diferentes requisitos y condicionantes que aplican al mismo, entre otros, la normativa aplicable, las consideraciones reguladoras, las cuestiones técnicas y geométricas, la experiencia operativa y el análisis de implantación. De entre todos ellos, existen ciertos aspectos y matices que han resultado determinantes en el diseño definitivo, motivo por el cual cabe mencionarlos a continuación.

ASPECTOS CLAVE DE LA MODIFICACIÓN DE DISEÑO

Geometría

La contención de CNT es una esfera metálica de 53 metros de diámetro interior. Los cuatro sumideros se sitúan en la parte inferior de la esfera, por el lado interior de la misma, formando cuatro sectores alrededor de la vasija del reactor. Cada uno de ellos está formado por un recinto cuya geometría tiene la particularidad de contar con una pared curva, que se asemeja a una porción de superficie de una cuña esférica. Las rejillas de filtrado se encuentran situadas en la zona de acceso al recinto. La entrada al

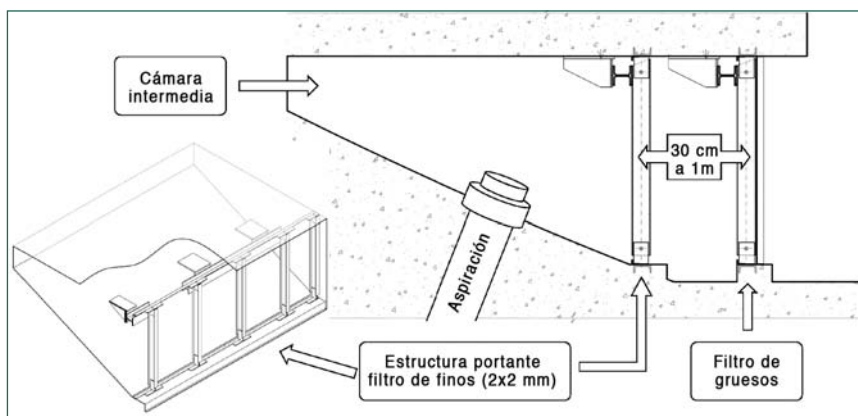


Figura 1. Sistema de filtrado de los Sumideros de Contención de CNT.

mismo se produce a través del filtro de gruesos, que da acceso a una cámara intermedia. Desde ésta, y a través del filtro de finos, se accede a la cámara interior del sumidero. El recinto, de aproximadamente 7 metros de largo, no supera los 1,3 metros de altura en la zona de la cámara intermedia, la cual se reduce hasta no más de 0,5 metros en el fondo de la cámara interior. La separación de los filtros varía en función de cada sumidero, por lo que el ancho de la cámara intermedia varía desde algo más de un metro hasta poco más de 30 centímetros (Figura 1).

La especial disposición de los sumideros, unida a las reducidas dimensiones de los mismos, hace que la realización de trabajos en la zona sea de difícil ejecución, más aún si implica el manejo de materiales pesados o de grandes dimensiones. Concretamente, el grueso de las actuaciones se centra en ambos lados del filtro de

finos, lo que supone la presencia simultánea de operarios en la cámara intermedia y en la cámara interior.

Hipótesis de carga

La rotura de una tubería genera una onda de descompresión que viaja por todo el sistema primario a una velocidad de alrededor de 1000 m/s. Esta onda de presión ejercerá una carga sobre las rejillas filtrantes durante su propagación, tanto en el sentido de circulación normal del fluido como en sentido inverso, debido al rebote de la onda en la cámara interior del sumidero, al tratarse de un extremo hidráulicamente cerrado.

Durante la recirculación post LOCA, el fluido refrigerante experimenta una pérdida de carga a su paso por los filtros, ejerciendo una presión sobre los mismos tanto mayor cuanto menor sea la superficie libre de paso, lo que lleva a considerar la cantidad de *debris* que pudiera llegar a acumularse sobre su superficie (Figura 2).



Figura 2. Cámara intermedia: filtro de finos (izquierda) y filtro de gruesos (derecha).

El diseño del sistema de filtrado prevé la absorción de esfuerzos térmicos mediante la disposición de uniones atornilladas deslizantes. La variación de temperatura no supone, por tanto, un incremento apreciable de las acciones a las que se va a ver sometido el conjunto. Sin embargo, la capacidad estructural inherente a la tipología de los materiales presentes en los sumideros, en general, y en el sistema de filtrado, en particular, sí se ve afectada por la variación de temperatura. Concretamente, este último está construido con materiales entre los que se encuentra el acero inoxidable, material que, por sus características, ve disminuir notablemente su capacidad estructural con el aumento de temperatura y, de igual manera, experimenta variaciones de su comportamiento en servicio. Este hecho supone la necesidad de tomar en consideración las condiciones de temperatura más rigurosas contempladas en el diseño de la contención.

Adicionalmente, durante la fase de recirculación post LOCA, y con objeto de garantizar la funcionalidad de la misma, se prevé la posibilidad de ejecutar maniobras, entre las que se incluye la de retrolavado, que aseguren la limitación del diferencial de presión entre ambos lados de los filtros. En este caso, pueden sucederse paradas programadas de la correspondiente bomba del sistema TH e, incluso, puede invertirse su funcionamiento, de manera que la aspiración de la bomba pase a ser impulsión. El desarrollo de estas maniobras implica que las cargas hidráulicas a las que va a ser sometido el sistema de filtrado pueden variar su magnitud y sentido.

En definitiva, las cargas más limitantes del diseño vienen asociadas a las hidráulicas y a las de sismo, por ser determinantes de la resistencia requerida a las estructuras, y a las originadas por variaciones de temperatura, por influir notablemente en el comportamiento de los materiales involucrados en el diseño.

Análisis de implantación y experiencia operativa

Los sumideros de contención no son accesibles durante la operación normal de la planta. Sólo es posible el acceso a los mismos durante determinadas ventanas de tiempo dentro de la parada para recarga, no siendo posible disponer simultáneamente de todos ellos. Tras la apertura programada de un sumidero, se deben acometer y concluir con éxito todas las



Figura 3. Instrumentación de medida del diferencial de presión y puerta de acceso a cámara interior.

tareas previstas con carácter previo al cierre y puesta en funcionamiento del mismo. El retraso en el cierre de un sumidero puede suponer el retraso en la finalización prevista de la parada para recarga. Los trabajos deben ejecutarse en el menor espacio de tiempo posible, para lo cual CNT gestiona capacidades, recursos y tiempos. En su contra, el limitado espacio dentro de los sumideros puede restringir el número de operarios que trabajan simultáneamente en la zona (Figura 3).

La tasa de dosis asociada a los recintos en los cuales se encuentran los sumideros puede llegar a ser relativamente elevada. La permanencia en la zona de los equipos de trabajo debe ser la mínima indispensable, siguiendo en todo momento los preceptos de la filosofía ALARA. Además, como todo trabajo en zona controlada, se ha de generar la menor cantidad de residuos posible.

La apertura y acceso al interior de los sumideros implica el desmontaje de, al menos, un panel integrante del filtro de gruesos y otro del filtro de finos. Cuando se realiza el cierre, se requiere reinstalar los paneles que hubieran sido desmontados, asegurando que se mantienen las condiciones geométricas y, en particular, el hecho de que no haya ningún intersticio de paso mayor a 30 mm en el filtro de gruesos y mayor a 2 mm en el filtro de finos. Esta necesidad convierte la operación de cierre en una maniobra de precisión, lo que resulta dificultoso y requiere gran cantidad de tiempo.

La aportación del análisis de implantación realizado por CNT, junto con la experiencia operativa acreditada, conforman un referente que ha permitido optimizar el diseño para convertirlo en versátil y fiable, así como de ejecución ágil, sencilla y sistemática.

CONCLUSIONES

Los criterios utilizados para la definición de la modificación de diseño de los sumideros de contención han permitido una ejecución fiable y eficiente, minimizando el impacto sobre la estructura existente y facilitando su mantenimiento e inspección de cara al futuro. Los análisis realizados aseguran la correcta funcionalidad de los sumideros en los diferentes escenarios postulados. La exigente planificación durante la parada de recarga ha requerido optimizar los tiempos de montaje y ha conseguido reducir la dosis radiológica del personal involucrado.

En conclusión, esta modificación de diseño se ha implantado con éxito en la recarga R426, finalizada en junio de 2014. Con ello, se da cumplimiento a la Instrucción Técnica del CSN, descartándose de forma envolvente fenómenos de potencial obstrucción por *debris* que puedan afectar a la capacidad de refrigeración del núcleo en un escenario de accidente, garantizando la función de recirculación post LOCA.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Juan Asensio Vega (CNAT). ■