

PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

INFORME FAVORABLE SOBRE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE DISEÑO PARA LA UTILIZACIÓN DE UN NUEVO MODELO DE BARRAS DE CONTROL MARATHON Y LA CORRESPONDIENTE REVISIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD DE CN COFRENTES

1. IDENTIFICACIÓN

1.1. Solicitante

Iberdrola Generación Nuclear S.A.U., Central Nuclear de Cofrentes (en adelante CNC).

1.2. Asunto

Solicitud de autorización de la modificación de diseño para utilización de la última generación de barras de control MARATHON (MARATHON Ultra) que suministra General Electric - Hitachi (GEH) y de aprobación de la modificación correspondiente del Estudio de Seguridad (ES), de CNC.

1.3. Documentos aportados por el solicitante

La propia solicitud, enviada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR), y recibida en el CSN con fecha 19 de noviembre de 2014 en su registro telemático, con número de registro de entrada 18128, que adjuntaba la solicitud nº 14/02 Rev. 0 “Nuevos modelos de barra de control Marathon”, de la central nuclear Cofrentes.

El documento contiene una descripción general del cambio, antecedentes, la justificación y análisis de aspectos relevantes para la seguridad, el impacto en documentos oficiales de explotación, y los siguientes Anexos:

- NEDE-33284-A GE Hitachi Nuclear Energy, “Licensing Topical Report: Marathon-5S Control Rod Assembly”.
- NEDE-33284 Suplement 1P-A GE Hitachi Nuclear Energy, “Licensing Topical Report: Marathon-Ultra Control Rod Assembly”.
- OCP-5263 “Cambio de Diseño de las Barras de Control”, en la cual se recogen asimismo los cambios propuestos al ES.

1.4. Documentos de licencia afectados

La solicitud afecta al Estudio de Seguridad de la central nuclear Cofrentes. En concreto, la solicitud afecta al Capítulo IV, Sección 4.2 “Proyecto de sistema de combustible”, para su actualización en coherencia con la modificación de diseño propuesta.

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA

Antecedentes y motivación

Hasta la Recarga 16 (2007), CNC venía sustituyendo las barras de control gastadas por otras del mismo diseño original que las instaladas desde el arranque de la planta (DuraLife 100 de GEH). El agotamiento del stock de repuestos para este modelo llevó a la central a incorporar, a partir de la Recarga 17 (2009), el nuevo diseño MARATHON-7, del mismo suministrador y compatible con el anterior, previa Resolución favorable de la Dirección General de Política Energética y Minas (DGEPM), de fecha 18 de septiembre de 2009.

Los diseños MARATHON han ido evolucionando y actualmente GEH proporciona los diseños MARATHON Ultra MD y Ultra HD, que incorporan mejoras en el diseño para incrementar los márgenes de seguridad frente al agrietamiento por corrosión bajo tensión asistida por irradiación.

Con fecha 13 de junio de 2014, se mantuvo una reunión entre representantes de CNC y del CSN para presentar los principales cambios previstos en relación con el núcleo del reactor de cara a la próxima Recarga de combustible (Recarga 20, septiembre de 2015), cuya acta de reunión fue remitida al titular mediante la carta de ref.: CSN/C/DSN/COF/15/04, y en la cual el CSN expuso que la introducción de un nuevo modelo de barras de control de barras se consideraba un tema significativo por lo que, en aplicación de la IS-21 del CSN, procedía solicitar su autorización.

Razones de la solicitud

CNC presenta esta solicitud de autorización de modificación de diseño, y de aprobación de los correspondientes cambios al ES, al objeto de sustituir progresivamente, a partir del próximo ciclo 21, las barras de control de la central, conforme se acercan al final de su vida útil, por el nuevo modelo de barras de control, MARATHON Ultra, que incorpora mejoras de diseño que las hacen más resistentes a la aparición de grietas que las actualmente utilizadas.

CNC presenta la solicitud de autorización de acuerdo a lo contemplado en el apartado 3.1.1 de la IS-21 del CSN, que contempla la posibilidad de solicitar este tipo de autorización para modificaciones que sean significativas desde el punto de vista de seguridad nuclear, cuando así sea requerido por la DGPEM, el CSN o a juicio del explotador.

Descripción de la solicitud

La solicitud presentada por CNC se refiere a la implantación de una modificación de diseño para la utilización en la central de la última generación de barras de control MARATHON Ultra que suministra GEH, según lo recogido en la orden de cambio de proyecto OCP-5263 "Cambio de diseño de las barras de control".

Asimismo, se solicita la aprobación de la revisión del ES para su actualización en coherencia con la modificación de diseño planteada. En concreto, los cambios al ES propuestos contemplan, en el capítulo IV “Reactor”, lo siguiente:

- Página 4.2-1: se cambia de dos a tres el número de tipos de barra de control descritos.
- Página 4.2-3: se incluye un párrafo de descripción de las barras MARATHON Ultra MD y HD con mención a las figuras y referencias que aparecen nuevas.
- Página 4.2-6: se incluyen dos referencias nuevas, NEDE-33284-A GE Hitachi Nuclear Energy, “Licensing Topical Report: Marathon-5S Control Rod Assembly” y NEDE-33284 Supplement 1P-A GE Hitachi Nuclear Energy, “Licensing Topical Report: Marathon-Ultra Control Rod Assembly”.
- Figuras 4.2.2b y 4.2.2c: se incluyen las figuras con los nuevos diseños de barras de control.

3. EVALUACIÓN

3.1. Referencia y título de los informes de evaluación:

En el proceso de evaluación se ha generado el siguiente informe:

- CSN/IEV/INNU/COF/1506/1116 Rev. 0 “Evaluación de la solicitud de CN Cofrentes para introducir un nuevo modelo de barras de control MARATHON”.
- CSN/IEV/IMES/COF/1505/1112 Rev. 0 “CN Cofrentes. Evaluación de la solicitud de autorización de nuevos modelos de barra de control Marathon”.

3.2. Resumen de la evaluación

En la evaluación del CSN se ha considerado la normativa y documentación siguiente, de la que se derivan los criterios de aceptación aplicables:

- Instrucción de Seguridad IS-27 del CSN, sobre requisitos generales de diseño de centrales nucleares, en particular el Criterio 21 sobre fiabilidad del sistema de protección y control de la reactividad.
- Instrucción de Seguridad IS-02 del CSN, sobre actividades de recarga en centrales de agua ligera, en particular el apartado 4.6 Nuevos tipos de combustible.
- Instrucción de Seguridad IS-21 del CSN, sobre requisitos aplicables a las modificaciones de diseño en centrales nucleares.
- NUREG-0800 Standard Review Plan Rev. 3, de la United States Nuclear Regulatory Commission (NRC), en particular el capítulo 4.2 Fuel System Design.

La evaluación del CSN de la solicitud presentada por CNC ha consistido en la revisión de la compatibilidad del nuevo diseño de las barras de control frente a las ya existentes verificando el cumplimiento de los criterios aplicables a este respecto.

No existen criterios específicos de licencia como tales aplicables a las barras de control (más allá del cumplimiento de su función) en relación con la vida útil o su valor en

reactividad. Sobre la incorporación de un nuevo diseño cabe exigir unas mínimas condiciones de equivalencia con las barras ya presentes en el núcleo, de manera que se garantice la uniformidad en el control del reactor. La NRC concreta estas condiciones en la revisión de una serie de aspectos: cambios en el diseño mecánico, mantenimiento de la capacidad de inserción de las barras de control, material de las barras de control compatible con el entorno del reactor, comprobación de que el valor de la reactividad de las barras de control está incluido en los análisis del núcleo del reactor y, previamente a un uso generalizado de nuevas barras de control, haber usado barras de control de prueba para verificación.

La modificación de diseño propuesta por CNC supone la introducción de un nuevo modelo de barras de control MARATHON, el diseño de última generación denominado MARATHON Ultra, en lugar del diseño MARATHON-7, que se está utilizando hasta ahora para sustituir barras que están alcanzando el fin de su vida útil. Los planes de introducción de estas barras de nuevo diseño son 10 unidades en cada una de las Recargas de los años 2015, 2017, 2019 y 2021.

El nuevo modelo MARATHON Ultra incorpora dos versiones, diseñadas ambas para sustituir a las MARATHON anteriores, distinguiendo dos posibles situaciones de exigencia: MARATHON Ultra MD (Medium Duty) para exigencia media (prestaciones medias), y MARATHON Ultra HD (High Duty) para exigencia alta (altas prestaciones), solicitando CNC la autorización para ambas versiones.

El término Ultra, utilizado en ambas versiones, es consecuencia de un diseño mecánico muy similar. Los términos HD y MD marcan la diferencia en cuanto al material absorbente del tubo exterior de cada ala de la barra de control, que en el modelo MD es carburo de boro mientras que en el HD es hafnio. El resto de los tubos de cada ala están compuestos por carburo de boro en ambos diseños. Los tubos de hafnio tienen una tasa de absorción neutrónica más alta que los de carburo de boro, lo cual supone variaciones en el comportamiento neutrónico y, por lo tanto, en la vida útil de la barra de control.

Las barras MARATHON Ultra MD anteriormente se denominaban MARATHON 5S, y bajo ese nombre recibieron aprobación de la NRC en junio de 2009 (NEDE-33284-A GE Hitachi Nuclear Energy, "Licensing Topical Report: Marathon-5S Control Rod Assembly"), existiendo actualmente más de 250 barras de este tipo en 10 centrales nucleares diferentes.

Las barras MARATHON Ultra HD fueron aprobadas por la NRC en febrero de 2012 (NEDE-33284 Supplement 1P-A GE Hitachi Nuclear Energy, "Licensing Topical Report: Marathon-Ultra Control Rod Assembly"), existiendo actualmente más de 100 barras de este tipo en 13 centrales nucleares diferentes.

Los citados documentos de aprobación de la NRC contienen especificaciones de las barras de control idénticas a las que se utilizarán en la central nuclear Cofrentes, y la autorización para su uso por parte del MINETUR, previo informe del CSN se entenderá que se refiere a barras de control con las características y materiales que se describen en dichos documentos. En estos documentos se identifican los criterios relativos al diseño mecánico de las barras de control, que son equivalentes a los que se emplearon en el licenciamiento de las versiones previas del modelo MARATHON, y que consisten en la verificación del cumplimiento de los límites de tensiones considerando las cargas

correspondientes a los diferentes niveles de servicio, en la verificación de la capacidad de inserción de las barras de control en el núcleo del reactor en todos los modos previstos y, en la verificación de la compatibilidad de los materiales de las barras de control con las condiciones esperadas en el núcleo del reactor.

Las barras MARATHON Ultra, en ambas versiones, son similares a las barras MARATHON actualmente cargadas en la central de Cofrentes, tanto en materiales como en diseño. La única diferencia es que la forma externa de los tubos absorbentes de las barras MARATHON-7 es cuadrangular, mientras que en las MARATHON Ultra es circular. Esta forma curvada sin ángulos elimina acumulación de tensión mecánica, y hace que sea menos susceptible a fallos por agrietamiento debido a corrosión bajo tensión (disminución de la probabilidad de aparición de grietas ante el hinchamiento del carburo de boro conforme avanza el agotamiento de dicho absorbente).

En este nuevo diseño, las capsulas que envuelven el polvo de carburo de boro están dimensionadas para que haya un huelgo radial entre las cápsulas y los tubos absorbentes, y permitir así el hinchamiento del carburo de boro en su interior y acomodar el helio que se genera, ambos fenómenos inducidos por la radiación. Este huelgo también existe en los tubos con hafnio.

Las grietas observadas en el pasado en las barras de control son debidas a la tensión y deformación que se produce en los tubos absorbentes externos por el hinchamiento de las capsulas de carburo de boro al irradiarse. Por lo tanto, el nuevo diseño favorece que no aparezcan grietas por esta causa. De hecho, el huelgo se ha dimensionado para que, tras el agotamiento del 100% de Boro-10, no se cierre ese huelgo asumiendo las peores tolerancias de fabricación y el máximo hinchamiento del carburo de boro. Por otra parte, GEH ha realizado cálculos de la presión de reventado de los tubos absorbentes debidos a la presión interna, aplicando un modelo de elementos finitos, que fue complementado con un programa de pruebas de reventado que confirmó el conservadurismo de este modelo. Tales cálculos fueron revisados por la NRC en su proceso de licenciamiento, y considerados aceptables.

El mencionado diseño del huelgo entre la capsula y el tubo externo lleva, según los cálculos del suministrador, a que la vida útil de las barras MARATHON Ultra no esté limitada por criterios mecánicos (presurización por helio generado, tensión por hinchamiento del carburo de boro), sino por criterios nucleares, relacionados con el agotamiento del veneno neutrónico contenido en las capsulas.

El espesor de la pared de la cápsula en el modelo HD, que es similar al espesor de la barra MARATHON-7, se ha reducido frente al del modelo MD para proporcionar mayor volumen de carburo de boro con el mismo diámetro exterior de la capsula, y aumentar así el tiempo de vida útil de la barra.

Las diferencias de diseño entre los modelos HD y al MD, diferente material absorbente en el tubo exterior de cada ala de las barras de control (hafnio en el primero, carburo de boro en el segundo) y diferente espesor de la pared de la cápsula, modifican el comportamiento térmico de las barras así como el peso total del conjunto, considerando la NRC válidas las conclusiones aceptables sobre el mantenimiento de la validez de los análisis teniendo en cuenta de tales diferencias.

En base a lo anterior, la evaluación del CSN considera que se cumple satisfactoriamente el criterio de verificación de que las tensiones y deformaciones derivadas de las condiciones normales, anormales y de emergencia no excedan las tensiones últimas de los materiales estructurales.

La anchura de las alas de las barras MARATHON Ultra es idéntica a la de las barras MARATHON-7 operativas en la central nuclear de Cofrentes, así como el resto de dimensiones del conjunto relevantes para la capacidad de inserción, de forma que las nuevas barras se adaptarán a las dimensiones de la celda de combustible en que se insertan, de la misma forma que lo hacían las barras del diseño original, para las cuales existe una extensa experiencia operativa. Por otro lado, los análisis de tensiones y deformaciones del nuevo modelo han demostrado que son capaces de soportar las diferentes condiciones de servicio sin que se produzca deformación permanente de las barras de control, y por tanto, manteniendo la geometría que garantiza su capacidad de inserción en el núcleo del reactor, con lo cual la evaluación del CSN considera que el criterio a este respecto se cumple satisfactoriamente.

La utilización de las barras MARATHON Ultra no supone una modificación en la configuración de las barras de control ni la introducción de nuevos materiales con respecto al diseño original, para el cual existe una larga experiencia operativa acumulada, por lo cual no se altera la compatibilidad de los mismos con el núcleo del reactor, por lo cual la evaluación de CSN considera que los criterios a este respecto se cumplen satisfactoriamente. En la central nuclear de Cofrentes cada ala de la barra de control alberga 14 tubos, de los cuales en el caso de las barras Ultra HD 13 llevan carburo de boro como absorbente neutrónico y el último más externo lleva hafnio, mientras que en las barras Ultra MD los 14 tubos llevan carburo de boro. En las MARATHON-7 actualmente instaladas de los 14 tubos por ala algunos llevan hafnio, la mayoría carburo de boro y alguno puede estar vacío.

En cuanto al criterio de evaluación relativo al análisis nuclear de las barras de control, en el caso de CNC, dentro de su metodología GIRALDA, todos los análisis se realizan incorporando la simulación de barras reales concretas, es decir, cada ciclo se reanaliza con los valores de reactividad realistas, con lo cual se garantiza que el valor de reactividad de las nuevas barras MARATHON Ultra está adecuadamente cubierto en sus análisis.

Los cálculos realizados para los límites de vida útil por criterios nucleares de las barras de control MARATHON Ultra en una central BWR/6 con retícula S, como es el caso de Cofrentes, muestran unos valores algo inferiores a los que se determinaron para las barras MARATHON-7. Este nuevo diseño supone una pequeña reducción en la vida útil debido a una menor cantidad de absorbente a cambio de una mejora significativa en fiabilidad mecánica, evitando la deformación por hinchamiento de la capsula, con lo que se reduce sustancialmente la probabilidad de agrietamiento. Con los diseños Ultra propuestos se consigue, pues, que la vida útil de las barras de control no esté limitada por criterios mecánicos, donde habían aparecido problemas con el diseño anterior, sino nucleares.

La monitorización en planta mediante el programa que realiza el seguimiento del núcleo, CAPRICORE, simulará específicamente las barras de los nuevos modelos para determinar su agotamiento.

La aplicación de la metodología licenciada GIRALDA simulará, como viene siendo habitual y mediante los códigos licenciados dentro de la misma, las nuevas barras de control con unas características neutrónicas específicas, cuando se evalúen transitorios, el margen de parada con barras de control y el resto de análisis que incorporan la reactividad de las barras de control como dato de entrada. La evaluación del CSN considera esta manera de proceder aceptable.

En cuanto al criterio de haberse utilizado, previamente a la utilización de nuevos modelos de barras de control, barras de control de pruebas para verificación, las barras MARATHON Ultra MD fueron objeto de programas de demostración en las centrales de Peach Bottom (EEUU) entre 2011 y 2013 y de Gundremmingen (Alemania) entre 2012 y 2014, no descubriéndose indicaciones de grietas. Asimismo, las barras MARATHON Ultra HD han sido verificadas mediante 4 barras de prueba en Gundremmingen en 2013, no apreciándose indicaciones de grietas.

En base a lo anteriormente expuesto, la evaluación del CSN considera aceptable la modificación de diseño propuesta por CNC para la utilización de los nuevos diseños de barras de control, MARATHON Ultra-MD y MARATHON Ultra-HD, a cargar en la central a partir del próximo ciclo 21, con las especificaciones que se encuentran descritas en los documentos soportando la propuesta NEDE-33284-A GE Hitachi Nuclear Energy, "Licensing Topical Report: Marathon-5S Control Rod Assembly" (para Ultra-MD) y NEDE-33284 Supplement 1P-A GE Hitachi Nuclear Energy, "Licensing Topical Report: Marathon-Ultra Control Rod Assembly" (para Ultra-HD).

A requerimiento del CSN, CNC remite periódicamente los informes de resultados del programa de vigilancia de GEH sobre las barras de control MARATHON de la central nuclear de Cofrentes. La evaluación del CSN considera que, con la incorporación de las barras de control MARATHON Ultra, el alcance del programa de vigilancia debe ser ampliado para cubrir estos nuevos modelos, y los resultados del mismo incorporados en los informes periódicos remitidos al CSN.

Por otra parte, la evaluación del CSN ha revisado los cambios propuestos al ES como consecuencia de la modificación de diseño propuesta, recogidos en el apartado de Descripción de la solicitud del presente informe, y los considera aceptables.

- **Deficiencias de evaluación: NO**
- **Discrepancias respecto de lo solicitado: NO**

4. CONCLUSIONES Y ACCIONES

Se propone informar favorablemente la solicitud de autorización de la modificación de diseño para utilización de la última generación de barras de control MARATHON (modelos MARATHON Ultra) que suministra General Electric - Hitachi (GEH) y de aprobación de la modificación correspondiente del Estudio de Seguridad, de CNC.

CNC deberá incluir los nuevos modelos de barras de control MARATHON Ultra dentro el alcance de los informes periódicos de resultados del programa de vigilancia sobre barras de control MARATHON que preceptivamente remite al CSN para información. Este aspecto será transmitido al titular mediante carta de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear.

Enumeración de las conclusiones:

- 4.1. Aceptación de lo solicitado: SI**
- 4.2. Requerimientos del CSN: NO**
- 4.3. Recomendaciones del CSN: NO**
- 4.4. Compromisos del Titular: NO**