

PROPUESTA DE DICTAMEN TECNICO

INFORME FAVORABLE DE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA EL USO DE ZIRLO OPTIMIZADO COMO MATERIAL DE VAINA DE LAS BARRAS COMBUSTIBLES, ASÍ COMO DE LAS PROPUESTAS DE CAMBIO ASOCIADAS DE LAS ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO Y DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD DE CN ASCÓ I Y CN ASCÓ II

1. IDENTIFICACIÓN

1.1 Solicitud

Solicitante: Asociación Nuclear Ascó-Vandellós II A.I.E. (ANAV)

1.2 Asunto

Solicitudes de autorización SA-A1/15-01 de CN Ascó I y SA-A2/15-01 de CN Ascó II para el uso de la aleación ZIRLO Optimizado como material de vaina de las barras combustibles para el 15 de noviembre de 2015, en Modo 6 en el proceso de arranque tras la Recarga 24 de CN Ascó I y para el 14 de mayo de 2016, en Modo 6 en el proceso de arranque tras la Recarga 23 de CN Ascó II.

1.3 Documentos aportados por el Solicitante

Solicitudes de autorización SA-A1/15-01 de CN Ascó I y SA-A2/15-01 de CN Ascó II para el uso de la aleación ZIRLO Optimizado como material de vaina de las barras combustibles, procedentes de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, recibidas en el CSN el día 7 de mayo de 2015, con nº de registro de entrada CSN 41891 y 41892 respectivamente.

Las solicitudes vienen acompañadas de la rev. 0 de los informes de ref. DST 2015/016 (Ascó I) y DST 2015/017 (Ascó II), de la rev. 0 de las propuestas de cambio a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) PC-1/309 (Ascó I) y PC-2/309 (Ascó II) y de la rev. 0 de las propuestas de cambio al Estudio de Seguridad (ES) PC-1/A135 (Ascó I) y PC-2/A133 (Ascó II).

1.4 Documentos de licencia afectados

Especificaciones Técnicas de Funcionamiento:
ETF 5.3.1. "Conjuntos combustibles"

Estudio de Seguridad:
Capítulos 4. Reactor
Capítulo 15. Análisis de accidentes

Es necesario que el CSN informe el cambio propuesto al Estudio de Seguridad, ya que éste requiere autorización de la DGPEM, al incurrir en los supuestos de la Instrucción IS-21 del CSN sobre modificaciones de diseño en centrales nucleares.

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA

2.1 Antecedentes

Actualmente se utiliza la aleación ZIRLO estándar como material de vaina combustible en CN Ascó I y II. El ZIRLO Optimizado es una aleación desarrollada y licenciada en EE.UU. por Westinghouse a partir de la aleación llamada ZIRLO, mediante la reducción del contenido en estaño (Sn). Esta reducción en la cantidad de estaño en la aleación le proporciona un aumento de la resistencia a la corrosión, manteniendo el resto de propiedades similares a las del ZIRLO Standard.

El ZIRLO Optimizado es una variación del anterior ZIRLO Standard, que ya se ha introducido en CN Almaraz II, tanto en recargas normales, como formando parte de un programa de demostración (informe ATA-CSN-010566. CN Almaraz. Resultados del programa de nuevos materiales de vaina. 21 de noviembre del 2014) que ya ha finalizado (aunque todavía no se tienen todos los datos de las inspecciones y ensayos realizados); en la que por una parte se ha llegado a quemados por encima de los límites actuales y por otra se obtendrán datos de creep (fluencia mecánica) durante la irradiación.

El ZIRLO Optimizado también ha sido licenciado en EE.UU. y otros países europeos, en reactores PWR como las Unidades I y II de CN Ascó, y actualmente hay más de 35 regiones de recarga de ZIRLO Optimizado en operación en EE.UU. semejantes a la solicitud de Ascó.

La justificación genérica empleada como soporte para el licenciamiento del ZIRLO Optimizado en EEUU ha sido realizada por Westinghouse y se ha incluido como anexo 1-A al informe WCAP-12610. La aprobación de la USNRC del uso del ZIRLO Optimizado se realizó con una serie de condiciones (SER NRC. "Final Safety Evaluation for Addendum 1 to Topical Report WCAP-12610-P-A and CENPD-P-A, Optimized ZIRLO" June 10 2005. USNRC) relativas a la actualización de la experiencia de irradiación del ZIRLO Optimizado hasta el quemado de licencia, de forma que se permitiera verificar la aplicabilidad de los modelos de comportamiento presentados por Westinghouse en la solicitud de licenciamiento, que en su mayor parte han sido resueltas. No obstante, se mantienen abiertas algunas de ellas y el CSN también las ha considerado como condiciones a la aprobación del uso de ZIRLO Optimizado en CN Almaraz. Estas condiciones se analizan en detalle en el informe de ref. DST 2015/016 (Ascó I) y DST 2015/017 (Ascó II).

También se ha identificado que para quemados altos (alrededor de 60 MWd/TmU) aparece una potencial afectación por el fenómeno denominado "Oxide Surface Peeling" (OSP), que es una pérdida de capa de óxido en las aleaciones de alta resistencia a la corrosión y capa de óxido fina. Este fenómeno se ha observado en varias plantas que utilizan ZIRLO Optimizado, y se analiza en detalle en el informe de ref. DST 2015/016 (Ascó I) y DST 2015/017 (Ascó II).

Puesto que este fenómeno no era conocido cuando se licenció su uso para CN Almaraz, el tema se trata en el apartado 3.2 de este informe.

Con anterioridad, ENUSA ha remitido al CSN documentación soporte relativa al ZIRLO Optimizado, con motivo del licenciamiento del uso del mismo en CN Almaraz, o del cumplimiento con las condiciones del licenciamiento. (ITEC-001683 rev.0, “Información al CSN de la Experiencia de la Vaina de ZIRLO Optimizado Licenciada en CN Almaraz Unidades I y II Actualizada a Abril del 2012”, abril 2012. Enusa.ITEC-001751 rev.0, “Información al CSN de la Experiencia de la Vaina de ZIRLO Optimizado Licenciada en CN Almaraz Unidades I y II Actualizada a Abril del 2013”, abril 2013. Enusa.Cartas de Westinghouse a la NRC de referencias: LTR-NRC-07-1, January 4, 2007, LTR-NRC-07-58, November 6, 2007, LTR-NRC-07-58 Rev. 1, February 5, 2008, LTR-NRC-08-60, December 30, 2008, LTR-NRC-10-43, July 26, 2010, y LTR-NRC-13-6, February 25, 2013, “SER Compliance of WCAP-12610-P-A & CENPD-404-P-A Addendum 1-A “Optimized ZIRLO™”).

2.2 Razones de la solicitud

La aleación ZIRLO Optimizado es una aleación comercial con mejores prestaciones en cuanto a corrosión que la aleación actualmente empleada como material de vaina combustible (ZIRLO Standard), con un menor contenido de hidrógeno. El resto de propiedades son similares, por lo que, sin detrimento de su comportamiento en operación, se espera que la nueva aleación ofrezca un margen adicional en condiciones de irradiación más severas (alto quemado) o requisitos reguladores más restrictivos.

2.3 Descripción del cambio propuesto

Como consecuencia de la modificación de diseño se ven afectadas las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento y el Estudio de Seguridad.

Propuesta de cambio a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento

ETF 5.3.1. “Conjuntos combustibles”

Se modifica la ETF para indicar que las varillas de combustible en los elementos combustibles de diseño MAEF+IFM pueden incorporar también tubo de ZIRLO Optimizado, al igual que en los casos en los que se sustituya alguna barra de combustible.

La ETF modificada quedaría redactada de la siguiente manera, resaltando los cambios al texto en negrita:

[...]

Los elementos combustibles del tipo MAEF+IFM contienen 264 varillas de óxido de Uranio ligeramente enriquecido con una longitud activa nominal de 3657,6 mm y vainas de **ZIRLO o de ZIRLO Optimizado**, a no ser que se haya justificado mediante una evaluación específica del ciclo, que utilice la metodología descrita en WCAP-13060-PA, la sustitución de un

número limitado de barras de combustible por varillas de relleno de acero inoxidable, de ZIRLO, **de ZIRLO Optimizado** o de Zircaloy-4.
[...]

Propuesta de cambio al Estudio de Seguridad

Las secciones de los capítulos 4 y 15 del Estudio de Seguridad de CN Ascó I y II (ES) se ven afectadas por la introducción de la vaina de ZIRLO Optimizado. Los cambios propuestos al capítulo 4 del ES responden a la mención de la aleación ZIRLO Optimizado como material de vaina de las barras combustibles. Se actualizan las referencias al material de vaina.

También se modifica el capítulo 15 para indicar que los análisis realizados para ZIRLO estándar también son aplicables a la nueva aleación ZIRLO Optimizado, incluyendo la referencia al Informe de ENUSA ITEC-1869 Rev. 0 *Evaluación de Seguridad del Combustible MAEF-2012 con Vaina de ZIRLO Optimizado para CN Ascó Unidades I y II* de febrero 2015 y recogiendo el nuevo límite al PCT en el accidente de Rotor Agarrotado para la vaina de ZIRLO Optimizado.

En concreto se modifican los siguientes apartados:

Capítulo 4. Reactor

4.1 Descripción general

4.2 Diseño mecánico

4.2.1.1.1. y 4.2.1.2.1. Barras combustibles

4.2.1.3 Evaluación del Diseño

4.2.1.3.1 Barras de Combustible

4.2.1.3.3 Experiencia Operacional

4.2.4 Referencias

Figura 4.2-3. Esquema de la barra combustible AEF y MAEF

4.3.2. Descripción

4.3.2.1 Descripción del diseño nuclear

Capítulo 15. Análisis de accidentes

15.3.1 LOCA por rotura pequeña

15.3.7 Referencias

15.4.1 Grandes roturas de tuberías del sistema de refrigeración del reactor (accidente de pérdida de refrigerante)

15.4.4 Rotor agarrotado de una sola bomba de refrigerante del reactor

15.4.4.3 Conclusiones

15.4.8 Referencias

3. EVALUACIÓN

3.1 Referencia y título de los informes de evaluación:

- CSN/IEV/INNU/AS0/1509/807: "Evaluación de las solicitudes de CN Ascó de introducir el ZIRLO Optimizado como material de vaina de las barras combustibles, así como de las solicitudes asociadas de cambio en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento y en los Estudios de Seguridad de ambas unidades".
- CSN/NET/IMES/AS0/1509/552: "Evaluación sobre la solicitud de uso de vainas de ZIRLO Optimizado en elementos combustibles MAEF 2012".

3.2 Resumen de la evaluación

La evaluación de los cambios propuestos por el titular se ha realizado teniendo en cuenta la siguiente normativa:

- Real Decreto 35/2008. Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- Instrucción de Seguridad IS-02 del CSN, por la que se regula la documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera (BOE de 15/09/2004).
- Instrucción de Seguridad IS-21 del CSN, sobre requisitos aplicables a las modificaciones en las centrales nucleares (BOE de 19/02/2009).
- Instrucción de Seguridad IS-27 del CSN, sobre Criterios Generales de Diseño (CGD) de Centrales Nucleares (BOE de 08/07/2010).
- Instrucción de Seguridad IS-32 del CSN, sobre Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de centrales nucleares (BOE de 05/12/2011).
- Instrucción de Seguridad IS-37 del CSN, sobre análisis de accidentes base de diseño en centrales nucleares (BOE 26/02/2015).
- PG.IV.08 Procedimiento de evaluación de II.NN. No constituye base de licencia y es el procedimiento estándar del CSN para guiar el proceso de evaluación.

Normativa del país de origen:

- 10 CFR 50.46 "Acceptance criteria for emergency core cooling systems for light-water nuclear power reactors".
- 10 CFR 50 App.K "ECCS evaluation models".

También se emplean los criterios contenidos en:

- R.G. 1.70 "Standard format and contents of safety analysis reports of nuclear power plants".
- NUREG 0800, March 2007, "Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants", Rev. 3.
- WCAP-12488-A, "Westinghouse Fuel Criteria Evaluation Process"

La evaluación efectuada se ha basado en la revisión de la documentación presentada por la central, así como en la evaluación previa de una solicitud semejante de CN Almaraz.

- Diseño mecánico del esqueleto de los elementos combustibles MAEF 2012 Optimizado

El uso del ZIRLO Optimizado solicitado para su utilización en las unidades 1 y 2 de CN Ascó, se restringe únicamente a su aplicación como aleación de las vainas de combustible y no a

otros componentes de los elementos combustibles. Por tanto, la evaluación realizada se limita a revisar el cumplimiento de los criterios de diseño mecánico del esqueleto de los elementos combustibles MAEF 2012 que puedan resultar afectados únicamente por el cambio de aleación en las vainas de combustible.

Las consecuencias del cambio de aleación en la vaina de las barras combustibles se analizan en el informe ITEC-1869. Tomando como referencia la evaluación de seguridad original de los EC MAEF 2012 que se desarrolla en el informe, INF-TD-007072, ""Evaluación del Cumplimiento de los Criterios de Diseño del Combustible MAEF-2012 para CCNN Asco I y II y CN Vandellós II", en la presente evaluación se revisa el cumplimiento de los criterios de diseño del WCAP-12488-A "Westinhouse Fuel Criteria Evaluation Process" que afectan al esqueleto de los elementos combustibles y que potencialmente resultan afectados por el cambio de aleación de las vainas, sobre la base de las justificaciones aportadas por ANAV.

La evaluación concluye que la introducción de ZIRLO optimizado como material de vaina no altera el cumplimiento de los criterios referenciados en el citado WCAP-12488-A, por lo que desde el punto de vista del diseño mecánico del elemento, la evaluación realizada sobre el elemento MAEF 2012 original sigue siendo válida.

- Condicionado de CN Almaraz

Como condiciones impuestas durante la evaluación de la NRC y que se mantuvieron para las aplicaciones en C.N. Almaraz, se consideran aplicables a CN Ascó las siguientes:

- i. El valor máximo de quemado medio de barra de ZIRLO Optimizado será de 62 GWd/TmU.
- ii. La temperatura máxima de vaina de ZIRLO Optimizado en el accidente de 15.4.4 del EFS (Rotor agarrotado de una sola bomba de refrigerante del reactor) no será superior a 1300°C.
- iii. El límite elástico aplicable al ZIRLO Optimizado debe reducirse respecto del ZIRLO Std de acuerdo con la Figura 1. El límite se expresa en función de la fluencia, siendo los valores de quemado que aparecen representativos de los que se darían en CN Ascó en condiciones semejantes.

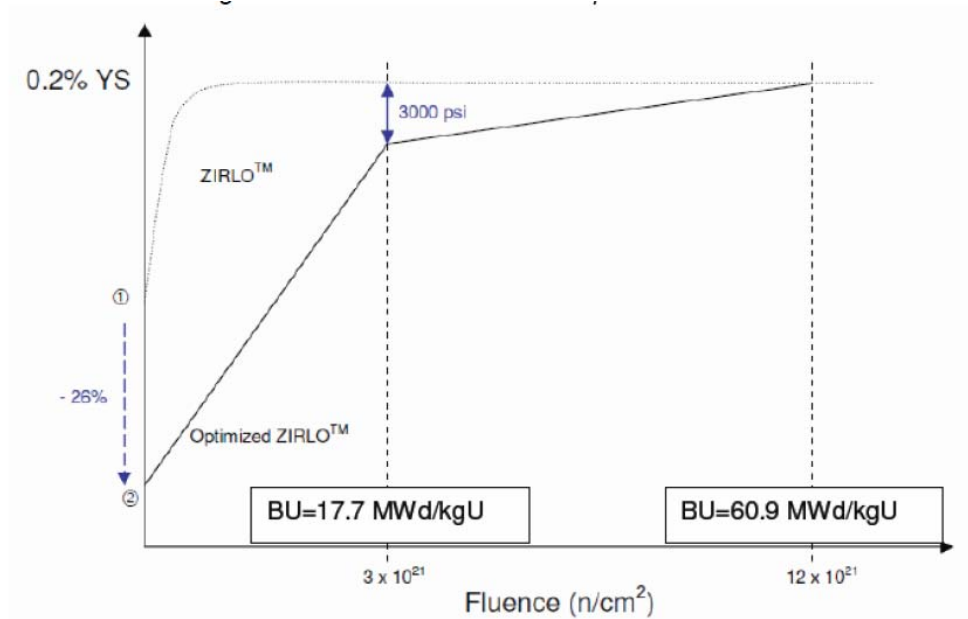


Figura 1

La limitación en el valor máximo de temperatura de vaina que se puede alcanzar en el accidente de rotor agarrotado (15.4.4 del Estudio de Seguridad de la Central) es debida a que la experimentación de oxidación del ZIRLO Optimizado se ha realizado a temperaturas inferiores a 1300°C (frente a los 1482°C del ZIRLO Std), la máxima temperatura asumible en este accidente debe ser 1300°C. Esto no supone un problema para CN Ascó, ya que la máxima temperatura que se alcanza en el análisis de rotor agarrotado o suelto es de 1033.3°C, inferior al nuevo límite prescrito. En cualquier caso, este límite ha de quedar como nueva condición para este accidente, y se habrá de modificar el Estudio de Seguridad para recoger esta nueva condición.

- Nueva experiencia operativa

Desde el licenciamiento del ZIRLO Optimizado para CN Almaraz, la experiencia operativa de este material ha aumentado considerablemente, tanto en Estados Unidos como en Europa.

En general, la experiencia nueva ha sido positiva, de forma que este material se ha consolidado como material de vaina cumpliendo con la expectativa de sufrir una menor corrosión en especial a quemados cerca del límite de licencia.

Sin embargo, ha aparecido un fenómeno desconocido durante el proceso de licenciamiento del ZIRO Optimizado por la NRC y para CN Almaraz, consistente en la descamación superficial parcial de la capa de óxido (OSP, Oxide Surface Peeling. Este fenómeno está analizado en los informes ITEC-001810 rev.0, "Informe de seguimiento del programa de demostración de nuevas aleaciones de vaina en CN Almaraz Unidad II. Inspecciones de la fase 2 del programa", abril 2014. ENUSA y COM-045977, "Solicitud de estimación de Precio Público por la realización de un informe de apreciación favorable del nuevo modelo de corrosión de vaina de ZIRLO y ZIRLO Optimizado para reactores de diseño PWR", agosto del 2014, ENUSA.

El OSP es un fenómeno no exclusivo del ZIRLO Optimizado, que aparece en aleaciones de circonio con alta resistencia a la corrosión, con espesores de óxido bajos después de operación, lo cual supone la pérdida local de una fracción superficial de la capa de óxido. El ZIRLO Optimizado, como aleación de alta resistencia a la corrosión, presenta cierta susceptibilidad a este fenómeno. Así, el examen metalográfico de muestras de ZIRLO Optimizado con OSP en celdas calientes (A. M. Garde, G. Pan, A. J. Mueller, and L. Hallstadius "Oxide Surface Peeling of Advanced Zirconium Alloy Cladding after High Burnup Irradiation in Pressurized Water Reactors" STP1543, Zirconium in the Nuclear Industry: 17th International Symposium, Pages 673-692, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013) muestra que se trata, efectivamente, de una pérdida local de las capas de óxido más superficiales.

Por tanto, es esperable que no se produzca un gradiente de temperatura en la vaina subyacente que conduzca a una precipitación diferenciada de hidruros (considerando, además, la pequeña concentración de hidrógeno absorbido por el ZIRLO Optimizado durante la oxidación) ni a una modificación de las propiedades mecánicas de la vaina. De estos dos efectos, el primero se ha comprobado en algunos casos mediante examen metalográfico.

Lo que sí parece claro de las medidas realizadas hasta la fecha es que el "Oxide Surface Peeling" (OSP) presenta una menor importancia desde el punto de vista de la amenaza a la integridad de la vaina que el fenómeno del "spalling" (exfoliación).

Por otra parte, la estrategia de ciclo de CN Ascó es la operación con inyección de zinc, lo que también lo hace distinto de CN Almaraz. En este caso, la magnitud más impactada es la corrosión, que no se evalúa en este informe. En cualquier caso, la experiencia es más limitada.

Por los dos temas anteriores, la evaluación del CSN considera que es necesario que CN Ascó lleve a cabo un programa de seguimiento e inspección del nuevo combustible con vainas de ZIRLO Optimizado, de manera que se compruebe el alcance e importancia para los criterios de diseño termomecánico asociados a la aparición de OSP, así como la posible influencia de la operación con inyección de zinc. Los resultados de este programa de seguimiento e inspección se deberán presentar al CSN cada 2 años.

- Cambios a las especificaciones técnicas y al estudio final de seguridad

La introducción del ZIRLO Optimizado como material de vaina obliga a modificar la Especificación Técnica 5.3.1 "Elementos Combustibles" para incluir este material en la misma. Se considera correcta la propuesta presentada por la central en las referencias.

Asimismo, el Estudio Final de Seguridad debe ser modificado para introducir la descripción del nuevo material (en el capítulo 4), así como la validez de los resultados de los análisis de accidentes del capítulo 15. Se considera correcta la propuesta presentada por la central.

CONCLUSIONES

CN Ascó ha presentado al CSN las solicitudes de autorización para cargar barras con vainas de un material denominado ZIRLOTM Optimizado en elementos 17*17MAEF+IFM, por lo

demás idénticos a los ya licenciados en CN Almaraz. La intención es cargarlos como una región de recarga en las próximas recargas de ambas unidades.

La variación más importante entre el ZIRLO Optimizado y el ZIRLO Std es la reducción en la cantidad de estaño, y el tratamiento térmico final, que produce una estructura parcialmente recristalizada. Estos cambios producen un mejor comportamiento frente a la corrosión (y, consiguientemente, la absorción de hidrógeno), un crecimiento longitudinal ligeramente menor, pero en cambio reduce el límite elástico.

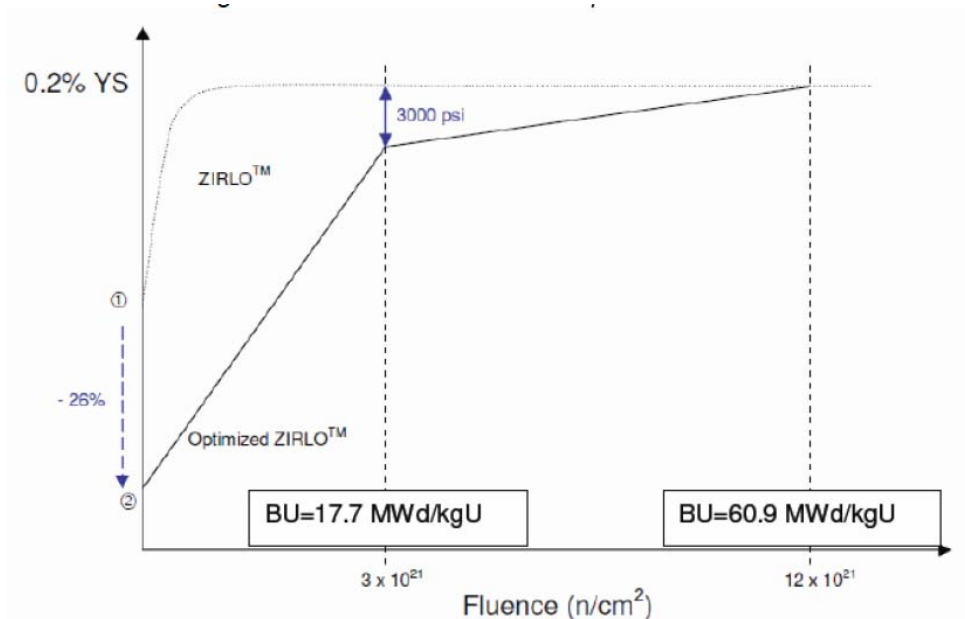
Este material está licenciado en EEUU y otros países europeos, así como en CN Almaraz, y tiene una experiencia de operación considerable. En todos los casos, la operación de estos elementos ha sido satisfactoria.

Los criterios y modelos de diseño actualmente en vigor para el ZIRLO Std son aplicables a este nuevo material, excepto el correspondiente al límite elástico que debe modificarse según condición 1.iii expresada más abajo.

El modelo de corrosión aplicado a este material y su límite no se evalúan, por ser objeto de otro proceso de licencia abierto actualmente (COM-045977, Solicitud de ENUSA de estimación de Precio Público por la realización de un informe de apreciación favorable del nuevo modelo de corrosión de vaina de ZIRLO y ZIRLO Optimizado para reactores de diseño PWR, de agosto del 2014). Durante el licenciamiento del ZIRLO Optimizado para CN Almaraz se usaba la misma correlación de corrosión para el nuevo material y para el Standard, ahora se pretende usar correlaciones diferentes.

Como resultado de la evaluación realizada, se considera que la introducción del ZIRLOTM Optimizado como material de vaina es aceptable, quedando esta aceptación sometida al siguiente conjunto de condiciones:

1. Como condiciones impuestas en la evaluación de la NRC y de CN Almaraz, y que se mantienen para las aplicaciones en CN Ascó, se consideran las siguientes:
 - i. El valor para el máximo quemado medio de barra de ZIRLO Optimizado será de 62 GWd/TmU.
 - ii. La temperatura máxima de vaina de ZIRLO Optimizado en el accidente de 15.4.4 del EFS no será superior a 1300°C.
 - iii. El límite elástico aplicable al ZIRLO Optimizado debe reducirse respecto del ZIRLO Std de acuerdo con la siguiente tabla



2. CN Ascó llevará a cabo un programa de seguimiento e inspección del nuevo combustible con vainas de ZIRLO Optimizado, de manera que se compruebe el alcance e importancia para los criterios de diseño termomecánico asociados a la aparición de OSP, así como la posible influencia de la operación con inyección de zinc. Los resultados de este programa de seguimiento e inspección se deben presentar al CSN cada 2 años.

Los cambios de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento se consideran adecuados.

Los cambios del Estudio de Seguridad se consideran adecuados.

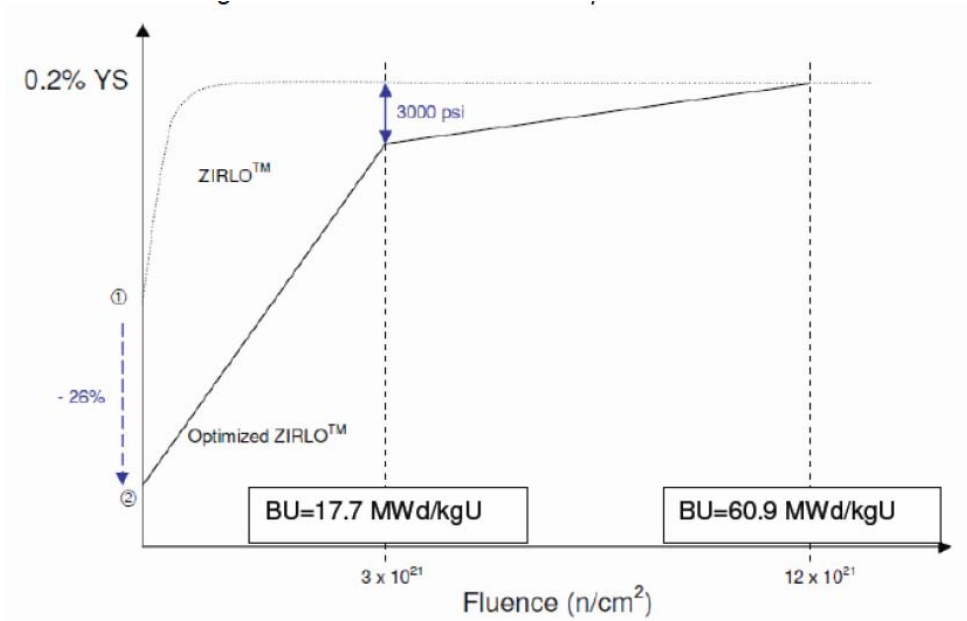
3.3 Deficiencias de evaluación: NO

3.4 Discrepancias respecto de lo solicitado: NO

4. CONCLUSIONES Y ACCIONES

Las solicitudes de autorización SA-A1/15-01 de CN Ascó I y SA-A2/15-01 de CN Ascó II para el uso de la aleación ZIRLO Optimizado como material de vaina combustible se consideran aceptables, así como las propuestas de cambio asociadas PC-309, revisión 0, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de CN Ascó I y CN Ascó II y las propuestas PC-1/A135 (Ascó I) y PC-2/A133 (Ascó II), revisión 0, de cambio al Estudio de Seguridad, con las siguientes condiciones:

1. El valor para el máximo quemado medio de barra de ZIRLO Optimizado será de 62 GWd/TmU.
2. La temperatura máxima de vaina de ZIRLO Optimizado en el accidente de 15.4.4 del EFS no será superior a 1300°C.
3. El límite elástico aplicable al ZIRLO Optimizado debe reducirse respecto del ZIRLO Std de acuerdo con la siguiente figura



4. Se llevará a cabo un programa de seguimiento e inspección del nuevo combustible con vainas de ZIRLO Optimizado, de manera que se compruebe el alcance e importancia para los criterios de diseño termomecánico asociados a la aparición de OSP, así como la posible influencia de la operación con inyección de zinc. Los resultados de este programa de seguimiento e inspección se deben presentar al CSN cada 2 años.

Una vez aprobados los cambios propuestos, éstos se aplicarán en Modo 6 en el proceso de arranque tras la Recarga 24 de CN Ascó I, prevista del 24 de octubre al 3 diciembre de 2015 y en Modo 6 en el proceso de arranque tras la Recarga 23 de CN Ascó II, prevista del 23 de abril al 2 junio de 2016.

Aceptación de lo solicitado: SI

Requerimientos del CSN: SI

Compromisos del titular: NO

Recomendaciones: NO