ÍNDICE

		Página
1.	IDENTIFICACIÓN	3
1.1.	Solicitante	3
1.2.	Asunto	3
1.3.	Documentos aportados por el solicitante	3
1.4.	Documentos oficiales	4
2.	DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROUESTA	4
2.1.	Antecedentes	4
2.2.	Motivo de la solicitud	4
2.3.	Descripción de la solicitud	6
3.	EVALUACIÓN	6
3.1.	Informes de evaluación	6
3.2.	Normativa y documentación de referencia	7
3.3.	Resumen de la evaluación	7
3.3.1.	Evaluación del área INNU	7
3.3.2.	Evaluación del área IMES	9
3.4.	Deficiencias de evaluación	11
3.5.	Discrepancias frente a lo solicitado	11
4.	CONCLUSIONES Y ACCIONES	11
4.1.	Aceptación de lo solicitado	12
4.2.	Requerimientos del CSN	12
4.3.	Compromisos del titular	12
4.4.	Recomendaciones	12

Anexo I: Escrito de resolución: CSN/C/SG/AS0/20/03

PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

INFORME SOBRE LA SOLICITUD DE APRECIACIÓN FAVORABLE PARA CONSIDERAR COMO "NO DAÑADOS" ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE DISEÑO OFA Y STD CON BAJO GRADO DE EXFOLIACIÓN EN CN ASCÓ

1. IDENTIFICACIÓN

1.1. Solicitante

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

1.2. Asunto

Solicitud de apreciación favorable de la metodología para considerar como "no dañados" elementos combustibles de diseño OFA (Optimized Fuel Assembly) y STD (Standard Fuel Assembly) con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido.

1.3. Documentos aportados por el solicitante

Con fecha 3 de abril de 2019, nº de registro de entrada 41838, se recibió la carta de referencia ANA/DST-L-CSN-4009, remitida por ANAV, adjuntando la solicitud SA-AC-19/01 rev. 0 *Solicitud de apreciación favorable para considerar como "no dañado" elementos combustibles con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido. Combustible diseño STD y OFA*.

Con la solicitud se incluye el documento DST 2019-43 rev. 0 "Informe soporte de la solicitud de apreciación favorable para considerar como "no dañado" elementos combustibles con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido. Combustible diseño STD y OFA", que incorpora como anexos, los siguientes documentos:

- ITEC-2203. Rev.0. "Verificación de la Integridad Mecánica de la Barra con Exfoliación para Combustible OFA durante Secado, Almacenamiento en Seco y Transporte en Contenedor HOLTEC". ENUSA. Febrero, 2019.

- ITEC-2183. Rev.0. "Verificación de la Integridad Mecánica de la Barra con Exfoliación para Combustible STD durante Secado, Almacenamiento en Seco y Transporte en Contenedor HOLTEC". ENUSA. Febrero, 2019.

- INF-TD-08216 Rev.4. "Metodología para la clasificación de combustible gastado respecto al estado de la capa de óxido para el secado, almacenamiento en seco y transporte". ENUSA. Febrero, 2019.

1.4. Documentos oficiales

N/A

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROUESTA

2.1. Antecedentes

En la carta de referencia ANA/DST-L-CSN-3318, de 4 de junio de 2015, ANAV presentó el dossier de solicitud de apreciación favorable de referencia SA-AC/15-06 Rev.0, para considerar como “no dañado” elementos combustibles tipos AEF (Advanced European Fuel), AFE+IFM (Intermediate Flow Mixers) y STD con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido.

Posteriormente, el 14 de octubre de 2015, ANAV presentó una nueva solicitud de apreciación favorable de referencia SA-AC/15-07 Rev.0 (carta de referencia ANA/DST-L-CSN-3373), para considerar como “no dañado” elementos combustibles tipo OFA también con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido.

Estas solicitudes, y en particular la metodología que se proponía en sus documentos de apoyo, fueron evaluadas por las áreas INNU e IMES. Durante el proceso de evaluación hubo diversas interacciones con ANAV y con ENUSA, esta última como empresa de ingeniería responsable de los cálculos soporte aportados con la solicitud.

Con el fin de agilizar el proceso de evaluación y autorización, se acordó con el titular incluir en el alcance únicamente los combustibles de diseño AEF y AEF+IFM, excluyendo el combustible STD de la solicitud SA-AC/15-06, y anulando la solicitud SA-AC/15-07 correspondiente al combustible de diseño OFA.

Finalmente, en febrero de 2018 el Pleno del Consejo acordó apreciar favorablemente la metodología para considerar como "no dañados" elementos combustibles con bajo grado de exfoliación en CN Ascó, limitada a elementos combustibles de los tipos AEF y AEF+IFM y con el resto de condiciones recogidas en el Anexo de dicha apreciación favorable (CSN/C/SG/AS0/18/01).

Tras la apreciación favorable del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), CN Ascó ha empleado esta metodología para categorizar como "no dañados" elementos combustibles AEF y AEF+IFM con bajo grado de exfoliación en las campañas de carga de contenedores realizadas en 2018 en ambas unidades.

2.2. Motivo de la solicitud

ANAV presenta esta solicitud para la carga de elementos combustibles tipo OFA y STD con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido en los sistemas HI-STORM y HI-STAR 100 de HOLTEC, licenciados para el almacenamiento y el transporte del combustible gastado de CN Ascó.

El fenómeno de exfoliación consiste en la pérdida local, como resultado de la irradiación, de una fracción del óxido formado en la superficie exterior de la barra combustible. La pérdida local del óxido conlleva la generación de un punto frío en el que, bajo determinadas circunstancias (que haya hidrógeno disponible, elevada temperatura y suficiente gradiente térmico para que se pueda producir la difusión del hidrógeno hacia el punto frío), se puede producir una precipitación acumulada de hidruros de circonio, formando una ampolla o "blíster" de hidruro.

El hidruro de circonio que se forma durante la irradiación tiene el comportamiento mecánico propio de los materiales cerámicos, esto es, propiedades mecánicas iguales o superiores a las del material metálico original de la vaina bajo cargas de compresión y potencialmente frágil a tracción. Por ello, la existencia de un blíster puede suponer una pérdida de capacidad mecánica de la vaina bajo cargas de tracción, y requiere una verificación del cumplimiento de las funciones de seguridad del sistema contenedor/combustible.

El desprendimiento de la capa de óxido de barras combustibles es un fenómeno que ya se había observado en inspecciones de elementos de combustible con vaina de Zircaloy-4, en plantas nucleares PWR, que se manifiesta con más probabilidad en barras combustibles con quemados cercanos o superiores a 38-40 MWd/kgU. Por lo tanto, este fenómeno no es exclusivo del combustible de CN Ascó, ni es consecuencia de la forma en la que ha sido operada la instalación.

Como ya se ha indicado, el desprendimiento de la capa de óxido en barras irradiadas de Zircaloy-4 puede ser un mecanismo de degradación de la capacidad de la vaina de combustible para realizar sus funciones de seguridad durante almacenamiento en seco y transporte.

A efectos de la elaboración de los planes de carga de contenedores de almacenamiento en seco de combustible gastado de CN Ascó, ANAV se encontraba con dos dificultades: la ausencia de una metodología de análisis de la integridad estructural de vaina de combustible con exfoliación en las condiciones de los escenarios de secado, almacenamiento en seco y transporte; y la carencia de un criterio objetivo que permita clasificar el combustible como “dañado” o “no dañado” para su carga en contenedores.

Ante la posibilidad de que el combustible gastado de CN Ascó I y II susceptible de ser almacenado en seco en el ATI (el combustible con mayor tiempo de enfriamiento, fabricado con vaina de Zircaloy-4) pudiera presentar indicaciones de exfoliación (como después se confirmó en las inspecciones realizadas), ANAV, CNAT, ENRESA y ENUSA lanzaron en 2013 un proyecto para el desarrollo de una metodología de análisis que permitiese realizar la clasificación del combustible con exfoliación como “dañado” o “no dañado”.

Dicho proyecto incluía las siguientes actividades:

- Campañas de inspección para determinar el estado del combustible gastado que se encuentra almacenado en las Piscinas de Combustible Gastado (PCG) de ambas unidades de CN Ascó, en particular en relación al fenómeno de exfoliación de la capa de óxido.

- Desarrollo de una metodología de análisis mecánico de combustible con bajo grado de exfoliación, para determinar si mantiene la integridad mecánica de vaina en determinadas condiciones y para los escenarios de secado, almacenamiento en seco y transporte.

- Aplicación de dicha metodología para el análisis mecánico de los diseños de combustible AEF; AEF+IFM, STD y OFA, considerando el sistema de almacenamiento licenciado para CN Ascó (HI-STORM 100 con MPC-32 de HOLTEC). También se ha tenido en cuenta en el análisis el contenedor de transporte HI-STAR 100 de HOLTEC.

- Desarrollo de una metodología de clasificación del combustible gastado respecto al estado de la capa de óxido.

En la actual situación, próxima a la saturación, de las piscinas de almacenamiento de combustible gastado (PCG) de ambas unidades de CN Ascó, ANAV plantea solicita hacer uso de la metodología de análisis del combustible con exfoliación en la elaboración de los planes de carga de contenedores, incluyendo elementos combustibles tipo OFA y STD con bajo grado de exfoliación que, de acuerdo con la metodología desarrollada, pudieran clasificarse como "no dañados".

2.3. Descripción de la solicitud

ANAV solicita al CSN la apreciación favorable de la metodología para considerar como “no dañado” elementos combustibles con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido de diseño OFA y STD. En el informe que se adjunta a la solicitud, se define el proceso a seguir para establecer la clasificación anterior y se detallan las actividades en las que ha participado ANAV para desarrollar y soportar esta metodología.

La citada metodología tiene como objetivo demostrar el cumplimiento de las funciones de seguridad del sistema contenedor HOLTEC (HI-STORM y HI-STAR 100) de CN Ascó durante los procesos de secado, almacenamiento en seco (ATI) y transporte del combustible gastado hasta una nueva ubicación.

La verificación de las funciones de seguridad consiste en el mantenimiento de la integridad mecánica del combustible que presenta un defecto con unas dimensiones máximas preestablecidas que simulan la ampolla de hidruro de circonio. Una vez verificada la integridad mecánica de la barra con dicho defecto, el combustible con exfoliación podrá clasificarse como combustible “no dañado” siempre que se compruebe que está cubierto por este análisis.

3. EVALUACIÓN

3.1. Informes de evaluación

CSN/IEV/INNU/AS0/2004/1025, rev. 0: Evaluación de la solicitud de Apreciación Favorable presentada por CN Ascó para considerar como “No dañado” elementos combustibles de

diseño OFA y STD de bajo quemado y bajo grado de exfoliación de la capa de óxido en aspectos responsabilidad de INNU.

CSN/IEV/IMES/AS0/2005/1027, rev. 0: Evaluación de la solicitud de Apreciación Favorable presentada por CN Ascó para considerar como "No dañado" elementos combustibles tipo OFA y STD de bajo quemado y con bajo grado de exfoliación (spalling), en aspectos responsabilidad de IMES.

3.2. Normativa y documentación de referencia

- Instrucción IS-26 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a instalaciones nucleares, de 16 de junio del 2010.

- NUREG-1536, “Standard review Plan for spent Fuel Dry Storage Systems at a General License Facility“, rev.1, Julio 2010.

- NUREG-1617 “Standard Review Plan for Transportation Packages for Spent Nuclear fuel”, Enero 2000.

- NRC Interim Staff Guidance (ISG)-1 Rev.2, “Classifying the Condition of Spent Nuclear Fuel for Interim Storage and Transportation Based on Function”, May 2007.

- Interim Staff Guidance (ISG)-11, rev. 3. “Cladding considerations for the transportation and storage of spent fuel”. November 2003.

- NRC Interim Staff Guidance (ISG)-12 Rev.1, “Buckling of Irradiated Fuel under Bottom End Drop Conditions”.

La aceptabilidad de los análisis mecánicos se verifica frente a los criterios de la metodología “European Fitness-for-Service Network”, FITNET MK8, noviembre 2006.

3.3. Resumen de la evaluación

La metodología, cuya apreciación favorable solicita CN Ascó, viene recogida en los documentos ITEC-2203 e ITEC-2183 elaborados por ENUSA, empresa contratada por ANAV para realizar este desarrollo. Las áreas de Ingeniería Mecánica y Estructural (IMES) e Ingeniería del Núcleo (INNU) han realizado la evaluación de dichos documentos de forma complementaria.

3.3.1. Evaluación del área INNU

El área INNU ha evaluado la metodología establecida en los informes ITEC-2203 e ITEC-2183 centrándose en los siguientes aspectos:

1. Las hipótesis y datos del combustible utilizados como entrada de los análisis realizados.

2. Los datos relativos a las propiedades del material de vaina irradiado correspondientes con su grado de hidruración y con la morfología de los hidruros.

3. Las características (tamaño y morfología) asumidas para el defecto que supone la existencia en la vaina de una posible lente de hidruros (*blíster*) en las zonas en la que se ha identificado la exfoliación.

La solicitud incluye en su alcance los elementos combustibles que cumplen los siguientes requisitos:

- Elementos combustibles de diseño OFA y STD,

- Con exfoliación en los vanos 5, 6 y 7, pero no en los inferiores,

- Con quemado medio de elemento inferior o igual a 45 GWd/TU, espesor de capa de óxido menor de 150 µm (valor *upper bound*) y una tensión circunferencial en cualquier barra durante secado inferior o igual a 90 MPa, y

- Alojado en el sistema contenedor de HOLTEC, HI-STORM/HI-STAR 100 para CN Ascó.

Hay que indicar que, aunque el alcance de la solicitud que se evalúa son los diseños de combustible OFA y STD, y la solicitud apreciada favorablemente en febrero de 2018 era para combustible AEF y AEF+IFM, a efectos de propiedades y comportamiento mecánico se trata, en todos los diseños, de vainas del mismo material (Zircaloy-4) del mismo espesor y geométricamente muy similares, sometidas a las mismas condiciones de irradiación en el reactor de CN Ascó (sin alcanzar los 45 GWd/TmU) y que van a ser cargadas en el mismo sistema de contenedores de almacenamiento y transporte. Por lo tanto, la información soporte considerada aceptable y los criterios aplicados por INNU para la evaluación han sido los mismos que ya se tuvieron en cuenta en la evaluación de la metodología para AEF y AEF+IFM.

Como resultado de la evaluación de los aspectos indicados en los párrafos anteriores, el área INNU concluye:

1. De acuerdo con la solicitud, la metodología se aplica a los elementos combustibles que cumplen los requisitos indicados anteriormente.

2. Los datos de entrada de la metodología que afectan a las propiedades de la barra de combustible tras su irradiación y a la caracterización del defecto (curva de enfriamiento, grado de quemado, espesor máximo de la capa de óxido, tensión circunferencial, propiedades mecánicas y tenacidad a la fractura del Zircaloy-4, propiedades de la pastilla de UO2 irradiada, propiedades del *blíster* en compresión y dimensiones del *blíster*) se consideran adecuados.

3. Las condiciones de la barra durante el escenario de secado, así como los resultados de este escenario, se consideran adecuados.

4. El estudio de posible fallo por excesiva fluencia mecánica (*creep*) durante el almacenamiento, incluidos las hipótesis, el tipo de fallo, el modelo, el criterio de fallo y los resultados, se consideran adecuados.

Por todo lo anterior, dentro de sus competencias, el área INNU considera que la solicitud soportada por los documentos ITEC-2203 e ITEC-2183 demuestra adecuadamente que el combustible de diseño OFA y STD, con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido de la barra de combustible, que cumple las características descritas anteriormente, puede ser considerado como "no dañado" para su carga en el sistema contenedor de HOLTEC HI-STORM/HI-STAR 100 para CN Ascó.

La evaluación destaca que el alcance de la solicitud no contempla que el combustible considerado de bajo grado de exfoliación pueda clasificarse como "no dañado" para otros sistemas de contenedores o cápsulas de almacenamiento y/o transporte diferentes del HOLTEC, o en posteriores operaciones que se realicen con este combustible (por ejemplo, en el almacén temporal centralizado, ATC). Por ello se considera necesario que el titular haga constar este hecho en la documentación de clasificación de combustible soporte del Plan de Carga cuando se carguen como "no dañados" elementos con bajo grado de exfoliación.

3.3.2. Evaluación del área IMES

El área IMES ha evaluado la validez de los cálculos presentados en los documentos ITEC-2203 e ITEC-2183 Rev.0 para clasificar como "no dañados" elementos de combustible de los tipos OFA y STD que presentan un bajo grado de exfoliación de la capa de óxido de la barra de combustible (*spalling)*, aplicados a los escenarios de secado y accidentes postulados de transporte, centrándose en los siguientes aspectos:

1. Alcance de los documentos ITEC-2203 e ITEC-2183 Rev.0.

2. Criterios utilizados para la evaluación mecánica de la integridad de la barra de combustible con *spalling*: metodología FITNET.

3. Hipótesis y modelos de cálculo utilizados para determinar el nivel de tensiones en la barra de combustible.

4. Modelización de las ampollas de hidruros (*blíster*) para la verificación de la barra de combustible con *spalling* mediante los criterios de aceptación de FITNET y resultados obtenidos.

Un elemento de combustible (EC) puede considerarse como "no dañado", para un sistema de almacenamiento y/o transporte, si cumple todas las funciones requeridas específicas del combustible y relacionadas con dichos sistema de almacenamiento y/o transporte.

Las posibles ampollas de hidruro formadas en el espesor remanente (descontando el óxido) de la vaina de la barra de combustible, asociadas con la presencia de exfoliación, pueden

mermar la capacidad resistente de la misma y provocar, en caso de rotura, la liberación de material radiactivo a la cavidad del contenedor. La metodología que se utiliza en los documentos ITEC-2203 e ITEC-2183 para los diseño OFA y STD respectivamente, trata de determinar si los EC con exfoliación cumplen con las funciones requeridas en los estudios de seguridad del sistema de almacenamiento HI-STORM y del contenedor de transporte HI-STAR de CN Ascó, y por lo tanto pueden ser cargados como no dañados en este sistema de almacenamiento y transporte.

La evaluación del área IMES parte de hipótesis y características del defecto consideradas en los cálculos presentados por ANAV, cuya evaluación no entra en las competencias de dicha área, y que han sido evaluadas y aceptadas por la evaluación del área INNU.

Como resultado de la evaluación de los aspectos indicados en los párrafos anteriores, el área IMES concluye:

1. En los ITEC- 2203 e ITEC-2183 se analiza el comportamiento de la barra de combustible con bajo grado de exfoliación frente a las cargas producidas durante el proceso de carga y secado del contenedor y durante las caídas en los casos hipotéticos de accidente en transporte. La evaluación considera que las situaciones contempladas en dichos ITEC son las necesarias y suficientes para verificar la integridad mecánica de la barra afectada por el defecto asociado con exfoliación en el sistema de almacenamiento y transporte HI-STORM /HI-STAR 100.

2. La aplicación de la metodología FITNET para la verificación de las propiedades mecánicas de una barra de combustible con exfoliación es adecuada y se ha utilizado un nivel de análisis conservador y congruente con el conocimiento existente de las propiedades del material.

3. La evaluación considera que las condiciones de contorno utilizadas en los análisis, en cuanto a combinación de temperatura de vaina y propiedades mecánicas, envuelven adecuadamente la vida de diseño del sistema de almacenamiento y transporte HI-STORM /HI-STAR 100.

4. Los modelos de cálculo utilizados para el análisis de las caídas en caso de accidente en transporte son adecuados para calcular de forma conservadora las cargas/tensiones en la sección de la barra de combustible, que son utilizadas posteriormente para la verificación de la integridad de la vaina mediante el FAD (*Failure Assessment Diagram*).

5. La modelización del defecto para simular la ampolla de hidruros (grieta plana frente a cargas radiales y falta de material frente a cargas de flexión) es adecuada para evaluar de forma conservadora la integridad de la vaina de combustible mediante la metodología FITNET. Los factores de seguridad calculados en todos los casos de carga estudiados son mayores que 1, por lo que se concluye que no se pierde la integridad de la barra de combustible tipo OFA y STD con exfoliación ni durante el secado, ni en las caídas postuladas desde nueve metros en transporte y considera

demostrado que el elemento de combustible con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido cumple las funciones de seguridad en el sistema de almacenamiento HI-STORM 100/Transporte HI-STAR, y es posible clasificarlo como "no dañado" para su uso en este sistema de almacenamiento y transporte.

Por todo ello, y teniendo en cuenta el nivel de conocimiento actual del fenómeno de exfoliación, la evaluación considera que los análisis presentados en los documentos ITEC-2203 e ITEC-2183 para los elementos combustibles tipo OFA y STD, respectivamente, demuestran de forma razonablemente conservadora que la integridad estructural de las barras de combustible tipo OFA y STD con ligera exfoliación, se mantiene en el sistema de almacenamiento HI-STORM 100 utilizado en CN Ascó y en el contenedor de transporte HI-STAR, durante las operaciones de corta duración, y en los casos de operación normal y condiciones hipotéticas de accidente, y por lo tanto puede clasificarse como "no dañado" para su uso en este sistema de almacenamiento y transporte.

Las conclusiones del informe señalan dos aspectos adicionales:

- Se deberán actualizar los Estudios de Seguridad del HI-STORM 100 y del HI-STAR, para que incluyan la definición de combustible "no dañado" de acuerdo con la ISG-1 rev.2.

- Los elementos de combustible tipo OFA y STD con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido se pueden clasificar como "no dañados" de acuerdo con los análisis realizados en los ITEC-2203 e ITEC-2183, exclusivamente para su almacenamiento y transporte en el Sistema HI-STORM/HI-STAR 100. Estos análisis no son válidos para justificar dicha clasificación en otros sistemas de contenedores de almacenamiento y transporte, ni en posteriores operaciones que se realicen con este combustible.

3.4. Deficiencias de evaluación

No.

3.5. Discrepancias frente a lo solicitado

No.

4. CONCLUSIONES Y ACCIONES

Como resultado de la evaluación efectuada se considera que puede apreciarse favorablemente la metodología presentada por CN Ascó para considerar como "no dañados" elementos combustibles de diseño OFA (Optimized Fuel Assembly) y STD (Standard Fuel Assembly) con bajo grado de exfoliación de la capa de óxido, con las siguientes condiciones:

1. Aplica a elementos combustibles "con bajo grado de exfoliación" definidos como:

    - Elementos combustibles de los tipos OFA y STD,

- Con exfoliación en los vanos 5, 6 o 7, pero no en los inferiores, y

- Con quemado medio de elemento inferior o igual a 45 GWd/TU, espesor de capa de óxido menor de 150 µm (*valor upper bound*) y una tensión circunferencial en cualquier barra durante secado inferior o igual a 90 MPa.

2. Los elementos de combustible definidos en el punto anterior se pueden clasificar como "no dañados" de acuerdo con los análisis realizados en los ITEC-2203 e ITEC-2183, exclusivamente para su almacenamiento y transporte en el sistema contenedor de HOLTEC HI-STORM/HI-STAR 100 licenciado para CN Ascó.

3. La metodología no es válida para justificar la clasificación de estos elementos combustibles como "no dañados" en otros sistemas diferentes de contenedores de almacenamiento y transporte, ni en posteriores operaciones que se realicen con este combustible.

4. Cuando se carguen como "no dañados" elementos con bajo grado de exfoliación, este hecho quedará recogido en la documentación de clasificación del combustible soporte del Plan de Carga.

5. El titular deberá revisar los Estudios de Seguridad del sistema de contenedor HI-STORM/HI-STAR 100 licenciado para CN Ascó, para incluir la definición de combustible "no dañado" de acuerdo con la ISG-1 rev.2 de la NRC.

4.1. Aceptación de lo solicitado

Sí, con las condiciones indicadas en el apartado 4.

4.2. Requerimientos del CSN

No.

4.3. Compromisos del titular

No.

4.4. Recomendaciones

No.