

Índice

1. IDENTIFICACIÓN	2
2. ANTECEDENTES DEL BULTO	3
3. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA SOLICITUD	4
4. DOCUMENTACIÓN PRESENTADA	4
5. DESCRIPCIÓN DEL BULTO	5
5.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA	5
5.2. DESCRIPCIÓN EN DETALLE DEL EMBALAJE	5
5.3. DESCRIPCIÓN EN DETALLE DEL CONTENIDO	15
5.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN	20
5.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONFINAMIENTO	20
6. EVALUACION	20
6.1 ALCANCE	20
6.2 REQUISITOS REGLAMENTARIOS	21
6.3 EVALUACIÓN DEL TÉRMINO FUENTE	29
6.4 EVALUACIÓN DE BLINDAJE	30
6.5 EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS TÉRMICOS	33
6.6 EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS ESTRUCTURALES	38
6.7 EVALUACIÓN DE LA CONTENCIÓN	45
6.8 EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD Y ESTADO DEL COMBUSTIBLE	47
6.9 EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE GARANTIA DE CALIDAD	
DENTRO DEL SISTEMA DE GESTIÓN	49
6.10 INSTRUCCIONES DE USO Y MANTENIMIENTO	52
6.11. PROPUESTA DE CONDICIONADO DEL CERTIFICADO	
DE APROBACIÓN	56
7. CONCLUSIONES	62
8. PROCEDIMIENTOS SEGUIDOS	62
9. RELACIÓN DE INFORMES	62
10. REFERENCIAS	63
ANEXO I: Propuesta de dictamen y condicionado	65

1. IDENTIFICACIÓN

ENTIDAD SOLICITANTE

NOMBRE: Equipos Nucleares S.A.

DOMICILIO SOCIAL C/ José Ortega y Gasset 20, 5º

LOCALIDAD: Madrid

PAÍS: España

FIRMANTE DE LA SOLICITUD:

NOMBRE:

CARGO: responsable del proyecto ENUN 32P

FECHA DE ENTRADA EN EL CSN:

El proceso de licenciamiento del contenedor ENUN 32P como bulto de transporte se inició en [febrero del año 2012](#) (la solicitud adjuntaba la revisión 1 del Estudio de Seguridad del bulto). La solicitud inicial fue retirada por ENSA en [octubre de 2013](#), y posteriormente enviada nueva solicitud en [febrero de 2014](#) (adjuntando la revisión 2 del Estudio de Seguridad).

El 24 de febrero de 2016 (nº de registro 40863), procedente de la Dirección General de Política Energética y Minas (DGPEM) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio se recibe nueva petición de informe, adjuntando escrito de ENSA solicitando la aprobación de diseño del contenedor de transporte ENUN 32P (acompañado de la revisión 3 del Estudio de Seguridad), que anula la solicitud de febrero de 2014.

Con posterioridad, el 24 de agosto de 2016 (nº de registro 13866), y también procedente de la DGPEM se recibe nueva petición de informe adjuntando escrito de ENSA solicitando la aprobación del contenedor, acompañado de la revisión 4 del Estudio de Seguridad, que actualiza el documento y recoge las modificaciones derivadas del proceso de licenciamiento, anulando la solicitud de febrero de 2016 [1].

2. ANTECEDENTES DEL BULTO

- TIPO DE BULTO

FISIONABLE: B(U)

- APROBADO ANTERIORMENTE EN ESPAÑA: NO

- MODOS DE TRANSPORTE:

CARRETERA: SI

FERROCARRIL: SI

MAR: SI

AIRE: NO

- OBSERVACIONES:

El bulto ENUN 32P es un contenedor de doble propósito, válido tanto para el almacenamiento como para el transporte de combustible gastado. El diseño para el almacenamiento ha sido aprobado para su uso en instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, cumpliendo lo requerido por el artículo 80 del Reglamento para Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR), según resolución de la DGPEM de fecha [22 de septiembre de 2015 \[2\]](#), previo informe preceptivo del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), basado en la propuesta de dictamen técnico de referencia [CSN/PDT/ARAA CONT/ENUN/1507/01](#).

Muchas de las cuestiones ya evaluadas para la aprobación del contenedor desde el punto de vista del almacenamiento son válidas para su condición de transporte, lo que se concreta en los diferentes informes de evaluación emitidos con motivo de la aprobación como bulto de transporte, que es objeto de este informe, y en los correspondientes apartados de esta PDT.

3. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA SOLICITUD

El Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) [3] en el que se basa la normativa nacional vigente, establece la necesidad de que el diseño de los bultos de transporte tipo B(U)F se someta a un proceso de aprobación. Este requisito se encuentra recogido en los apartados 6.4.22.2 del Acuerdo europeo para el transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR) [4], del Reglamento relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril (RID) [5], y del Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG) [6].

Sobre la base de esta normativa, ENSA ha solicitado la aprobación del contenedor ENUN-32P, acompañando su solicitud con el Estudio de Seguridad de referencia 9231-T, en revisión 4 [8] y con el resto de documentación identificada en la Guía de Seguridad 6.4 del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) [9], con objeto de poder transportar combustible gastado.

A diferencia de otros contenedores ya aprobados en España para el almacenamiento y transporte de combustible gastado, en los que el contenido correspondía a una central nuclear específica, el contenedor ENUN-32P está diseñado para almacenar y transportar en su interior elementos combustibles gastados de diferentes diseños (Westinghouse y Siemens-KWU) y procedentes de cualquiera de las centrales nucleares españolas con reactores PWR.

4. DOCUMENTACIÓN PRESENTADA

La solicitud presentada en fecha 24/08/2016 estaba acompañada por la siguiente documentación:

- Información General
- Especificaciones del Contenido Radiactivo del Bulto
- Especificaciones del Embalaje
- Informe de Ensayos
- Estudio de Seguridad (9231-T, Rev. 4).
- Plan de Calidad (9231QP001, Rev. 8).
- Informes de Cálculo Soporte y Planos de Licencia.

5. DESCRIPCIÓN DEL BULTO

5.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA

El contenedor ENUN 32P ha sido diseñado para albergar 32 elementos combustibles gastados tipo PWR, así como componentes asociados al núcleo o aditamentos procedentes de los siguientes reactores nucleares de agua ligera ubicados en el territorio español:

Los diseños de combustibles que puede albergar el contenedor son:

- Siemens KWU 16x16-20,
- Westinghouse 17x17,

El contenedor ENUN 32P no dispone de ninguna función activa de seguridad. Cada función de control de criticidad, protección radiológica, contención y térmica (evacuación de calor) es realizada mediante medios pasivos.

Es un contenedor metálico multipropósito capaz de operar tanto en la modalidad de almacenamiento como en la de transporte, la cual podrá ser intermodal: terrestre (ferrocarril, carretera) o marítima.

5.2. DESCRIPCIÓN EN DETALLE DEL EMBALAJE

El contenedor ENUN 32P empleado en la modalidad de transporte, se basa en cuatro grupos principales de componentes (figura 5.1):

- Cuerpo o vaso.
- Sistema de cierre
- Bastidor de combustible
- Limitadores de impacto

a) Cuerpo o vaso

El contenedor ENUN 32P es un cilindro formado principalmente por dos **virolas cilíndricas** y un fondo soldados entre sí formando el cuerpo del contenedor. A su vez, el fondo lo constituye una pieza de forja circular que va también soldada a la virola inferior. Situadas radialmente sobre las virolas cilíndricas (superior e inferior) se sitúan las aletas de aluminio disipadoras de calor, el material de blindaje neutrónico, y como

superficie más exterior, la virola envolvente del tanque de blindaje neutrónico (ver figura 5.2 y 5.3)

[Figura eliminada]

Figura 5-1 Vista general de los componentes del bulto ENUN- 32P

Para facilitar la descontaminación, las superficies externas del contenedor se han diseñado y terminado de forma que no tengan partes salientes, a excepción de los cuatro muñones de elevación (2) y rotación (2).

Las **aletas de aluminio disipadoras de calor** forman un conjunto situado en el espacio anular existente entre las virolas interiores y la virola del tanque de blindaje neutrónico, y presentan un esviaje respecto a la dirección radial del contenedor. (ver figura 5-2).

En el espacio anular entre las aletas va instalado el material de blindaje neutrónico (ver figura 5-2).

El **blindaje neutrónico** es un polímero hidrogenado sintético, sólido en servicio, cuyas propiedades como absorbente de neutrones se logran mediante adición de carburo de boro.

[Figura eliminada]

Figura 5-2 Figura esquemática del cuerpo del contenedor ENUN-32P

Los **muñones de elevación** son dos muñones macizos de acero de alta resistencia, que tienen como función el izado y manejo del contenedor (ver figura 5-2).

En el extremo del muñón se mecaniza una brida para asegurar el yugo de elevación y evitar que éste se pueda desenganchar inadvertidamente.

Los **muñones de rotación** son dos muñones huecos (ver figura 5-2), que tienen como función el manejo del contenedor. Van fijados con pernos al tramo inferior de la virola inferior. . En el hueco interior del muñón de rotación se incorpora material de blindaje neutrónico para asegurar el cumplimiento de los requisitos de los límites de las tasas de dosis.

El diámetro de la caña, su longitud y la brida del extremo son exactamente iguales a los muñones de elevación, y junto con estos, serán los elementos principales de amarre en la cuna de transporte.

[Figura eliminada]

Figura 5-3 detalle de componentes del cuerpo del contenedor ENUN-32P

El **tubo de drenaje** (ver figura 5-3) es un tubo , dispuesto paralelamente al eje del contenedor, de longitud igual a la de la cavidad interna, y fijado a ella. Su función es la conducción del agua durante la operación de drenaje, y la recirculación de helio durante el secado posterior.

La **barra anti-rotación** es una barra de sección rectangular , soldada a la cavidad interior del contenedor, cuya función consiste en mantener en posición el bastidor de combustible y evitar su giro respecto del vaso, en cualquier condición de operación (ver figura 5-3).

b) Sistema de cierre

El contenido que se aloja en la cavidad interna del cuerpo del contenedor se aísla del exterior mediante dos tapas: interior y exterior.

La **tapa interior**, los pernos de cierre y el anillo tórico exterior de la junta metálica doble de sellado son los componentes principales de contención del contenedor ENUN 32P.

[Figura eliminada]

Figura 5-4 Detalle del cierre de la primera tapa (tapa interior) del ENUN-32P

La tapa consiste en una placa plana circular .

La cara inferior de la tapa cierra sobre la superficie de asiento de la virola superior con una junta metálica doble de sellado (ver figura 5-4). Esta junta forma parte del sistema de contención evitando la posibilidad de escape del material radiactivo.

En la cara superior de la tapa se han previsto cuatro agujeros roscados para fijar los cáncamos de elevación de la tapa. También dispone de 2 penetraciones idénticas embebidas para las operaciones de venteo y drenaje. La hermeticidad de las penetraciones mencionadas queda asegurada mediante el empleo de sendas juntas metálicas dobles de estanqueidad y de las correspondientes tapas de las penetraciones y fabricadas del mismo material que la tapa interior y también empernadas (ver detalle en figura 5-4).

Las penetraciones de venteo y de drenaje están embebidas en la tapa interior, tienen acceso directo a la cavidad interior del contenedor y son, por lo tanto, penetraciones del sistema de contención.

La **tapa exterior**, los pernos que la fijan y la junta metálica forman parte de una segunda barrera estanca del contenedor, barrera redundante, cuya misión principal es proteger el sistema de contención contra impactos de todo tipo (ver figura 5-5).

De geometría similar a la anterior, consiste en otra placa plana circular que incluye además un resalte anular en su parte inferior, que tiene como función proteger a los pernos que conforman la unión con el cuerpo de los efectos del esfuerzo cortante. .

La cara inferior de la tapa cierra sobre la superficie de asiento de la virola del vaso. .

La cara inferior de la tapa cierra sobre la superficie de asiento del vaso con una junta metálica doble, que se sustituye por una nueva cada vez que se procede a hacer una operación de transporte. Entre la tapa interior y la tapa exterior, una vez cerradas y empernadas, existe un huelgo mínimo (espacio entre tapas).

[Figura eliminada]

Figura 5-5 Tapa exterior. Detalle de la penetración de medida de presión entre tapas

Una penetración atraviesa esta tapa y conecta la superficie exterior de la tapa con el espacio entre tapas (figura 5-5). Dicha penetración tiene dos orificios. Uno se corresponde con el transductor de presión, que permitirá medir la presión entre tapas para detectar posibles anomalías en el funcionamiento del contenedor durante el almacenamiento y no tiene ningún uso durante el transporte, con lo que se desmonta y en su lugar se rosca un tapón provisto de un anillo metálico. El otro será una válvula de conexión rápida que permitirá dar la presión requerida al espacio entre tapas.

La tapa de la penetración de la tapa exterior del contenedor está fabricada del mismo material que la tapa exterior. . Esta tapa tiene para la modalidad de almacenamiento una penetración para alojar un pasa-cables que permita llevar el cable del transductor de presión al exterior (ver figura 5-5), y poder efectuar las medidas oportunas de la presión entre tapas. En la modalidad de transporte, la tapa de la penetración se sustituye por una tapa sin agujero para el pasa-cables.

c) Bastidor de combustible

Es el componente más cercano al contenido que aloja el contenedor (combustible gastado). Su misión es múltiple ya que da soporte y mantiene la geometría de los elementos combustibles cargados, les proporciona protección estructural, participa en la disipación de calor residual y participa en el control de la reactividad mediante la utilización de venenos neutrónicos.

El bastidor de combustible está compuesto de los siguientes componentes (ver figura 5-6): chapas del bastidor, tubos combustibles, soporte inferior y guías del bastidor.

Las **chapas del bastidor** son un conjunto de láminas , dispuestas longitudinalmente a la generatriz del vaso, conectadas entre sí por medio de ranuras que permiten encajarse unas con otras, formando las 32 celdas cuadradas donde se alojan los tubos de combustible. . Todas las chapas llevan ranuras verticales para poder encajarse, dando lugar a celdas cuadradas. . En las superficies exteriores de la malla de celdas se sueldan de manera discontinua placas verticales del mismo material que refuerzan el conjunto.

Los **tubos de combustible** son tubos de sección cuadrada que se instalan dentro de las celdas de combustible en los que se incluye el absorbente neutrónico que contribuye al mantenimiento del contenido de la cavidad interna en estado sub-crítico. Este absorbente neutrónico es un material compuesto (MMC: *Metal Matrix Composite*) .

.

.

Eliminación de información no pública

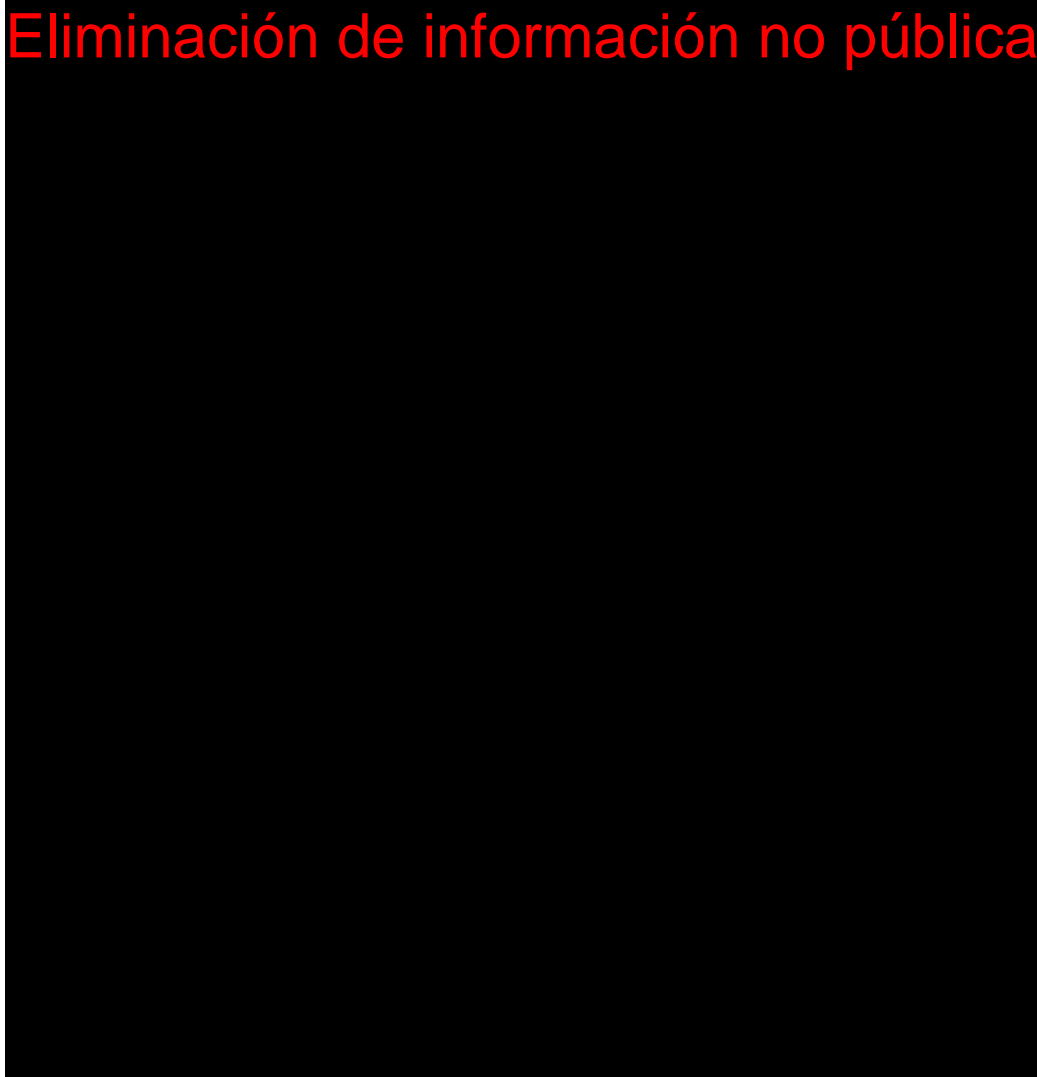


Figura 5-6: Componentes del bastidor de combustible del contenedor ENUN-32P

Debido a su menor longitud, el elemento combustible Westinghouse 17x17 precisa suplementos sobre el fondo del vaso, denominado **soporte inferior** (ver figura 5-6), a fin de obtener una cota superior uniforme con el otro tipo de elemento combustible, KWU 16x16-20, y que puedan ser transportados ambos dentro del mismo bastidor.

El soporte mencionado consiste en una base cilíndrica y está coronado por una placa horizontal cuadrada y un agujero central (véase detalle en figura 5-6). La parte inferior del cilindro va provista de cuatro aberturas situadas a 90º, para permitir la circulación del fluido.

No se da ningún crédito estructural a los tubos de combustible (de MMC), como elementos que pudieran contribuir a la resistencia estructural del bastidor.

Las **guías del bastidor** son perfiles que rodea la estructura de acero inoxidable, y constituyen la transición entre la periferia poligonal de dicha estructura y el interior

cilíndrico del vaso. Su sección tiene celdas con formas triangular y cuadrangular, siendo siempre curva la cara próxima a la envolvente cilíndrica del vaso.

Las guías del bastidor van atornilladas a las placas verticales de refuerzo que están soldadas a las caras exteriores de las chapas del bastidor (ver detalle en la figura 5-6).

d) Limitadores de impacto

Son componentes con forma vasiforme utilizados únicamente en la modalidad de transporte, para amortiguar las fuerzas de impacto originadas en las caídas que pudieran producirse en las condiciones de transporte normales o de accidente.

Los limitadores de impacto deberán garantizar que no se superen las fuerzas de impacto consideradas como límite de diseño del contenedor. Además, como criterio adicional de diseño, se establece que ambos limitadores de impacto deberán permanecer unidos al contenedor después de una caída.

Los limitadores de impacto están constituidos por espuma de poliuretano, una estructura de aluminio en forma de panel de abeja y una carcasa o cuerpo que dispone de orejetas de elevación, (ver figura 5-7)

La **espuma de poliuretano** es un polímero poroso utilizado para amortiguar las fuerzas de impacto originadas en las caídas, absorbiendo la energía del impacto. Este material está dispuesto en el interior de la carcasa o cuerpo del limitador de impacto de forma que absorbe el impacto principalmente de las caídas con orientación vertical, y en esquina.

La **estructura de aluminio** está formada por un conjunto de bloques de estructura de panal de abeja de aluminio unidos entre sí, dispuestos radialmente, y formando un anillo concéntrico alrededor de la envolvente más exterior del contenedor (zona de encastrado). Están situados inmediatamente a continuación de la espuma de poliuretano.

Se utilizan para garantizar que, en las caídas más severas, principalmente con orientación horizontal o ligeramente inclinada no se agote el volumen disponible de los limitadores de impacto para absorción de energía.

Figura 5-7: Detalle de los componentes de los limitadores de impacto del ENUN-32P

La **carcasa del limitador de impacto** está formada por virolas que constituyen el envoltorio que contiene a la espuma de poliuretano y a la estructura de panal de abeja de aluminio.

La estructura de discos y virola interior, en contacto con el contenedor, están fabricadas de chapa en acero al carbono y define el cuerpo interior de la carcasa. El espacio entre los dos discos del cuerpo interior está conectado por tubos redondos a través de los cuales pasan los pernos de amarre de los limitadores de impacto al contenedor.

El limitador de impacto inferior o trasero incluye además un anillo interior de refuerzo cuyo diseño permite mejorar el amarre con el fondo del vaso y aumenta la longitud de encastre en el limitador para que ésta sea igual a la del limitador de impacto superior.

Los limitadores de impacto incluyen dos **orejetas de elevación** dobles soldadas a la virola exterior para facilitar el manejo de los mismos.

5.3. DESCRIPCIÓN EN DETALLE DEL CONTENIDO

El contenedor ENUN 32P ha sido diseñado para almacenar un máximo de 32 elementos combustibles del tipo PWR (ver figura 5-8) de los siguientes diseños, irradiados en las centrales nucleares españolas:

- Siemens KWU 16x16-20, de los siguientes tipos: ;
- Westinghouse 17x17, de los siguientes tipos: .

Los tipos de combustible de diseño KWU que se permite cargar en el contenedor, , son equivalentes en lo relacionado con el diseño nuclear. La única diferencia estriba en el diseño de las rejillas espaciadoras.

Los tipos de combustible de diseño Westinghouse que se permite cargar en el contenedor: , tiene pequeñas diferencias en lo relacionado con el diseño nuclear. La principal diferencia estriba en los materiales y el diseño de algunos componentes utilizados en las vainas y el esqueleto del elemento combustible.

Las características del combustible base de diseño están incluidas en la Tabla 6.2.2 y los parámetros envolventes de los dos combustibles base de diseño están reflejados en la tabla 1.2.3 del Estudio de Seguridad (ES).

Figura 5-8: Esquema simplificado de los diseños de elementos combustibles PWR

De manera general, el combustible deberá cumplir con los siguientes parámetros envolventes:

Parámetro	Valores		
Rango de grado de quemado (mínimo-máximo)	15000 – 45000 MWd/MtU ***		
Rango de enriquecimiento inicial (mínimo-máximo)	1,90 – 4,90 en peso de U-235		
Combustible KWU 16 x 16			
Rango de tiempo de enfriamiento en piscina (mínimo)	Estrategia de carga/ región del bastidor	15000 MWd/MtU	45000 *** MWd/MtU
	Uniforme (1,1 kW *)	4 años	9,1 años
	Regionalizada/Región 1 (1,0 kW *)	4,4 años	10,0 años
	Regionalizada/Región 2 (1,35 kW *)	3 años	5,3 años
	NFH ** + 28 EE (1,1 kW *)	4,1 años	9,2 años****

Parámetro	Valores		
Combustible Westinghouse 17 x 17			
Rango del tiempo de enfriamiento en piscina (mínimo)	Estrategia de carga/ región del bastidor	15000 MWd/MtU	45000*** MWd/MtU
	Uniforme (1,1 kW *)	3,7 años	7,3 años
	Regionalizada/Región 1 (1,0 kW *)	3,9 años	8,0 años
	Regionalizada/Región 2 (1,35 kW *)	3 años	5,2 años
	NFH ** + 28 EE (1,1 kW *)	3,7 años	7,1 años

* Potencia térmica máxima por elemento combustible.

** *Non Fuel Hardware*. Se corresponde con las cuatro posiciones centrales del bastidor ocupadas por componentes asociados al núcleo o aditamentos, con una actividad máxima en su conjunto de $7,4E+15$ Bq.

*** El proceso de evaluación del CSN (ver apartados 6.7 y 6.8 del presente informe) concluye una limitación sobre el quemado máximo de 45000 MWd/MtU. Los datos presentados en esta tabla se han ajustado teniendo en cuenta los resultados de las figuras 1.2.11 a 1.2.18 del ES.

**** Tiempo de enfriamiento correspondiente a los 28 EE y NFH con máxima actividad, 7400 TBq (ver Figura 1.2.14 del ES)

Además de cumplir con estos parámetros, el combustible base de diseño que puede cargarse debe:

- Estar clasificado como no dañado¹, lo que garantiza el mantenimiento de la geometría del combustible a lo largo del período de almacenamiento y durante el transporte.
- Haber sido irradiado bajo las condiciones de operación envolventes de todos los reactores PWR españoles para el cálculo del inventario isotópico.

¹ De acuerdo con la normativa aplicable (ISG-1) significa que mantiene la capacidad para realizar sus funciones: "Undamaged Spent Nuclear Fuel - SNF that can meet all fuel-specific and system-related functions. Undamaged fuel may be breached. Fuel assembly classified as undamaged SNF may have "assembly defects"

Figura 5-9: Esquemas de carga: uniforme, regionalizada y con NFH (*Non fuel hardware*)

Se definen tres posibles esquemas de carga (ver figura 5.9):

- **Carga uniforme**, en el que cualquier elemento puede alojarse en cualquiera de las 32 posiciones de almacenamiento siempre que su combinación de parámetros de grado de quemado y tiempo de enfriamiento se encuentre dentro de los límites indicados por las curvas de carga mostradas en las figuras 1.2.11 y 1.2.15 del ES para combustible KWU y Westinghouse, respectivamente.
- **Carga regionalizada**, en la que se diferencian dos grupos de celdas de almacenamiento: región 2 (interior), que agrupa las 12 posiciones de almacenamiento interiores, y la región 1 (periférica) que agrupa las 20 posiciones de almacenamiento exteriores.

Cada una de las posiciones permite alojar combustible gastado cuyos parámetros de quemado y tiempo de enfriamiento se encuentren dentro de los límites indicados por las curvas de carga mostradas para la región 1 en las figuras 1.2.13 y 1.2.17 del ES, para combustible KWU y Westinghouse, respectivamente, y para la región 2 en las figuras 1.2.12 y 1.2.16, para combustible KWU y Westinghouse, respectivamente.

- **Carga con componentes asociados**. Los elementos combustibles gastados se almacenan en 28 de las posiciones (exceptuando las cuatro centrales) y deben cumplir con los parámetros de quemado y tiempo de enfriamiento que se encuentren dentro de los límites indicados por las curvas de carga mostradas en las figuras 1.2.14 y 1.2.18 del ES. Las cuatro posiciones centrales del bastidor pueden albergar componentes asociados al combustible o aditamentos (*Non Fuel Hardware* – NFH), tales como barras de control, dispositivos tapón (TPAs), fuentes primarias y secundarias, venenos

consumibles (BPRAs, WABAs) y otros, con una actividad máxima de $7,4E+15$ Bq (7400 TBq). Los aditamentos están confinados en una celda o estuche formado por un tubo cerrado de sección cuadrada de acero inoxidable, con unos filtros de malla metálica para permitir el flujo de recirculación durante las operaciones de drenaje (ver figura 5-10)

Figura 5-10: Esquema simplificado del estuche para aditamentos

Existe un estuche para cada diseño de combustible, KWU 16x16 o Westinghouse 17x17, ya que los correspondientes tubos de combustible dentro de los cuales se alojan estos estuches, tienen diferentes dimensiones.

5.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN

De acuerdo con la definición de “sistema de contención”² de la reglamentación de transporte, en este bulto estará constituido por los componentes del contenedor destinados a aislar los materiales radiactivos del exterior en la modalidad de transporte.

De acuerdo con lo definido en el ES del bulto, son los siguientes:

- Vaso (virola interior y fondo).
- Tapa interior, pernos de cierre y anillo tórico exterior de su junta metálica doble de estanqueidad.
- Tapa de las penetración de venteo, pernos de cierre y anillo tórico exterior de su junta metálica doble de estanqueidad.
- Tapa de las penetración de drenaje, pernos de cierre y anillo tórico exterior de su junta metálica doble de estanqueidad.

5.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONFINAMIENTO

De acuerdo con la definición de “sistema de confinamiento”³ de la reglamentación de transporte, en este bulto el sistema de confinamiento está formado por el combustible almacenado, el diseño del bastidor y los absorbentes neutrónicos utilizados (tubos de combustible de MMC).

6. EVALUACION

6.1 ALCANCE

El objetivo de esta evaluación es determinar si la información presentada demuestra adecuadamente o no el cumplimiento de cada uno de los requisitos de los reglamentos modales de transporte de mercancías peligrosas, es decir, el ADR [4], en su edición de 2015 para el transporte por carretera, el RID [5], en su edición del 2015, para el transporte por ferrocarril y la edición 2015 del código IMDG [6] para el transporte por vía marítima.

² Por sistema de contención se entenderá el conjunto de componentes del embalaje, especificados por el autor del diseño, que están destinados a contener los materiales radiactivos durante el transporte (SSR-6 Ed.2012, párrafo 213)

³ Por sistema de confinamiento se entenderá el conjunto de sustancias fisiónables y componentes del embalaje especificados por el autor del diseño y aprobados por la autoridad competente al objeto de mantener la seguridad con respecto a la criticidad (SSR-6 Ed.2012, párrafo 209)

Todos estos reglamentos modales se basan en la edición del 2012 del Reglamento para el transporte seguro de material radiactivo de la OIEA, de referencia SSR-6 [3]. En el apartado 6.2 se analiza el cumplimiento de este bulto con los requisitos reglamentarios.

Dentro del procedimiento de evaluación para la aprobación y convalidación de bultos de transporte, PT.IV.28 [10], se establece la necesidad de hacer un análisis de la evaluación del blindaje (apartado 6.4 del presente informe), de la evaluación térmica (apartado 6.5 del presente informe), de la evaluación estructural del bulto (apartado 6.6 del presente informe), de la evaluación de la contención (apartado 6.7 del presente informe), de la evaluación de la criticidad y estado del combustible (apartado 6.8 del presente informe) y de la garantía de calidad (apartado 6.9 del presente informe) asociada al transporte. También se ha evaluado el término fuente (apartado 6.3 del presente informe), necesario tanto para la evaluación térmica como para la evaluación del blindaje

Así mismo se ha analizado el contenido del ES en cuanto a las instrucciones de uso y mantenimiento (apartado 6.10 del presente informe).

Por último, se incluye en el apartado 6.11 un análisis de la propuesta de condicionamiento del certificado de aprobación.

6.2 REQUISITOS REGLAMENTARIOS

La primera solicitud se recibió inicialmente en el año 2012 (aunque posteriormente se solicitó su archivo para volver a solicitarla en 2014: ver apartado 1 de esta PDT). En ese momento la edición aplicable del reglamento del OIEA era el TS-R-1 Ed. 2009 que es en la que se basaba la edición 2011 de los reglamentos de transporte modales aplicables en España (ADR para el transporte por carretera, RID para el transporte por ferrocarril y Código IMDG para el transporte marítimo).

La nueva edición de los reglamentos modales de transporte (edición 2015), publicada el 1 de enero de 2015, ya recoge los requisitos incluidos en la edición de 2012 del Reglamento de transporte del OIEA, que ahora se identifica como SSR-6, en la que no se introducen cambios importantes en los requisitos que afecten a la aprobación de diseño de bulto. La última documentación presentada por ENSA, que incluye la revisión 4 del ES del bulto se modificó para adaptarse a la edición de 2012 del Reglamento de transporte del OIEA, y por tanto, a los requisitos ya definidos en la edición 2015 de los reglamentos modales.

Sin embargo, debido al alargamiento del proceso de licenciamiento, los informes que soportan esta propuesta de dictamen técnico han sido realizados sobre distintas revisiones del ES, y teniendo en cuenta los requisitos incluidos en distintas revisiones de la normativa de la OIEA, como se puede ver en la siguiente tabla:

Área de Evaluación	Informe	Revisión del ES evaluada	Edición de la normativa OIEA
Estructural	CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80	4	SSR-6 (2012)
Térmica	CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87	3	SSR-6 (2012)
Término fuente	CSN/IEV/INNU/TRA/1507/82	2	TS-R-1 (2009)
Criticidad	CSN/IEV/INNU/ENUN32P/1506/06	1	SSR-6 (2012) ⁴
Garantía de Calidad	CSN/IEV/GACA/TRA/1502/79	1	TS-R-1 (2009)
Blindaje	CSN/IEV/APRT/TRA/1410/73	2	TS-R-1 (2009)

Se ha verificado que las evaluaciones siguen siendo válidas teniendo en cuenta la última revisión del Estudio de Seguridad y la última edición del Reglamento de la OIEA, SSR-6 (edición de 2012). Por tanto, la revisión del certificado de aprobación solicitada se ha sometido a un proceso de evaluación bajo las disposiciones de la siguiente reglamentación:

- Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR) edición 2015 (BOE de 16 abril 2015).
- Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril (RID) edición 2015 (B.O.E. del 23 de febrero de 2015).
- Código Marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG): enmienda 37-14.

Por otra parte, el ES indica que además de la normativa nacional, se cumplen los requisitos de la normativa de Estados Unidos de América: sección 71 del Código de Regulaciones Federales (10 CFR 71) que, salvo en puntos concretos, que en su caso se indicarían, se corresponde con los requisitos aplicables en España. En definitiva, ENSA ha utilizado en algunos apartados del ES del bulto la normativa americana para dar cumplimiento con los requisitos nacionales.

A continuación se realizará un resumen de los requisitos que, de acuerdo con la reglamentación de transporte, debe cumplir un diseño de bulto tipo B(U)F, indicando cómo se cumplen en el caso particular del diseño ENUN 32P. Para ello, se tomarán como referencia los requisitos del Reglamento SSR-6, edición 2012 del OIEA [3], considerando

⁴ La norma del OIEA ya había sido publicada aunque aún no había sido trasladada a los reglamentos modales (ADR,RID, Código IMDG)

que se trasladan plenamente a los reglamentos modales internacionales aplicables en España. El ES incluye en el capítulo 1 la Tabla 1.0.1 “Referencias Cruzadas de Cumplimiento de los Requisitos Reguladores” que relaciona, para cada capítulo, los apartados de las principales normativas aplicables a los que se hace referencia a lo largo de todo el ES (Guía de Seguridad 6.4 del CSN, ADR, SSR-6, 10 CFR 71, NUREG-1617, y Guía Reguladora 7.9 de la USNRC).

De acuerdo con el Reglamento del OIEA, los bultos tipo B(U)F deberán diseñarse de modo que cumplan:

1. Requisitos generales relativos a todos los tipos de bultos (párrafos 607 al 618).
2. Requisitos relativos a bultos de tipo A (párrafos 635 a 651).
3. Requisitos relativos a bultos de tipo B(U) (párrafos 652 a 666).
4. Requisitos relativos a bultos que contengan sustancias fisiónables. (párrafos 673 al 686).

Requisitos generales relativos a todos los tipos de bultos (párrafos 607 al 618 del OIEA)

El cumplimiento de estos requisitos se deduce del propio diseño del bulto, de los materiales y de los cálculos presentados en el ES del bulto, lo que se resume en la siguiente tabla. En ella se incluye, cuando se deriva alguna acción, la referencia a los informes de evaluación en los que han sido tratados de forma más específica algunos requisitos. En caso de no referir a un informe concreto, la evaluación se realiza directamente a través del desarrollo de esta PDT.

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
608 Y 609	Los dispositivos de enganche no fallarán en la manipulación del bulto	- Apartado 2.4.1 del ES “Elementos de elevación y manejo”, Tabla 1.1.2 “Resumen de los Criterios de Diseño Establecidos para la Modalidad de transporte, del Contenedor ENUN 32P” y Apartado 2.1.2.2.2 “Muñones superiores e inferiores” del ES. Emplea los requerimientos del NUREG-0612, ANSI 14.6, Guía Reguladora 7.6 y el 10 CFR 71.45. Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80
610 Y 611	En la medida de lo posible, diseño sin partes salientes y de fácil descontaminación (610) y que no recoja agua (611)	- Apartado 1.2.1.2 “Componentes estructurales” del ES - Apartado 1.2.3 “Características de

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
		operación” - Apartado 2.5.6 “Rociado de Agua”
612	Los elementos que durante el transporte se añadan a los bultos y que no formen parte de éstos no deberán menoscabar su seguridad.	No aplica.
613	Los bultos deberán resistir los efectos de toda aceleración, vibración o resonancia vibratoria que pueda producirse en las condiciones de transporte rutinarias ⁵ .	Apdo. 2.5.5 “Vibración” Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80
614	Componentes, materiales y contenidos compatibles física y químicamente	Apdo. 2.2.2 “Reacciones Químicas y Galvánicas” del ES Se sigue el código ASME III de fabricación de componentes nucleares.
615	Todas las válvulas a través de las cuales pueda escapar el contenido radiactivo se protegerán contra la manipulación no autorizada.	No aplica
616	En el diseño del bulto se tendrán en cuenta las temperaturas y las presiones ambiente que probablemente se den durante el transporte en condiciones rutinarias.	Capítulo 2 del ES. Se sigue ASME III para la fabricación de componentes nucleares Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
617	El diseño del bulto deberá proporcionar suficiente blindaje para que, con el contenido radiactivo máximo, el nivel de radiación en la superficie no supere los valores especificados en el reglamento.	Apartados 5.1.2.1 y 5.1.2.2 del ES. Evaluación: CSN/IEV/APRT/TRA/1410/73
618	Se tendrán en cuenta en el diseño otras propiedades peligrosas	No aplica.

Requisitos relativos a bultos de tipo A (párrafos 635 a 651)

El cumplimiento de estos requisitos se expone de manera resumida en la tabla siguiente:

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
635	Cumplimiento con los requisitos generales	Ver tabla anterior
636	La menor dimensión total externa del bulto no será inferior a 10 cm.	Apartado 1.2 “Descripción del Bulto” y 2.3.1 del ES
637	Opción de uso de precinto o sello durante el transporte	Apartado 2.3.2 del ES.

⁵ Según la SSR-6 las condiciones rutinarias implican que el transporte está libre de incidencias.

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
638	Condición relativa a dispositivos de fijación del bulto al medio de transporte	<p>- Apartado 2.4.1 “Elementos de elevación y manejo”, Tabla 1.1.2 “Resumen de los Criterios de Diseño Establecidos para la Modalidad de transporte, del Contenedor ENUN 32P” y Apartado 2.1.2.2.2 “Muñones de elevación y rotación” del ES.</p> <p>- Capítulo 9 del documento 9231EE001, Rev. 1 – Enero 2012 “Especificaciones del embalaje”</p> <p>Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80 (esta evaluación evalúa los análisis de los muñones, en la configuración de transporte). El informe no hace una evaluación de la cuna de transporte, ya que esta no es parte del diseño del bulto. No obstante, dado que se propondrá que el certificado incluya una condición que requiera una aprobación de transporte, se podrá verificar durante su evaluación que la geometría de apoyo (cuna de transporte) coincide con la geometría supuesta en los análisis presentados en el ES del bulto (condición 16) y evaluar los procedimientos de estiba del bulto en el vehículo.</p>
639	Los componentes han de diseñarse teniendo en cuenta temperaturas entre -40°C y $+70^{\circ}\text{C}$	<p>Se trata de un bulto B. En el rango superior ver cumplimiento requisito párrafo 666 Sección 2.5.1.1 “Resumen de presiones y temperaturas” del ES</p> <p>Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87</p>
640	Técnicas de diseño y fabricación ajustadas a normas aceptables	<p>Se utiliza el código de diseño ASME III.</p> <p>Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80</p>
641	Sistema de contención firmemente cerrado	<p>Sección 2.3.3 “Sistema de cierre seguro” del ES</p> <p>Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80</p>
642	Los materiales radiactivos en forma especial podrán considerarse parte del sistema de contención	No aplica
643	Condiciones si la contención está separada	No aplica
644	Consideración en el diseño de la descomposición radiolítica de los líquidos y generación de gases en el contenido	<p>El material radiactivo está en estado sólido y la descomposición radiolítica no aplica.</p> <p>El Capítulo 4: análisis de la contención tiene en cuenta la liberación de gases de las barras</p>

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
		en condiciones normales y accidentales. Evaluación: CSN/IEV/IMES/1510/87
645	Capacidad de retención de la contención con reducción de P ambiente hasta 60 kPa.	Apartado 2.5.3 "Reducción de la presión externa" del ES Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80
646	Diseño de la válvulas que no sean las de alivio de presión.	No aplica
647	Blindaje como componente del sistema de contención del bulto	No aplica
648	Ensayos de condiciones normales ⁶ .	Apartado 2.5 "Condiciones normales de transporte" Los ensayos para el cumplimiento de la reglamentación, se encuentran recogidos en del documento de ENSA 9231IE001, Rev. 1 – Febrero 2016 "Informe de Ensayos": <ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de aspersión con agua: apartado 2.5.6 - Ensayo de caída libre: apartado 2.5.7. - Ensayo de apilamiento: apartado 2.5.8 Este ensayo no aplica a este bulto ya que por su diseño en ningún caso va a existir apilamiento. Evaluación CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80
649 a 651	Relativo al contenido líquido o gaseoso.	No aplica

Requisitos relativos a bultos de tipo B(U) (párrafos 652 a 666)

El cumplimiento de estos requisitos se expone de manera resumida en la tabla siguiente:

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
652	Cumplimiento con los requisitos generales y los exigidos al diseño de bulto tipo A.	Ver tablas anteriores

⁶ Según la SSR-6 las condiciones normales implican pequeños percances. La guía SSG-26 de la OIEA, da más detalles indicando que las condiciones normales de transporten implican la existencia de pequeños incidentes que podrían tener lugar durante el manejo de los bultos tales como la caída de un bulto desde un vehículo, el golpe con penetración contra objetos alargados, etc.

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
653	El bulto debe diseñarse para soportar el calor generado por su contenido en condiciones normales de transporte	La temperatura máxima de las barras de combustible, contenedor, bastidor y componentes de seguridad está indicada en la tabla incluida en el apartado 3.1.3 "Resumen de Tablas de Temperaturas" del ES, así como el rango de operación de los componentes de seguridad para las condiciones analizadas Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
654	Tª exterior bulto ≤ 50º C a Tª ambiente o necesidad de transporte bajo uso exclusivo.	La temperatura, según el apartado 3.3.1.3.1. "Temperaturas máximas (Caso 1)" supera los 50 ºC. Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87 Se incluirá una condición en el certificado para indicar que el transporte se lleve a cabo según la modalidad de uso exclusivo (condición 17)
655	Tª máxima superficie accesible en uso exclusivo ≤ 85º C en ausencia de irradiación solar	En el apartado 3.1.3 Resumen de temperaturas y en el apartado 3.3.1.3.2 "Temperaturas Máximas en las Zonas Accesibles del Bulto" se establece que las superficies accesibles son la rejilla o barrera personal y los limitadores de impacto y que su Tª es de 67.9 ºC, por lo tanto inferior a 85ºC Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
656	Tª ambiente de 38º C a considerar en los análisis térmicos	Según el apartado 3.3.1.3 "Temperaturas máximas", en el cálculo de las temperaturas máximas se ha tenido en cuenta una temperatura ambiente de 38ºC Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
657	Condiciones de irradiación solar a considerar en los análisis térmicos	Según la tabla 3.1.1 "Condiciones envolventes de los análisis térmicos", la radiación solar utilizada coincide con los casos 4 y 5 del cuadro 12 del SSR-6. Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
658	Mantenimiento de la protección térmica en condiciones normales y de accidente mecánico	Apartado 2.5 y 2.6 del ES, correspondiente a la evaluación estructural en condiciones de transporte normales y de accidente. Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
659	Ensayos para condiciones normales y	Se cumple.

Párrafo del OIEA	Resumen del contenido	Cumplimiento
	condiciones de accidente ⁷	<u>Ensayos para condiciones normales:</u> Ver resumen indicado sobre el cumplimiento del párrafo 648 de la SSR-6 del OIEA <u>Ensayos de condiciones de accidente:</u> Apdo. 2.6.1 del ES para los ensayos de caída libre Apdo. 2.6.2 para el ensayo de punzonado. Apdo. 2.6.3 para el ensayo de fuego El ensayo de aplastamiento no aplica a este bulto al tener una masa superior a 500 kg Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80
660	Ensayo reforzado de inmersión para contenidos con una actividad $>10^5 A_2$	Este ensayo se recoge en el punto 5.8 del documento de ENSA 9231IE001, Rev. 1 – Febrero 2016 “Informe de Ensayos” (método analítico) Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80
661	Independencia filtros o sistema mecánico refrigeración	No aplica
662	Sistema alivio de presión no permitido en condiciones normales y de accidente	No aplica
663	Diseño del bulto adecuado para soportar la presión normal de trabajo máxima en condiciones normales y de accidente.	Apartado 4.2.4 “Evaluación de la contención” Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
664	Presión normal de trabajo máxima no superior a 700 kPa	Los valores calculados en el apdo 3.3.2 “Máxima presión de operación en condiciones normales”, del ES Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87
665	Para el caso de contenido con materiales radiactivos de baja dispersión	No aplica
666	Diseño bulto para Tª entre -40º C y +38º C	Ver tabla 2.1.1 del ES. Evaluación: CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87

Requisitos relativos a bultos que contengan sustancias fisionables (párrafos 673 al 686)

Estos bultos de transporte, por estar destinados a contener sustancias fisionables, deben cumplir unos requisitos adicionales cuya demostración se recoge fundamentalmente en el capítulo 6 del ES del bulto, relativo a la seguridad frente a la criticidad, y su evaluación se tratará posteriormente en el apartado 6.8 del presente informe.

⁷ Según la guía SSG-26 de la OIEA, las condiciones de accidente intentan reproducir accidentes graves.

6.3 EVALUACIÓN DEL TÉRMINO FUENTE

El término fuente radiológico del bulto de transporte ha sido evaluado mediante el informe de evaluación de referencia [CSN/IEV/INNU/TRA/1507/82](#).

El alcance de la evaluación llevada a cabo en el CSN del término fuente radiológico ha sido el análisis de:

- El término fuente radiológico usado en los cálculos de blindaje (evaluado en el apartado 6.4 del presente informe).
- El término fuente térmico del combustible utilizado en el análisis térmico (evaluado en el apartado 6.5 del presente informe).
- Las masas de gases de fisión utilizadas en el cálculo de la presión interna del contenedor (evaluado en el apartado 6.7 del presente informe).

Para dicha evaluación, el CSN ha procedido a valorar la caracterización realizada al combustible y la determinación del combustible base de diseño y ha examinado el proceso general seguido por ENSA para la obtención de los resultados incluyendo las herramientas y cálculos utilizados para este fin. Por último, se han verificado los resultados anteriores mediante cálculos independientes utilizados en la secuencia SAS2H del Sistema de códigos SCALE, versión 5.1.

Las conclusiones de dicha evaluación indican que:

- El ES establece dos combustibles base de diseño (KWU-16 x 16-20 y Westinghouse 17 x 17 MAEF) cuyos parámetros se consideran adecuados, cubriendo los combustibles para los que se solicita la autorización.
- La metodología y los datos utilizados para la determinación del término fuente del combustible base de diseño son aceptables. Los valores obtenidos son aceptables y se consideran envolventes de los tipos de combustible para los que se solicita la autorización.
- Los cálculos independientes llevados a cabo por el CSN sobre las intensidades gamma y neutrónica, de calor de decaimiento, de composición isotópica y de las masas de productos de fisión liberables no tienen diferencias significativas con los resultados obtenidos por ENSA, siendo generalmente inferiores.

Durante el proceso de evaluación de la documentación, se encontraron una serie de aspectos del ES que debían ser corregidos y que se detallan en el informe

[CSN/IEV/INNU/TRA/1507/82](#). Estos aspectos fueron corregidos y ya se han recogido en la revisión 4 del ES.

En definitiva, la evaluación del término fuente incluida en la revisión 4 del ES del bulto de transporte ENUN 32P se considera aceptable.

6.4 EVALUACIÓN DE BLINDAJE

En el capítulo 5 del ES se recoge el análisis del blindaje del contenedor ENUN 32P. Se ha procedido a evaluar los cálculos de dosis presentados por el solicitante y su conformidad con la normativa aplicable en condiciones rutinarias, normales y de accidente en el transporte, teniendo en cuenta la especificación del término fuente analizado anteriormente.

Los criterios de aceptación de la normativa de transporte son (se indican los aplicables al transporte por carretera y ferrocarril):

Condiciones rutinarias de transporte

- 2 mSv/h en la superficie externa del bulto, a no ser que el transporte se realice en la modalidad de *uso exclusivo*⁸ y se cumplan las siguientes condiciones, en cuyo caso el límite es 10 mSv/h:
 - En las condiciones rutinarias de transporte el vehículo esté equipado con un recinto cerrado que impida a las personas no autorizadas acceder al interior del recinto.
 - Se hayan adoptado disposiciones para inmovilizar el bulto, de modo que éste permanezca en la misma posición en el interior del vehículo en las condiciones rutinarias de transporte.
 - No se realicen operaciones de carga ni descarga entre el principio y el fin de la expedición.
- 2 mSv/h en cualquier punto de las superficies exteriores del vehículo, comprendidas las superiores e inferiores, o cuando se trate de un vehículo descubierto en cualquier punto de los planos verticales proyectados a partir de los bordes exteriores del

⁸ *Uso exclusivo* : el empleo exclusivo, por un solo remitente, de un medio de transporte o de un gran contenedor, respecto del cual todas las operaciones iniciales, intermedias y finales de carga y descarga y expedición sean efectuadas de conformidad con las instrucciones del remitente o del destinatario, cuando el presente Reglamento así lo exija.

vehículo, en la superficie superior de la carga, por ejemplo: barrera personal, si se usa, y en la superficie externa inferior del vehículo.

- 0.1 mSv/h en cualquier punto situado a 2 metros de los planos verticales constituidos por las superficies laterales externas del vehículo (excluyendo la parte superior e inferior del vehículo); o cuando la carga se transporte en vehículo descubierto en cualquier punto situado a 2 metros de los planos verticales proyectados a partir de los bordes exteriores del vehículo (excluyendo la parte superior e inferior del vehículo).

Además, el solicitante ha considerado como criterio de referencia el valor de 0,02 mSv/h en cualquier espacio ocupado normalmente en el vehículo, excepto cuando los transportistas sean considerados como trabajadores expuestos controlados mediante dosímetros individuales. Este criterio se basa en el definido en 10 CFR 20.1502 [11], pero es diferente al aplicado en España, siguiendo el Reglamento del OIEA, donde no se define un límite concreto para las zonas ocupadas del vehículo, de manera que el objetivo, en cuanto a las dosis de los conductores, es la aplicación del criterio ALARA durante las operaciones de transporte.

Condiciones normales de transporte.

- Tras los ensayos que simulan estas condiciones, la tasa de dosis en la superficie del bulto no debe superar el 20% del valor de antes del ensayo.

Condiciones de accidente

- La tasa de dosis de radiación externa no deberá exceder los 10 mSv/h a 1 metro de la superficie externa del bulto (se trata del valor de tasa de dosis que no debe ser superado tras la realización sobre el bulto de los ensayos que simulan las condiciones de accidente)

La evaluación llevada a cabo por el CSN se ha basado en la revisión de la documentación de detalle que recoge los cálculos de término fuente y blindaje, así como en la realización de cálculos independientes confirmatorios.

Los resultados de la evaluación del blindaje en condiciones rutinarias de transporte y de accidente se incluyen en el informe de evaluación de referencia [CSN/IEV/APRT/TRA/1410/73](#).

Desde el punto de vista radial, el blindaje principal lo realiza el cuerpo del contenedor. Para ello el cuerpo dispone de una virola de acero, que proporciona el blindaje contra las radiaciones gamma, y un polímero sintético sólido con una base de resina epoxi que dispone de carburo de boro, que proporciona el blindaje contra las radiaciones

neutrónicas. En la dirección axial, el blindaje lo realiza el cuerpo del contenedor, teniéndose en cuenta además los limitadores de impacto.

El término fuente gamma proviene principalmente de la desintegración de los productos de fisión y actínidos radiactivos y de la actividad del Co-60 que se forma por la activación de los materiales estructurales. El término fuente neutrónica surge principalmente por fisión espontánea (Cm-244 principalmente) y por reacciones que se producen en el combustible de UO₂.

Se han realizado cálculos independientes en el CSN con el programa MAVRIC, incluido en el sistema SCALE 6.1. Salvo algunas discrepancias en la zona de los muñones, debidas principalmente a la definición del modelo, los resultados obtenidos por el CSN son similares (en general inferiores) a los presentados por ENSA, cumpliéndose en todos los casos con los criterios de aceptación de las tasas de dosis establecidos por la normativa.

Por otra parte, en relación con la evaluación del blindaje en condiciones normales (pequeñas incidencias):

- Los ensayos de caída llevados a cabo sobre el contenedor, como base para garantizar que el bulto cumple con las condiciones normales de transporte, demuestran que el contenedor no se ve afectado, siendo los limitadores de impacto los que absorben la energía del choque.
- Respecto al ensayo de penetración, se analiza con la caída de una barra de 6 kg sobre el contenedor. ENSA ha analizado dos posibles escenarios: a) Impacto sobre la tapa de control de presión, despreciándose los limitadores de impacto y b) Impacto sobre la envolvente del blindaje neutrónico. El resultado de impacto en ambos escenarios no produce efecto significativo alguno.

Por lo tanto, el análisis de blindaje en las condiciones normales de transporte quedaría cubierto por los resultados de la evaluación llevada a cabo para condiciones rutinarias que ya se recoge en el informe [CSN/IEV/APRT/TRA/1410/73](#).

De la evaluación realizada se concluye que:

- La metodología y los datos utilizados para estimar las tasas de dosis en el bulto de transporte ENUN 32P son aceptables.
- Las tasas de dosis reportadas por el titular están por debajo de los criterios de aceptación, en consecuencia, son totalmente válidas.

El informe de evaluación [CSN/IEV/APRT/TRA/1410/73](#) se basa en la revisión 2 del ES del bulto, donde se consideraba como referencia reglamentaria la edición de 2009 del Reglamento para el transporte seguro de material radiactivo del OIEA y las ediciones

correspondientes de los reglamentos internacionales de transporte de mercancías peligrosas. No obstante, en las ediciones vigentes de esa reglamentación no hay cambios que afecten a los aspectos de blindaje evaluados y tampoco afectan a la evaluación los cambios introducidos en la revisión 4 del ES del bulto. Se concluye, por tanto, que las conclusiones de la evaluación del blindaje son válidas para la revisión 4 del Estudio de Seguridad del bulto de transporte ENUN 32P.

6.5 EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS TÉRMICOS

En el capítulo 3 del ES del bulto se recoge la evaluación térmica presentada por ENSA como soporte a la solicitud. La evaluación llevada a cabo en el CSN se encuentra recogida en el informe [CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87](#).

El alcance de la evaluación llevada a cabo en el CSN de los análisis térmicos ha sido:

- Descripción del sistema de evaluación de calor, en el que se identifican las características de diseño del contenedor relevantes para la función de disipación de calor.
- Materiales y límites de diseño, en el que se comprueba la definición de los límites térmicos que garantizan la integridad del combustible y del contenedor, y su coherencia con los materiales considerados en el diseño.
- Cargas térmicas y condiciones ambientales, cuya definición constituyen las condiciones de contorno aplicables en cada escenario del análisis postulado en el ES.
- Modelos térmicos y métodos analíticos, en el que se revisan los mecanismos de transmisión considerados en cada momento, así como su implementación en modelos analíticos, y se verifica el conservadurismo de las hipótesis de cálculo empleadas.
- Propiedades térmicas de los materiales, en el que se revisan las referencias que se han empleado para definir las propiedades de los diferentes materiales que caracterizan su comportamiento térmico.
- Cálculos para las condiciones rutinarias y normales de transporte (CNT) y las condiciones de accidente (CA), en el que se verifica el cumplimiento de los resultados obtenidos frente a los límites de diseño definidos.

Varios de los aspectos del ámbito térmico, que incluyen las características del contenedor relevantes para el diseño térmico, los límites de diseño, las propiedades térmicas de los

materiales o los modelos térmicos empleados en la evaluación térmica, fueron evaluados ya mediante el informe correspondiente a la modalidad de almacenamiento: “Informe de evaluación de la solicitud de aprobación del diseño del contenedor de almacenamiento de combustible gastado ENUN 32P de ENSA: Aspectos térmicos, confinamiento y otros en el alcance del área de Ingeniería Mecánica y Estructural”, de referencia CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/01.

Materiales y Límites de Diseño

El objetivo principal del contenedor es garantizar la integridad del combustible gastado alojado en su interior en todas las condiciones de transporte: rutinarias, normales y accidentales. Este objetivo se logra manteniendo la temperatura de las vainas de combustible por debajo de un cierto valor, para prevenir su fallo, seleccionando los materiales constituyentes del contenedor y manteniendo las condiciones adecuadas de temperatura y presión, de forma que los componentes puedan seguir cumpliendo con la función de seguridad para la que fueron creados.

Para alcanzar este objetivo, se establecen unos límites térmicos aplicables tanto al combustible como al resto de los componentes del contenedor, así como el establecimiento de un límite de presión interna en todas las condiciones de diseño postuladas en el transporte.

Los límites térmicos del combustible gastado y de los componentes del contenedor importantes para la seguridad, con la excepción de los limitadores de impacto, son los mismos que los usados para la condición de almacenamiento, evaluados mediante el informe CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/01, por lo que la evaluación concluye que están de acuerdo con la normativa aplicable.

Respecto a los limitadores de impacto, durante la evaluación llevada a cabo para la aprobación de otro contenedor, el ENUN-52B, se requirió clarificar los límites térmicos aplicados a sus estructuras de aluminio y definir los límites correspondientes a su estructura de panal de abeja y espuma de poliuretano, cuyo diseño es similar al empleado para el contenedor ENUN-32P. Estos datos finalmente han sido incluidos en la revisión 4 del Estudio de Seguridad del Bulto ENUN-32P, considerándose aceptables.

Respecto a la presión de diseño de la cavidad del contenedor se emplea para verificar el comportamiento estructural del contenedor (ver apartado 6.6 del informe) en condiciones rutinarias, normales y de accidente en el transporte.

Cargas térmicas y condiciones ambientales

En relación con las cargas térmicas base de diseño que se emplean en la verificación térmica del contenedor:

- La evaluación comprobó el valor de la carga térmica de diseño utilizada para las evaluaciones térmicas para las tres configuraciones de carga (uniforme, regionalizada y en caso de almacenar componentes asociados). La de mayor carga térmica corresponde al esquema de carga regionalizada. La potencia térmica de diseño, según se indica en la tabla 3.1.1 del ES, es de 36,2 kW. Dicho valor se incrementa en un 2% para tener en cuenta el factor de forma introducido a partir de los perfiles axiales de quemado.
- Las cargas de insolación o irradiación solar del contenedor tenidas en cuenta se consideran aceptables.
- El rango de temperaturas ambientales considerado fue de -40° a 38°C, considerándose aceptables al cumplir los requisitos del apartado 3.5.5.1 del NUREG-1617⁹. Dichas temperaturas no son aplicables al caso del análisis del transitorio de carga, drenaje y secado del contenedor, en el que se supone una temperatura ambiente de 35°C y un rango de temperaturas de piscina para la carga de 30 a 46°C.
- El transitorio de temperatura durante la carga, drenaje y secado, o durante la re-inundación del contenedor (en caso de tener que descargar los elementos combustibles gastados de nuevo en la piscina) es idéntico al que se presenta en el ES en la modalidad de almacenamiento, al ser una actividad común en el almacenamiento y en el transporte. Dicho transitorio fue evaluado en el informe CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/01, considerándose aceptable.

Modelos Térmicos y Métodos Analíticos

Los modelos térmicos y analíticos utilizados por ENSA se revisaron de manera exhaustiva en cada condición de almacenamiento, y se encuentran evaluados en el informe CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/01. Sin embargo, existen particularidades propias de los modelos térmicos aplicados a la modalidad de transporte:

- Se ha aplicado una conductividad térmica variable en el huelgo del bastidor-vaso del contenedor para tener en cuenta la disposición del contenedor en posición horizontal durante el transporte.

⁹ Este rango de temperaturas es el exigido por el párrafo 666 del Reglamento para el transporte Seguro de Material Radiactivo de la OIEA, (SSR-6, de 2012)

- En las condiciones de normales de transporte, se modelan los limitadores de impacto. No se da crédito a la interacción térmica del contenedor con otros contenedores, al no considerarse la presencia de contenedores vecinos durante el transporte.
- En las condiciones de accidente, se considera una secuencia de accidentes y se verifica el comportamiento del contenedor teniendo en cuenta la acumulación de daño en cada uno de los accidentes de la secuencia, a diferencia del análisis durante el almacenamiento, que postula escenarios independientes.

La evaluación concluye que los métodos analíticos empleados para verificar el comportamiento térmico en las condiciones rutinarias, normales y accidentales en transporte son aceptables.

Propiedades térmicas de los materiales

En este aspecto la evaluación se centra en los limitadores de impacto, no contemplados en el ES para la modalidad de almacenamiento. La evaluación concluye que las referencias empleadas para definir las propiedades de los materiales de dichos componentes son aceptables.

Cálculos para las condiciones rutinarias y normales de transporte (CNT) y las condiciones de accidente

La evaluación revisó los resultados obtenidos por ENSA de las temperaturas de los diferentes componentes del contenedor, para los escenarios analizados en el ES, verificando el cumplimiento con los límites térmicos.

Para las condiciones rutinarias y normales de transporte todos los cálculos se han realizado considerando la configuración más penalizante del bulto, esto es, la configuración de carga regionalizada con combustible KWU 16x16. En el capítulo 3 del ES se han considerado tres casos de carga atendiendo a la carga térmica, temperatura ambiente e insolación consideradas:

- Caso 1: Condición de máxima temperatura, en el que se aplica la potencia térmica de diseño del combustible en la modalidad de carga regionalizada (), considerándose una temperatura ambiente de 38°C además del efecto de la insolación.
- Caso 2: Condición de mínima temperatura, en el que se considera ausencia de carga térmica, ausencia de insolación y una temperatura ambiente de -40°C.
- Caso 3: en el que se modifica el caso 2 para tener en cuenta la carga térmica del combustible (), y que, junto con los resultados del caso 1, se emplea para la evaluación las tensiones térmicas.

Se verifica que en ningún caso se superan los límites térmicos, por lo que los análisis realizados resultan aceptables.

Respecto a la temperatura máxima en las superficies accesibles del bulto, la reglamentación establece un límite de 50°C, a menos que el transporte se realice en la modalidad de uso exclusivo, y que, en cualquier caso, la temperatura en la superficie fácilmente accesible del bulto no superará los 85°C durante el transporte, en ausencia de irradiación solar. Entendiendo como superficies accesibles todas aquellas con las que se pueda establecer contacto directo, resultan como tales únicamente algunas superficies externas de los limitadores de impacto y la rejilla de la barrera personal que protege el acceso a la virola envolvente del bulto. Se concluye que, incluso considerando el aporte de calor por insolación, la temperatura máxima en las superficies accesibles de los limitadores de impacto permanecerá por debajo del límite de 85°C, pero la temperatura en las rejillas de la barrera personal podría llegar a los 67.9 °C, por lo que en estos casos el transporte deberá llevarse a cabo en la modalidad de uso exclusivo, al superarse la temperatura requerida por la reglamentación (50°C). Esta conclusión da lugar a la condición 17^a.

En cuanto a las temperaturas máximas en condiciones de accidente, en el ES del bulto se han calculado las temperaturas máximas en las tres fases del accidente de fuego definido por la reglamentación. Las temperaturas máximas alcanzadas en los componentes del contenedor para cada una de las fases de análisis se resumen en la tabla 3.5.6 del ES. En ningún caso se superan los límites térmicos por lo que resultan aceptables.

Se evaluaron, así mismo, la metodología y los resultados de los cálculos de presión interna máxima en la cavidad durante las condiciones normales de transporte, y durante las condiciones de accidente. Los resultados confirman que en condiciones normales la Presión Normal de Trabajo Máxima (PNMT) ¹⁰ () es inferior al límite definido por la reglamentación (7 bar) y que en condiciones de accidente la presión interna máxima () es inferior a la presión de diseño (8 bar), por lo que se considera que, tanto la metodología empleada para el cálculo de la presión interna, como los resultados son aceptables.

Por último, la evaluación revisó el tratamiento de las dilataciones diferenciales entre los diferentes componentes del bulto. La evaluación considera que, con los resultados obtenidos, se garantiza que no se crearán tensiones térmicas adicionales en los distintos componentes del contenedor.

¹⁰ Por *Presión Normal de Trabajo Máxima (PNTM)* se entenderá la presión máxima por encima de la presión atmosférica al nivel medio del mar que se desarrollaría en el *sistema de contención* durante un período de un año en las condiciones de temperatura y de irradiación solar correspondientes a las condiciones ambientales en que tiene lugar el transporte, en ausencia de venteo, de refrigeración externa mediante un sistema auxiliar o de controles operacionales durante el transporte.

La evaluación térmica se limita al contenedor y a sus componentes, en configuración de transporte (es decir, incluyendo los limitadores de impacto), pero descarta otros elementos accesorios como la cuna de transporte en la que se fija el contenedor en el vehículo de transporte. El análisis de las dilataciones de los muñones indica que la cuna de transporte deberá permitir la dilatación del contenedor tanto axial como radialmente. La evaluación de estos accesorios deberá tenerse en cuenta dentro del proceso de evaluación de la autorización de la expedición, que se propondrá requerir en el condicionado de la aprobación del bulto. Esta conclusión da lugar a la condición 16ª.

Se concluye, por tanto, que la evaluación térmica, incluida en la revisión 4 del Estudio de Seguridad del bulto de transporte ENUN 32P se considera aceptable.

6.6 EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS ESTRUCTURALES

En el capítulo 2 del ES del bulto se recoge el análisis estructural presentado por ENSA como soporte a la solicitud, con el objetivo de demostrar el comportamiento del contenedor en cualquiera de las situaciones de transporte: rutinarias, normales y de accidente.

La evaluación llevada a cabo en el CSN se encuentra recogida en el informe CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80, aunque varios de los aspectos del ámbito mecánico – estructural se excluyen, al haber sido evaluados ya en el informe correspondiente a la modalidad de almacenamiento “Informe de evaluación de la solicitud de aprobación del diseño del contenedor de almacenamiento de combustible gastado ENUN 32P de ENSA: Aspectos mecánico- estructurales”, de referencia CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/02, de junio de 2015.

En el informe correspondiente a la modalidad de almacenamiento se revisaron, entre otros aspectos, las características y materiales del contenedor relacionados con la integridad estructural, las tensiones sobre los muñones durante las operaciones de manejo del contenedor, la resistencia estructural del sistema de cierre y los resultados de los análisis de accidente postulados durante el almacenamiento (incluyendo el manejo). Estos aspectos fueron considerados aceptables en dicha evaluación.

Las conclusiones de la evaluación del ES de almacenamiento que son comunes al caso del transporte han sido incluidas por ENSA en la última revisión remitida (rev.4) del ES del contenedor en la modalidad de transporte.

Durante la evaluación llevada a cabo por el CSN, también se tienen en cuenta los requisitos y recomendaciones de la normativa americana (10 CFR Part 71, NUREG-1617, Regulatory Guide 7.6, ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section III, etc...). Para más

detalle sobre la normativa y criterios de referencia, ver el informe CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80.

Entre los aspectos que son específicos del modo de transporte, y que han sido evaluados en el informe CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80, están los siguientes:

- Validación de limitadores de impacto.
- Cumplimiento de los ensayos que simulan condiciones normales de transporte.
- Cumplimiento de los ensayos que simulan condiciones de accidente en transporte.

Esto es coherente con lo requerido por la normativa, que requiere que, para garantizar la seguridad en el transporte, es el bulto de transporte el que ha de ser capaz de soportar tanto las condiciones rutinarias y normales de transporte como las condiciones de accidente.

El cumplimiento de los ensayos de caída que simulan las condiciones normales de transporte y las condiciones de accidente se ha justificado analizando el comportamiento frente a la aceleración máxima que el bulto alcanza en la condición del ensayo. Esta aceleración depende del comportamiento de los limitadores de impacto.

El valor de aceleración utilizado en el análisis de caída es el máximo que se deduce de una serie de ensayos a escala llevados a cabo en el Laboratorio Nacional de Sandía (en Estados Unidos de América) para ENSA, en el marco de la aprobación de este contenedor.

Adicionalmente a los requisitos y criterios de aceptación definidos por la reglamentación de transporte y los relacionados con los límites tensionales, la fractura frágil y el fallo por fatiga, el bulto ha sido diseñado para que, tanto en las condiciones normales de transporte como en las condiciones de accidente:

- Los limitadores de impacto no se desprendan del contenedor.
- Las tapas no se desprendan tras una caída y se mantenga la integridad de la contención.
- Los elementos de combustible gastado (CG) no sufran daños y puedan ser adecuadamente recuperados.
- En todas las situaciones anteriores, el CG se mantenga íntegro y sin romperse por pandeo o flexión.

En las condiciones rutinarias y normales de transporte las cargas que se han tenido en cuenta han sido, al menos, el peso, el pretensado de los pernos, la presión interior y los efectos térmicos. En cuanto a la presión interna de diseño del contenedor, la máxima presión interna de la cavidad utilizada en los análisis es de , pese a que, en todas las

condiciones de transporte es significativamente inferior (de acuerdo al ES,). Estos valores están por debajo de los 7 bar requeridos en el artículo 6.4.8.13 del ADR como Presión Normal de Trabajo Máxima (PNTM).

ENSA ha considerado en vez de la PNTM para todas las situaciones menos para las asociadas a temperatura mínima (térmico de frío, caídas a temperatura mínima de condiciones normales de transporte, caídas a temperatura mínima de condiciones de accidente, salvo *slap down*, y punzonado a temperatura mínima), para las que ha considerado 1 bar. Esta manera de proceder resulta conservadora para las situaciones para las que se ha tomado , pero no es conservadora para las situaciones de temperatura mínima para las que se ha tomado 1 bar, siguiendo los criterios de la normativa americana. Para justificar que para los casos de temperatura mínima el efecto de tomar 1 bar en vez de la PNTM () resulta despreciable, ENSA, a petición del CSN, presentó la RDT nº y una serie de aclaraciones remitidas mediante correo electrónico, que se incorporan como anexo del informe de evaluación de los aspectos mecánico-estructurales CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80. La RDT nº 038, rev. 0 ha sido incorporada al ES como apéndice (apartado 2.15), y se considera correcta, concluyéndose que ENSA ha tomado presiones internas adecuadas para todos sus análisis.

En cuanto a las temperaturas ambientales extremas consideradas en la evaluación del comportamiento del bulto en condiciones normales son de 38 °C y - 40 °C (esto cumple el artículo 6.4.8.15 del ADR).

De la evaluación llevada a cabo por el CSN se desprende que:

- El bulto ENUN 32P se ha diseñado para soportar las cargas correspondientes a las condiciones rutinarias, normales y de accidente en transporte. Los casos de carga considerados durante el análisis se consideran suficientes y engloban correctamente las situaciones esperables. Indicar que dentro del informe de evaluación, se han analizado conjuntamente las condiciones rutinarias y normales, dentro del apartado 5.3 “Condiciones normales de transporte”.
- Los análisis llevados a cabo por ENSA para justificar el **diseño correcto de los componentes** del bulto ENUN 32P ante las condiciones normales de transporte se consideran suficientes. Se han analizado las siguientes condiciones normales de transporte: Muñones en elevación/manejo y en amarre, calor, frío, reducción de la presión externa, incremento de la presión externa, vibración, ensayos, fallo por fractura frágil y fallo por fatiga. En todos estos casos los análisis son coherentes con la normativa aplicable y las conclusiones de los mismos han resultado aceptables.
- **Superación de los ensayos que simulan las condiciones normales de transporte:**
 - El de aspersión con agua no tiene ningún efecto sobre el bulto

- El ensayo de apilamiento no aplica porque nunca se realizará el apilamiento de un bulto sobre otro.
- El de penetración: en ninguno de los supuestos considerados se produciría en el bulto un efecto significativo.
- El de caída libre: En las caídas el contenedor lleva acoplados los limitadores de impacto, y se analizan dos casos térmicos, por un lado el de temperatura máxima reglamentada: 38 ° C, irradiación solar y calor de desintegración máximos y por otro el de temperatura mínima: -29 ° C, ausencia de irradiación solar y generación de calor de los elementos combustibles.

Aquí es importante destacar que la temperatura mínima considerada por ENSA, -29°C, es superior a la establecida en el Reglamento de transporte del OIEA (y por tanto en la reglamentación de aplicación en España): -40 °C. Esto es debido a que ENSA ha considerado el criterio definido en la normativa norteamericana (-29°C). Como las propiedades mecánicas de los materiales empeoran al aumentar la temperatura, la circunstancia antes señalada resulta conservadora (los valores numéricos de las propiedades mecánicas especificadas en el ES no varían entre ambas temperaturas, así como los coeficientes de dilatación térmica, por lo que los resultados del análisis son exactamente iguales para ambas temperaturas).

Dado que el contenedor va provisto de los limitadores de impacto, se supone que el centro de masas no superará una aceleración . Este valor es el máximo que se deduce de los ensayos a escala llevados a cabo en el Laboratorio Nacional de Sandía y corresponde a la caída en horizontal del bulto.

Tras la evaluación de los análisis realizados por el solicitante en las condiciones citadas, se concluye que los resultados de los análisis de las caídas que simulan las condiciones normales de transporte se consideran aceptables

En definitiva, los análisis llevados a cabo para justificar el diseño correcto de los componentes del bulto ENUN 32P ante las condiciones normales de transporte se consideran correctos y coherentes con la normativa aplicable.

- **Superación de los ensayos que simulan las condiciones de accidente en el transporte:**
 - Caída libre desde 9 m: Con objeto de cubrir el requisito de que el bulto esté orientado de manera que se genere el mayor daño, se han analizado cuatro

posibles caídas: vertical sobre tapas, lateral (horizontal), en esquina sobre tapas, con el centro de gravedad sobre el punto de impacto, y en oblicuo (“*slap down*”) con inclinación de 10 ° respecto de la horizontal de forma que el impacto secundario ocurre sobre la tapa exterior.

La aceleración que sufre el centro de gravedad del bulto en cada caída se mantiene por debajo del valor correspondiente obtenido del cálculo de los limitadores de impacto, y que se ha validado mediante los ensayos reales de caídas, llevados a cabo a escala 1/3 para el contenedor ENUN 32P

Se tiene en cuenta el pretensado de los pernos, y para cada caída se consideran dos condiciones térmicas, similares a las ya consideradas en las caídas en condiciones normales de transporte: temperatura ambiente de +38 °C, y de -29 °C (-40 °C en el *slap down*), con el contenedor sometido a una presión interna de en los casos de temperatura máxima y 1 bar en los casos de temperatura mínima (en el *slap down*).

Se considera que cuando se supera algún límite de tensiones, esta superación está adecuadamente justificada, garantizándose el buen comportamiento del bulto ante las caídas de 9 metros. Por tanto, se concluye que queda suficientemente justificada la respuesta adecuada del bulto, desde el punto de vista mecánico- estructural.

- Punzonado: consiste en dejar caer el espécimen sobre una barra rígida maciza (punzón) desde 1 m. La caída debe ser tal que se produzca el máximo daño. El ES analiza tres situaciones: punzonado sobre el centro de la virola (el contenedor cae en horizontal), sobre el centro de la tapa exterior (el contenedor cae vertical invertido), y sobre el fondo (caída vertical de pie). Los cálculos llevados a cabo mediante elementos finitos suponen el contenedor desprovisto de limitadores (aunque se tiene en cuenta su masa).

Al igual que en el caso de las caídas desde 9 m, se tiene en cuenta el pretensado de los pernos, y se consideran dos condiciones térmicas: temperatura ambiente de +38 °C y de -29 °C, con de presión interna para la Tª máxima y de presión interna para la mínima. Estas temperaturas y presiones se consideran apropiadas, en coherencia con lo ya expuesto.

No se tienen en cuenta los limitadores, ni el blindaje neutrónico ni su envolvente, ni las aletas, ni la virola de protección externa, lo cual resulta conservador (ya que frenarán, aunque ligeramente, la penetración del punzón). Lo que se ha modelado pues es el impacto del punzón directamente sobre la barrera de contención del contenedor.

Tras las evaluaciones realizadas se concluye que el contenedor se comporta adecuadamente ante el accidente de punzonado, en las situaciones analizadas.

- Accidente térmico (incendio): consiste en someter al contenedor a un fuego de 800 °C durante 30 minutos. El análisis llevado a cabo por ENSA refleja que no se superan los límites térmicos del combustible y de los componentes relacionados con la seguridad (Ver también lo recogido en el apartado 6.5. de esta PDT en relación con la distribución de temperaturas que se obtiene en el bulto tras este accidente, así como las dilataciones térmicas diferenciales asociadas).

Tras las evaluaciones llevadas a cabo se concluye que el bulto se comporta adecuadamente ante el accidente de fuego, cumpliendo la normativa aplicable.

- Inmersión: Consiste en someter al bulto a 200 m de columna de agua durante una hora. ENSA ha llevado a cabo una serie de análisis encaminados a demostrar el buen comportamiento del contenedor a una presión exterior de 2 MPa (presión que se corresponde con 200 m de presión de columna de agua). Estos análisis afectan a la tapa exterior, a la tapa de la penetración de control de presión, y a las juntas de las dos tapas citadas que son, a priori, los componentes más débiles de la barrera de contención, y los más expuestos.

Los resultados de los análisis cumplen los requisitos de la normativa y, por tanto, se considera que el bulto supera adecuadamente los criterios de aceptación para el accidente de inmersión.

En definitiva, los análisis llevados a cabo para demostrar el buen comportamiento del bulto en condiciones hipotéticas de accidente son, de acuerdo con la normativa aplicable, suficientes. Los estudios llevados a cabo han sido evaluados y sus resultados son satisfactorios.

- **Evaluación del sistema de cierre.** En este apartado, que se añade como comprobación adicional a los cálculos por elementos finitos llevados a cabo en otros puntos del ES, se examina el comportamiento de los pernos que intervienen en el sistema de cierre del bulto ENUN 32P. El análisis es idéntico al evaluado en la modalidad de almacenamiento y ya se consideró que era válido tanto para el almacenamiento como para el transporte mediante el informe de referencia CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/02.

- **Análisis del combustible.** El ES recoge, en su apartado 2.8 un análisis de los elementos de combustible gastado que pueden transportarse en el bulto. En este apartado, ENSA lleva a cabo una comprobación a pandeo y a flexión del combustible, que son las solicitaciones a las que este tiene que hacer frente en caso de caída vertical u horizontal respectivamente. Se analizan las caídas vertical y horizontal requeridas en caso de accidente, desde 9 metros, por ser el caso más severo.

Debido al proceso de evaluación llevado a cabo por el CSN, el análisis dinámico del combustible para la caída vertical tuvo que ser revisado considerando los requisitos de la revisión 1 del documento de la US-NRC, ISG-12, "Buckling of irradiated fuel under end drop conditions" [12]. El análisis de flexión debido a la caída horizontal no se encuentra afectado por la ISG-12 rev.1 y no tuvo que ser modificado.

Tras la revisión del documento "Análisis de los efectos dinámicos en los combustibles base de diseño" [13] para combustible con un quemado de hasta 45000 MWd/MtU se considera que el fallo de las barras de combustible gastado tipo KWU 16 x 16 o Westinghouse 17 x 17 queda razonablemente descartado, ya sea por pandeo o por flexión.

Sin embargo, este documento no analiza todo el rango del grado de quemado solicitado en el ES del bulto. Por lo tanto, el certificado de aprobación deberá limitar el grado de quemado máximo de los elementos combustibles a un valor igual o inferior a 45000 MWd/MtU. Esta conclusión da lugar a los requerimientos sobre el quemado en la condición 5.

- **Análisis de los limitadores de impacto.** Las comprobaciones llevadas a cabo sobre los limitadores de impacto concluyen que estos elementos, en los escenarios de caídas, limitan las aceleraciones a valores aceptables, que ningún componente del bulto a excepción de los propios limitadores contacta con la superficie de impacto, y que los pernos de amarre permanecen unidos al contenedor después de cada caída, considerándose demostrado el cumplimiento de los objetivos establecidos para los limitadores de impacto, por lo que su diseño se considera aceptable.
- Aspectos relacionados con la **fractura frágil** y con la fatiga. Las comprobaciones llevadas a cabo concluyen que los análisis llevados a cabo son apropiados.

Por último, decir que la evaluación se limita al contenedor y a sus componentes en configuración de transporte (es decir, incluyendo los limitadores de impacto), pero descarta otros elementos accesorios (por ejemplo, no se incluye el diseño de la cuna de transporte en la que se fija el contenedor en el vehículo de transporte). La evaluación de estos accesorios deberá tenerse en cuenta dentro del proceso de evaluación de la autorización de la expedición. Esta conclusión da lugar a la condición 16ª.

Se concluye, por tanto, que la evaluación estructural, incluida en la revisión 4 del Estudio de Seguridad del bulto de transporte ENUN 32P se considera aceptable con el establecimiento de las condiciones descritas en este apartado.

6.7 EVALUACIÓN DE LA CONTENCIÓN

En el capítulo 2 del ES se muestra que todos los componentes de la barrera del sistema de contención se mantienen dentro de los límites de tensiones permitidos durante todas las condiciones de transporte: rutinarias, normales y de accidente (ver apartado 6.6 de este informe).

En el capítulo 3 del ES se muestra que la presión y la temperatura obtenidos durante esas condiciones de transporte no superan los valores de diseño (ver apartado 6.5 de este informe).

En el capítulo 4 del ES se recoge la evaluación la contención presentada por ENSA como soporte a la solicitud. La evaluación llevada a cabo en el CSN se encuentra recogida en el informe CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87.

Varios de los aspectos de la evaluación de la contención fueron incluidos ya en el informe correspondiente a la modalidad de almacenamiento "Informe de evaluación de la solicitud de aprobación del diseño del contenedor de almacenamiento de combustible gastado ENUN 32P de ENSA: Aspectos térmicos, confinamiento y otros en el alcance del área de Ingeniería Mecánica y Estructural", de referencia CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/01.

El alcance de la evaluación de la contención se limita a verificar el cumplimiento de los requisitos relativos a la definición del sistema de contención y a la determinación de la tasa de fugas admisible.

El sistema de contención en la modalidad de transporte queda configurado por los siguientes elementos: vaso de contenedor, tapa interior y anillo exterior de la junta metálica, tapas de las penetraciones de venteo y drenaje, así como los correspondientes anillos exteriores de las juntas metálicas y los tapones de las penetraciones entre anillos de las mencionadas juntas metálicas.

El sistema de contención del bulto se diseña conforme a los requisitos de la subsección WB, "Class TC Transportation Containments" de la división 3 del código ASME, sección III, lo que se considera aceptable por estar expresamente contemplada en el apartado 2.4.1 del NUREG 1617.

Se revisaron los análisis de los pares de apriete de los pernos de unión de las tapas y el vaso, de manera que se alcance una compresión óptima de las juntas metálicas empleadas, y se minimice la fuga. Dicho análisis se evaluó en el informe de referencia CSN/IEV/IMES/ENUN32P/1504/01 sobre la modalidad de almacenamiento, empleándose casos de carga envolventes para las modalidades de almacenamiento y transporte. La evaluación concluye que queda suficientemente demostrado que el pretensado de los pernos es suficiente para garantizar la compresión óptima de las juntas.

En cuanto al análisis de las tasas de fuga admisibles, para calcular los valores de fuga se ha seguido la metodología del apéndice A del 10 CFR 71. Se determina en primer lugar el valor límite de actividad para el caso de material radiactivo no en forma especial, A_2 , de acuerdo con las características y el contenido del bulto y para ello se ha tenido en cuenta tanto los diferentes diseños de combustible que permite cargar el contenedor como los diferentes esquemas de carga.

Posteriormente, a partir del valor calculado más restrictivo de la actividad A_2 , se han determinado las tasas de liberación admisibles para las condiciones de transporte normales y de accidente, según lo requerido en el 10 CFR 71.51(a)(1) y 10 CFR 71.51 (a)(2), que coincide con los criterios definidos en la reglamentación que se aplica en España (apartado 6.4.8.8 del ADR, que se corresponde con el párrafo 659 del Reglamento del OIEA SSR-6). Las tasas de liberación obtenidas se refieren a fuga de helio en las condiciones de presión y temperatura correspondientes al escenario particular de análisis, que se convierten a un valor de tasa de fugas de aire en condiciones estándar de presión y temperatura, siguiendo lo indicado en la norma ANSI N14.5 y el NUREG/CR-6487.

La evaluación concluye que la liberación de material radiactivo resultante de aplicar una tasa de fugas del bulto de valor correspondiente al criterio de fugas predefinido cumple con los límites reglamentados. Se concluye entonces que dicha tasa de fugas es válida para definir el criterio de aceptación de las pruebas de estanqueidad del capítulo 8 del ES: Criterios de Aceptación y Programa de Mantenimiento.

La evaluación concluye que el diseño del sistema de contención, incluida en la revisión 4 del ES del bulto de transporte ENUN 32P, es consistente con los requisitos reglamentarios, por lo que se considera que proporciona una garantía razonable respecto a la contención del material radiactivo almacenado bajo todas las condiciones previstas en el ES del bulto.

6.8 EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD Y ESTADO DEL COMBUSTIBLE

En el capítulo 6 del ES se recoge el análisis de criticidad presentado por ENSA como soporte a la solicitud. La evaluación llevada a cabo en el CSN se encuentra recogida en el informe CSN/IEV/INNU/ENUN32P/1506/06.

El análisis de criticidad presentado por ENSA es común para las condiciones de almacenamiento y transporte. ENSA ha utilizado una metodología de cálculo de criticidad con crédito al quemado, con modelos dependientes por tanto no sólo del diseño de cada tipo de combustible sino de sus condiciones de irradiación en los correspondientes reactores españoles. Teniendo en cuenta que se evalúa un análisis de seguridad frente a criticidad único para almacenamiento y transporte, debe cumplir los criterios de aceptación que sean envolventes de ambas condiciones y además cumplirse los requisitos establecidos en la ISG-8 para la aplicación de la metodología con crédito al quemado.

De acuerdo con los resultados de los ensayos de caída del bulto, se ha considerado que el contenedor no sufre daño significativo como resultado de ninguna condición anormal o de accidente postulada, y de acuerdo con los correspondientes análisis mecánicos del combustible, se mantiene la geometría del mismo en todo momento. No obstante, teniendo en cuenta que el combustible base de diseño tiene un quemado de hasta 65000 MWd/MtU, es necesario señalar que en los análisis mecánicos del ENUN32P, y a pesar de lo requerido en la reglamentación americana aplicable, ISG-11 (ref. [27]), ENSA no ha incluido consideraciones específicas para combustible con quemado superior a 45000 MWd/MtU.

En la evaluación realizada se ha comprobado el cumplimiento con la regulación aplicable en lo referente a:

- Que los modelos empleados reproducen conservadoramente la geometría, materiales y condiciones tanto del combustible como del contenedor.
- Que los escenarios analizados y las hipótesis aplicadas cubren conservadoramente las condiciones requeridas por la normativa.
- Que la metodología aplicada es adecuada y está convenientemente validada.
- Que se cumplen los criterios de aceptación establecidos, teniendo en cuenta todos los sesgos e incertidumbres aplicables.

Con el fin de verificar los resultados presentados por ENSA se ha realizado un análisis independiente de algunos escenarios seleccionados, utilizando un modelo propio y la secuencia CSAS25 de la versión 6.1 del sistema de cálculo SCALE. Este análisis se ha llevado a cabo para casos correspondientes a los dos combustibles base de diseño, para diversos valores de enriquecimiento y quemado, con distribución uniforme, y la isotopía recogida en la documentación de ENSA para esos valores.

La evaluación se ha realizado sobre la revisión 1 del ES del bulto, pero las modificaciones existentes en la revisión 4 son menores y no afectan a la evaluación llevada a cabo sobre el análisis de criticidad.

Las comprobaciones realizadas en la evaluación han sido las siguientes:

- Modelos utilizados.

Se ha comprobado que las características establecidas para el combustible base de diseño reproducen conservadoramente la de los elementos que constituyen el contenido solicitado (ver apartado 5.3), tanto en su condición de combustible fresco (geometría, materiales) como irradiado (isotopía, perfil axial de quemado) en las condiciones de los correspondientes reactores PWR españoles. Así mismo, y de acuerdo con las especificaciones del contenedor ENUN32P, se ha comprobado que el modelo empleado en los análisis reproduce conservadoramente el diseño del contenedor (geometría, materiales) desde el punto de vista de seguridad frente a criticidad.

Por tanto, se concluye que los modelos utilizados son aceptables.

- Escenarios analizados

De acuerdo con la normativa aplicable, se deben analizar los siguientes escenarios: contenedor aislado (reflexión total) en condiciones de transporte normal y de accidente y una red de contenedores en contacto en condiciones de operación normal y de accidente, con inundación total de la cavidad con agua pura.

Como resultado de ese escenario se concluye que no hay restricciones desde el punto de vista de criticidad para la acumulación de contenedores, por lo que el valor del Índice de Seguridad para la Criticidad (ISC) para el bulto ENUN 32P es cero, y por lo tanto no existirá ninguna restricción desde el punto de vista de la criticidad durante el transporte o almacenamiento en tránsito de este bulto con cualquier otro bulto que contenga sustancias fisionables. El valor del ISC se reflejará en la condición 6ª del certificado de aprobación.

Por tanto, se concluye que los escenarios analizados son aceptables.

- Hipótesis aplicadas

Se concluye que las hipótesis utilizadas en la evaluación de ENSA relacionados con la temperatura, el modelo de elementos combustibles, el cálculo de isotopía, el crédito dado únicamente a los actínidos (U-234, U-235, U-236, U-238, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242, Am-241), los perfiles axiales de quemado empleados, la presencia de absorbentes neutrónicos y el contenido mínimo de material absorbente neutrónico en

las chapas de los bastidores, son adecuadas para garantizar el conservadurismo del análisis que soporta la demostración de la subcriticidad del sistema ENUN 32P. Sin embargo, no se considera adecuada la hipótesis aplicada sobre la configuración del combustible y del contenedor en condiciones nominales de diseño en un accidente en el transporte para el caso de combustible con grados de quemado superiores a 45000 MWd/MtU. A este respecto, se considera que para quemados superiores a ese valor este el mantenimiento de la geometría del combustible en cualquier condición debe ser objeto de justificación específica en lo que a comportamiento y estado de las vainas de combustible se refiere, de acuerdo con lo establecido en la ISG-11, que en su revisión 3 se cita como normativa de referencia en el ES del ENUN-32P para fijar los límites de temperatura de la vaina en distintas condiciones de operación normal y de accidente. En base a esta conclusión, se propondrá limitar la aprobación del bulto a contenidos con quemados de hasta 45000 MWd/MtU.

Esta conclusión se basa en la falta de información sobre las propiedades mecánicas y de tenacidad de fractura de la vaina combustible a altos quemados, en los que la elevada absorción de hidrógeno, junto con los fenómenos de precipitación y reorientación radial de los hidruros generados puede reducir de forma significativa la ductilidad de la vaina y puede llevar a su fractura, produciéndose la pérdida de geometría y liberación de combustible dentro del contenedor. Esta reorganización del material radiactivo dentro del contenedor podría afectar a varios análisis de seguridad (térmico, radiológico y de criticidad), dando lugar a situaciones no analizadas en el ES. Esta problemática fue identificada inicialmente en la nota de evaluación técnica [CSN/NET/INNU/TRA/1504/46](#), cuyas conclusiones dieron lugar a la celebración de una reunión entre los representantes del CSN y ENSA (acta de reunión técnica de referencia [CSN/ART/TFCN/TRA/1506/01](#)).

Con posterioridad, y como respuesta a las acciones identificadas en la reunión, ENSA remitió una carta al CSN el 17/06/2015 (nº de registro [10072](#)) [[14](#)] aceptando que se limite la carga del contenedor a quemados no superiores a 45000 MWd/MtU para la modalidad de transporte.

- Metodología aplicada

Para la evaluación de la criticidad realizada por ENSA se han utilizado los códigos SAS2H de la versión 4.4a del sistema de cálculo SCALE para cálculos de quemado y MCNP5 para cálculos de criticidad, ambos reconocidos y convenientemente validados para las condiciones de análisis.

Por tanto, se concluye que la metodología aplicada es adecuada.

- Criterios de aceptación incluidos en el Estudio de Seguridad.

Ensa ha calculado los Límites Superiores de Seguridad (*Upper Safety Limit*, USL) para definir el máximo factor de multiplicación (K_{eff}) permitido en las condiciones de los análisis y para cada uno de los tipos de combustible base de diseño, incluyendo tanto la incertidumbre de cálculo derivada del uso de los códigos SAS2H y MCNP5 como los incrementos derivados de los análisis de sensibilidad llevados a cabo (desplazamiento del combustible en el tubo, espesor mínimo de acero del bastidor, *gap* pastilla-vaina inundado). El cálculo se considera correcto para su utilización como criterio de aceptación de reactividad para los análisis evaluados.

Se concluye, por tanto, que la evaluación de la criticidad incluida en la revisión 4 del ES del bulto de transporte ENUN 32P se considera aceptable, con la excepción del combustible con grados de quemado superiores a 45000 MWd/MtU, para el que deberá justificarse de manera específica que el comportamiento mecánico de la vaina garantiza la geometría del combustible asumida en todas las condiciones analizadas. Esta conclusión da lugar a los requerimientos sobre el quemado en la condición 5.

6.9 EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE GARANTIA DE CALIDAD DENTRO DEL SISTEMA DE GESTIÓN

La normativa de transporte vigente, basada en la edición 2012 del Reglamento de transporte de material radiactivo del OIEA (SSR-6) requiere que se establezca y aplique un Sistema de Gestión de todas las actividades relacionadas con el transporte tales como el diseño del bulto, la fabricación, el mantenimiento y la reparación del embalaje, y la preparación, expedición, carga, acarreo (incluido el almacenamiento en tránsito), descarga y recepción en el destino final del material radiactivo.

Por otra parte, la guía de seguridad del OIEA TS-G-1.4, "The Management System for the Safe Transport of Radioactive Material" [15], se apoya en la norma del OIEA sobre sistemas de gestión de instalaciones y actividades que define los requisitos para establecer, implementar, evaluar y mejorar un sistema de gestión que integre aspectos tales como la seguridad radiológica, la salud en el trabajo y en el medio ambiente, la protección física, la calidad y los aspectos económicos asociados para asegurar que los aspectos de seguridad se toman en cuenta en todas estas actividades. Esta guía TS-G-1.4 señala, asimismo, que el término "sistema de gestión" refleja e incluye el concepto inicial de "control de calidad" y su evolución a través de la garantía de calidad y la "gestión de la calidad".

Los aspectos de garantía de calidad se cumplirán a través de la aplicación de los oportunos programas de garantía de calidad para las diferentes actividades relacionadas con el transporte de material radiactivo: el diseño del bulto, la fabricación, el mantenimiento y la reparación del embalaje y la preparación, expedición, carga, acarreo (incluido el

almacenamiento en tránsito), descarga y recepción en el destino final del material radiactivo.

La solicitud de aprobación del diseño de un bulto exigida por la reglamentación de transporte, y objeto de este informe, incluye documentación que solo abarca las fases de diseño y condiciones para la fabricación del embalaje, no incluyendo aspectos de la fase de transporte del bulto. Por lo tanto, en este apartado se evaluará tan solo el plan de calidad asociado al diseño del bulto y fabricación de los embalajes.

ENSA dispone de un Plan de Garantía de Calidad (PGC) para el diseño, licenciamiento, fabricación y ensayos de un contenedor para almacenamiento y transporte de combustible gastado de referencia 9231QP001 [20]. Asimismo, en el apéndice 1.3 “Garantía de Calidad” del ES del bulto se recogen las líneas generales de garantía de calidad aplicables al diseño y fabricación del contenedor ENUN 32P.

La evaluación de los aspectos de garantía de calidad fueron evaluados en el CSN mediante el informe de evaluación [CSN/IEV/GACA/TRA/1502/79](#) “Evaluación de los aspectos competencia del área de Garantía de calidad de la solicitud de aprobación del certificado de bulto de transporte modelo ENUN 32P”.

La evaluación se realizó sobre la revisión 1 del ES del bulto y considerando la normativa vigente en ese momento, basada en la edición 2009 del Reglamento de transporte del OIEA (TS-R-1). Las modificaciones existentes en la revisión 4 del ES son menores y no afectan a la evaluación llevada a cabo sobre el plan de calidad asociado al diseño del bulto. En cuanto a la evolución reglamentaria, ha habido un cambio que afecta a este apartado de garantía de calidad: en la TS-R-1 (edición 2009) se requería que se establecieran y aplicaran “Programas de Garantía de Calidad” a las actividades relacionadas con el transporte y en la vigente edición, trasladada a los reglamentos de aplicación en España, la SSR-6 (edición 2012) del OIEA se requiere que se establezca y aplique un “Sistema de Gestión”. A este respecto, considerando lo expresado en la Guía de seguridad del OIEA TS-G-1.4, y señalado al comienzo de este apartado, en cuanto a que el término “sistema de gestión” refleja e incluye el concepto inicial de “control de calidad” y su evolución a través de la garantía de calidad y la “gestión de la calidad”, se considera que el informe de evaluación [CSN/IEV/GACA/TRA/1502/79](#) emitido en su momento sigue siendo válido en la actualidad.

En definitiva, tras la evaluación realizada, se consideran aceptables los requisitos de garantía de calidad establecidos por ENSA para las actividades relacionadas con el diseño, análisis de la cualificación, aprovisionamiento de materiales, fabricación, montaje y ensayos en fábrica, mantenimiento, reparación y modificaciones de estructuras, sistemas y componentes del contenedor ENUN 32P clasificadas como importantes para la seguridad. Asimismo, la evaluación concluye que las operaciones de transporte no se

encuentran incluidas en el PGC por lo que se deberá condicionar la aprobación del diseño del bulto a que exista un plan de calidad que cubra también los aspectos de transporte cuando se vaya a utilizar. Esta conclusión da lugar a la condición 16.

6.10 INSTRUCCIONES DE USO Y MANTENIMIENTO

6.10.1 Instrucciones de uso

Las operaciones generales de uso del sistema ENUN 32P se encuentran detalladas en el capítulo 7 del ES del bulto.

Además del análisis recogido en esta misma PDT, la evaluación llevada a cabo se encuentra recogida en el informe de referencia CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87.

Excepto las operaciones de preparación para el transporte, todas las operaciones de recepción inicial, preparación del contenedor para la carga, carga, cierre y secado del contenedor y preparación para la descarga en una instalación, son comunes a las contempladas en el ES del ENUN-32P para almacenamiento, y fueron incluidas ya en el informe correspondiente a la modalidad de almacenamiento “Informe de evaluación de la solicitud de aprobación del diseño del contenedor de almacenamiento de combustible gastado ENUN 32P de ENSA: Aspectos térmicos, confinamiento y otros en el alcance del área de Ingeniería Mecánica y Estructural”, de referencia CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87.

Respecto a las operaciones de preparación para el transporte, se analizan dos escenarios: preparación para el transporte inmediatamente después de la carga y preparación para el transporte después de un período prolongado de tiempo de almacenamiento. La única diferencia entre estos dos escenarios es la aceptación de la prueba de estanqueidad realizada tras la carga de combustible. En el transporte después de un período prolongado de tiempo de almacenamiento no se da validez a la misma y se requiere por tanto la repetición de la prueba.

Una vez analizada dicha información se concluye que en la descripción de las operaciones a realizar se han tenido en cuenta los requisitos establecidos en la reglamentación de transporte de mercancías peligrosas (párrafos 501 y 502 del Reglamento del OIEA –SSR-6), tanto los relativos a la primera expedición como los requisitos previos a cada expedición.

Asimismo, los distintos pasos han sido descritos en orden secuencial, incluyendo inspecciones, ensayos y comprobaciones previas a cada operación tal como se detalla en la Guía de Seguridad 6.4 del CSN “Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte”.

Las operaciones no contemplan el diseño específico de la cuna de transporte, que no es parte del diseño del bulto que se aprueba, pues no se dispone aún de un diseño definitivo de esa cuna. La evaluación de la cuna, y de los accesorios de izado y manejo, así como el procedimiento de estiba del bulto en la cuna de transporte, deberán tenerse en cuenta dentro del proceso de evaluación de la autorización de la expedición que se propone requerir, de acuerdo con la condición 16ª.

Se considera que las instrucciones de uso que se describen en el ES resultan una base adecuada sobre la que deberán desarrollarse procedimientos detallados que tendrán en cuenta las características y equipamiento de la instalación en la que van a ser ejecutados, así como sus procedimientos operacionales e instrucciones de control de calidad (condición 8ª).

6.10.2 Instrucciones de mantenimiento y criterios de aceptación.

Los criterios de aceptación y el programa de mantenimiento del bulto ENUN 32P se encuentran detallados en el capítulo 8 del ES. Este capítulo describe los exámenes, inspecciones y ensayos a realizar sobre el contenedor antes del primer transporte, para garantizar que, una vez fabricado, cumple con los planos de licencia aplicables y con los demás requisitos del ES.

La evaluación llevada a cabo se encuentra recogida en el informe de referencia CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87. El alcance de esta evaluación se limita a verificar el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- La especificación de los criterios de aceptación relativos a las pruebas estructurales y de presión, ensayos no destructivos, pruebas de fugas y ensayos térmicos.
- Los requisitos del programa de mantenimiento.

Criterios de aceptación. Pruebas

Las pruebas a realizar antes del primer uso de un contenedor incluyen:

- Pruebas estructurales. El apartado 8.1.3.1 del ES contempla la ejecución de pruebas de carga sobre los dos muñones de izado, para lo cual se considera de aplicación el contenido de la norma ANSI N14.6, que establece que la carga de prueba a aplicar sea de tres veces la carga de diseño. La citada norma requiere que las pruebas de carga sean complementadas con ensayos no destructivos (END) en las superficies de contacto.

- Pruebas de presión. El apartado 8.1.2.2 del ES contempla la ejecución de pruebas de presión a realizar sobre la barrera de contención, conforme a los requisitos del artículo WB- 6200 de la sección ASME III, división 3, referencia que se considera aceptable. La presión de prueba debe ser superior a 1,5 veces la presión de diseño (P), valor que cubre sobradamente el mínimo exigido en el 10CFR71.85(b), 50% superior a la Presión Normal de Trabajo Máxima (PNTM), siendo esta de (Ver apartado 6.5. de esta PDT).
- Pruebas de estanqueidad. En el apartado 8.1.5 del ES se hace referencia a las pruebas de estanqueidad a realizar sobre las juntas y soldaduras de la barrera de confinamiento, las cuales cumplirán con los requisitos de la norma ANSI N14.5. El límite de fuga aplicado es de $4,1E-5$ Std cm^3 /s, cuyo origen ya se ha discutido en el apartado 6.7. de esta PDT.
- Prueba térmica. Siguiendo los requisitos del apartado 8.2.3 del NUREG-1617, en el apartado 8.1.11 del ES [8] se requiere la realización de un ensayo térmico del primer contenedor fabricado, mediante el que se pretende verificar la capacidad del contenedor para disipar la carga térmica de diseño. El ensayo térmico se realizará simulando la carga térmica del contenedor mediante el uso de termorresistencias instaladas en el interior de las celdas del bastidor. La carga térmica del ensayo no se corresponderá con la carga térmica de diseño, si no que se fija un mínimo correspondiente al 25% de la carga de diseño. Para el ensayo se realizará un cálculo térmico representativo empleando un modelo térmico equivalente al empleado para la evaluación térmica del capítulo 3 del ES, adaptado a las condiciones de la prueba. Los resultados de dicho cálculo se emplearán para definir las temperaturas máximas en cada punto del contenedor, que definirán a su vez los criterios de aceptación del ensayo.

El ensayo térmico que se plantea difiere respecto al que se definió para el bulto ENUN 52B, ya aprobado, para el que se establecía una prueba con la carga térmica de diseño. Debe destacarse que el ensayo térmico no tiene por objeto reproducir las temperaturas calculadas en el capítulo 3 del ES cuando el contenedor se somete a la carga térmica de diseño, sino validar los modelos térmicos con los que se han obtenido dichas temperaturas, lo cual resulta independiente de la carga térmica supuesta, siempre y cuando esta sea representativa. A este respecto, se han consultado otros ES de sistemas de almacenamiento aprobados en EE.UU., por ejemplo el correspondiente al sistema HISTORM FW [22], en el que se plantea un ensayo que simula la carga térmica con termorresistencias únicamente en una porción de las celdas de almacenamiento del contenedor. Se considera por tanto que el alcance del ensayo que se plantea en el capítulo 8 del EST [8] es aceptable.

Programa de mantenimiento

Una vez que el contenedor entra en servicio, se debe contar con un programa de mantenimiento de forma que se garantice que el contenedor sigue cumpliendo con los requisitos aplicables a lo largo de toda la vida útil. Para ello el capítulo 8 del ES proporciona una serie de requisitos que deben tenerse en cuenta a la hora de desarrollar dichos programas de mantenimiento. Se destaca:

- La realización de pruebas estructurales periódicas sobre los muñones de izado, con los requisitos que se especifican en la norma ANSI N14.6.
- La realización de pruebas de estanqueidad periódicas sobre los componentes del sistema de contención, con los requisitos indicados en la norma ANSI N14.5.
- La sustitución de los pernos empleados en las tapas interior y exterior, tapas de las penetraciones de venteo, drenaje, control de presión y limitadores de impacto, una vez alcanzados el número de ciclos admisibles frente a fallo por fatiga. El número de ciclos admisibles para los pernos se determina en la evaluación estructural del capítulo 2 del ES (Ver apartado 6.6. de esta PDT).
- Un programa de mantenimiento de la pintura exterior del contenedor, de forma que permita garantizar las propiedades de disipación térmica supuestas en la evaluación térmica del capítulo 3 del ES

Se considera que los requisitos generales para el desarrollo del programa de mantenimiento están de acuerdo con los requisitos especificados en el apartado 8.3 del NUREG-1617, por lo que se consideran aceptables.

Como conclusión final de la evaluación de este apartado, se considera que los criterios de aceptación y el programa de mantenimiento se han establecido empleando códigos y normas aceptados por el NUREG-1617 [21], lo que proporciona una garantía razonable del comportamiento del contenedor según diseño.

Se considera que los criterios de aceptación y el programa de mantenimiento que se describen en el ES resultan una base adecuada sobre la que deberán desarrollarse procedimientos detallados que tendrán en cuenta las características y equipamiento de la instalación en la que van a ser ejecutados, así como sus procedimientos operacionales e instrucciones de control de calidad.

6.11. PROPUESTA DE CONDICIONADO DEL CERTIFICADO DE APROBACIÓN

En la siguiente tabla se describen las condiciones que se proponen en este informe para el certificado de aprobación del bulto. Estas condiciones se derivan de las evaluaciones

llevadas a cabo, y de las que, con carácter general, se definen en el procedimiento PT.IV.28:

Condiciones propuestas	Motivo/Comentarios
<p>Condición 1:</p> <p>Se aprueba el modelo de bulto para materiales fisionables que se describe a continuación, como tipo B(U)F, para los siguientes modos de transporte: carretera, ferrocarril y marítimo, tras superar los requisitos exigidos por el Reglamento del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y por la reglamentación española de transporte aplicable para este tipo de bultos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento PT.IV.28.
<p>Nota al pie 1:</p> <p>Requisitos de seguridad Nº SSR-6, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición 2012, publicada por el OIEA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28. • La aprobación se hace de acuerdo con la edición 2012 del Reglamento de la OIEA SSR-6 (Ver análisis en el apartado 6.2 del presente informe)
<p>Nota al pie 2</p> <p>Real Decreto 97/2014 de 14 de febrero que regula las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, que remite al Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR). Real Decreto 412/2001 de 20 de abril por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril, que remite al Reglamento relativo al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas (RID). Código Marítimo Internacional sobre transporte de mercancías peligrosas (IMDG) de la OMI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.
<p>Condición 2ª</p> <p>El modelo de bulto objeto de esta aprobación es el denominado ENUN 32P previsto para el transporte de combustible</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.

Condiciones propuestas	Motivo/Comentarios
<p>gastado, que se corresponde con el documento “<i>Estudio de seguridad del contenedor de transporte de combustible gastado ENUN 32P</i>”, de referencia 9231-T, Rev. 4, de fecha julio de 2016, presentado por la empresa Equipos Nucleares, S.A. (ENSA).</p>	
<p>Condición 3ª</p> <p>Se le asigna a la presente aprobación la identificación E/141/B(U)F-96, revisión 0, con validez hasta el 31 de mayo de 2021, siempre que no se produzcan modificaciones técnicas o administrativas con anterioridad a esta fecha. La solicitud de prórroga deberá efectuarse, al menos, con seis meses de antelación a la finalización del periodo de validez y se ajustará a lo establecido en la Guía de Seguridad 6.4 del CSN “Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28. • La fecha de validez no está requerida por la normativa. Tanto nacional como internacionalmente se viene dando una validez de unos cinco años al certificado para tener en cuenta posibles cambios normativos. La próxima edición del Reglamento de transporte del OIEA (esperada en 2018) incluirá requisitos específicos sobre transporte de bultos tras un largo periodo de almacenamiento, lo que puede afectar a los contenedores de doble propósito destinados al almacenamiento y transporte de combustible gastado como el caso del ENU-32P. Los requisitos de esa edición del Reglamento del OIEA pasarían a la reglamentación internacional modal de aplicación en España (ADR, RID; Código IMDG) en sus ediciones de 2021. En consecuencia se considera conveniente establecer como fecha de caducidad de la aprobación el 31 de mayo de 2021.
<p>Condición 4ª</p> <p>Descripción del embalaje:</p> <p>...</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.
<p>Condición 5ª</p> <p>Contenido permitido</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.

Condiciones propuestas	Motivo/Comentarios
...	<ul style="list-style-type: none"> Las características de enriquecimiento mínimo y máximo, tiempo de enfriamiento y quemado, son las características que se han tenido en cuenta en los análisis de seguridad dentro del ES del bulto. El grado de quemado máximo está limitado a 45000 MWd/MtU (ver apdos. 6.7 y 6.8 del presente informe)
<p>Condición 6ª</p> <p>El índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC) es cero.</p>	<ul style="list-style-type: none"> PT.IV.28. El ES del ENUN 32P establece como 0 el índice de seguridad respecto a la criticidad. (apdo. 6.8 del presente informe).
<p>Condición 7ª</p> <p>El expedidor del bulto deberá disponer de este certificado y de toda la documentación necesaria para la correcta utilización del bulto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> PT.IV.28.
<p>Condición 8ª</p> <p>El expedidor del bulto deberá seguir las instrucciones de utilización y mantenimiento especificadas en el Estudio de Seguridad del bulto de referencia 9231-T.</p>	<ul style="list-style-type: none"> PT.IV.28.
<p>Condición 9ª</p> <p>Los bultos deberán llevar grabado en su exterior de forma indeleble su marca de identificación E/141/B(U)F-96 y el número de serie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> PT.IV.28.
<p>Condición 10ª</p> <p>La garantía de calidad de los aspectos relacionados con el diseño, fabricación y pruebas del bulto ENUN 32P deberá adecuarse al "Plan de Calidad para Diseño, Licenciamiento, Fabricación y Ensayos de un</p>	<ul style="list-style-type: none"> PT.IV.28. El plan de calidad presentado por ENSA no cubre las actividades de uso, mantenimiento y operaciones de transporte, por lo que es necesario establecer la segunda

Condiciones propuestas	Motivo/Comentarios
<p>Contenedor para almacenamiento y transporte de Combustible Gastado,” de referencia 9231QP001, emitido por ENSA Para el uso, mantenimiento y operaciones de transporte del bulto ENUN 32P deberá elaborarse un programa de garantía de calidad aplicado a esas actividades.</p>	<p>parte de esta condición, para cumplir con el requisito 1.7.3 del ADR. (ver análisis en el apdo. 6.9 del presente informe)</p>
<p>Condición 11ª</p> <p>En el caso de que el embalaje correspondiente al bulto ENUN 32P se fabrique por una empresa instalada en España, deberán cumplirse los requisitos establecidos en la Instrucción de Seguridad IS-39, de 10 de junio de 2015, del CSN “en relación con el control y seguimiento de la fabricación de embalajes para el transporte de material radiactivo”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28. <p>Se establece esta condición, que remite al cumplimiento de la IS-39 del CSN, porque el <i>Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español</i> establece en su artículo 8.2 que para el caso particular de embalajes utilizados para material radiactivo con aprobación de diseño de bulto de origen español, la conformidad de la producción se efectuará de acuerdo con lo establecido por la Dirección General de Política Energética y Minas en dicha aprobación de diseño. En estos casos, la conformidad de la producción se realizará tomando como referencia esa aprobación de diseño y el programa de garantía de calidad que deben aplicar los fabricantes de bultos radiactivos.</p>
<p>Condición 12ª</p> <p>Equipos Nucleares, S.A. informará al Consejo de Seguridad Nuclear del número de serie de cada embalaje fabricado según el diseño aprobado en este certificado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.
<p>Condición 13ª</p> <p>Cualquier modificación sobre el diseño del bulto o que afecte a lo establecido en las presentes condiciones deberá seguir el procedimiento descrito en la Instrucción IS-35 del Consejo de Seguridad Nuclear.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.
<p>Condición 14ª</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.

Condiciones propuestas	Motivo/Comentarios
<p>Para el transporte de los bultos ENUN 32P por territorio bajo jurisdicción española se tendrá en cuenta lo establecido en el Real Decreto 1308/2011 de 26, de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas así como los requisitos de cobertura de riesgo por daños nucleares establecidos en la Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear</p>	
<p>Condición 15ª</p> <p>Este certificado no exime al expedidor del cumplimiento de cualquier requisito exigido por los gobiernos de cualquiera de los países a través de los cuales vaya a transportarse el bulto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28.
<p>Condición 16ª</p> <p>El transporte de estos bultos a través del territorio español precisará de aprobación de expedición, debiendo seguir la Guía de Seguridad 6.4 del Consejo de Seguridad Nuclear <i>“Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte”</i>. La solicitud deberá ser presentada al menos con seis meses de antelación a la fecha prevista del transporte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PT.IV.28. • Teniendo en cuenta el tipo de material y la complejidad de las expediciones, así como la necesidad de revisar el programa de garantía de calidad aplicado al transporte, solicitado en la condición 10ª, se considera adecuado incorporar este requisito de autorización en el certificado de aprobación del bulto para su transporte en España, a fin de que el control sobre las expediciones sea más específico y exhaustivo. (CSN/IEV/GACA/TRA/1410/75) • Por otra parte, los informes de evaluación estructural (CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80) y térmico (CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87) no analizan los sistemas auxiliares a utilizar durante el manejo y transporte del contenedor y los procedimientos de estiba del

Condiciones propuestas	Motivo/Comentarios
	<p>bulto al vehículo. Su revisión se realizará durante la autorización de expedición propuesta en esta condición.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Este requisito se ha impuesto en el resto de aprobaciones de diseño de bultos para combustible gastado considerando la complejidad que tendrán las expediciones de estos bultos.
<p>Condición 17^a El transporte de estos bultos a través del territorio español se deberá realizar en la modalidad de uso exclusivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durante el transporte, el contenedor podrá tener una temperatura en las áreas accesibles superior a 50°C, por lo que el transporte se deberá realizar en régimen de uso exclusivo, de acuerdo con la reglamentación. (ver apartados 6.6 y 6.7 del presente informe)

7. CONCLUSIONES

Considerando las conclusiones de las áreas técnicas del CSN en las evaluaciones llevadas a cabo se estima que, desde el punto de vista de la seguridad y protección radiológica, puede informarse favorablemente la aprobación del modelo de bulto ENUN 32P, de conformidad con los límites y condiciones establecidos en el Anexo 1 y descritos en el apartado 6.11 del presente informe.

8. PROCEDIMIENTOS SEGUIDOS

Para la realización del presente informe se han seguido los procedimientos PG.IV.02 “Informes preceptivos del CSN a la administración (II.RR.)”, dentro del Manual de procedimientos de gestión, y PT.IV 28 “Procedimiento de evaluación para la aprobación y convalidación de bultos de transporte”, dentro del Manual de procedimientos técnicos.

9. RELACIÓN DE INFORMES

- [CSN/IEV/INNU/TRA/1507/82](#) “Solicitud de aprobación de diseño del contenedor ENUN 32P para transporte de combustible gastado. Evaluación del término fuente”, (09/07/2015)
- [CSN/NET/INNU/TRA/1504/46](#) “Aplicación de la ISG-11 en revisión 3 al licenciamiento del ENUN 32P”, (30/04/2015)
- [CSN/IEV/APRT/TRA/1410/73](#) “Evaluación de las tasas de dosis en el bulto de transporte ENUN 32P para combustible gastado” (08/10/2014)
- [CSN/IEV/INNU/ENUN32P/1506/06](#) “Evaluación de los análisis de criticidad del sistema ENUN 32P para el almacenamiento en seco y transporte de combustible irradiado” (16/06/2015)
- [CSN/IEV/GACA/TRA/1502/79](#) “Evaluación de los aspectos competencia del área de Garantía de Calidad de la solicitud de aprobación del certificado de bulto de transporte modelo ENUN 32P” (04/03/2015)
- [CSN/IEV/IMES/TRA/1504/80](#) “Informe de evaluación de la solicitud de aprobación del diseño del contenedor de transporte de combustible gastado ENUN 32P de ENSA: aspectos mecánico – estructurales” (07/09/2016)
- [CSN/IEV/IMES/TRA/1510/87](#) “Informe de Evaluación de la solicitud de aprobación del diseño del contenedor de transporte de combustible gastado ENUN 32P de ENSA: Aspectos térmicos, contención y otros en el alcance del Área de Ingeniería Mecánica y Estructural” (23/03/2016)

10. REFERENCIAS

- 1 MINETUR; “Solicitud de aprobación de diseño del contenedor para transporte de combustible Gastado” (incluye Revisión 4 del Estudio de Seguridad del Bulto ENUN-32P); 24 de agosto de 2016, (referencia de entrada 13866)
- 2 MINETUR; “Resolución por la que se aprueba el diseño del contenedor ENUN 32P para almacenamiento de combustible gastado PWR en instalaciones de almacenamiento”; 22 de septiembre de 2015 (referencia de entrada [43354](#))

- 3 OIEA; Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, de referencia SSR-6, Edición 2012
- 4 UNECE; *Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera* (ADR) edición 2015, publicado en el [BOE de 16 abril 2015](#)
- 5 COTIF; *“Reglamento relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril”* (RID), Edición 2015, publicado en el [BOE de 23 de febrero de 2015](#)
- 6 IMO; *“Código internacional de mercancías peligrosas”* (IMDG), edición 2014
- 7 MINETUR; *“Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas”* (RINR), RD 1836/1999, de 3 de diciembre.
- 8 ENSA; “Estudio de Seguridad del Contenedor de Transporte de Combustible Gastado ENUN 32P”, 9231T, rev.4, julio de 2016.
- 9 CSN; “Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte”, [Guía de Seguridad 6.4](#), abril de 2006
- 10 CSN; “Procedimiento de evaluación para la aprobación y convalidación de bultos de transporte”, PT.IV.28, en revisión 2, Diciembre de 2014.
- 11 USNRC; *“Conditions requiring individual monitoring of external and internal occupational dose”*, [10CFR20.1502](#)
- 12 [US-NRC, “Buckling of irradiated fuel under end drop conditions”, ISG-12, revision 1, 2014](#)
- 13 ENSA, Requerimiento de trabajo 9231RDT021 “Análisis de los efectos dinámicos en los combustibles base de diseño”, revisión 5, Julio 2016
- 14 ENSA; “Propuesta de Ensa en relación a las solicitudes de aprobación del contenedor ENUN 32P para almacenamiento y transporte de combustible gastado”, Carta; 17 de junio de 2015 (referencia de entrada [10072](#))
- 15 [OIEA; “The Management System for the Safe Transport of Radioactive Material”, TS-G-1.4, 2008](#)
- 16 [BOE núm. 178, de 26 de julio de 2001; Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.](#)

- 17 BOE núm. 242; Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas
- 18 [BOE núm. 255, de 24 de octubre de 2007; Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental](#)
- 19 [BOE núm. 269, de 10 de noviembre de 1995; Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales](#)
- 20 ENSA; “Plan de Garantía de Calidad (PGC) para el diseño, licenciamiento, fabricación y ensayos de un contenedor para almacenamiento y transporte de combustible gastado”, 9231QP001
- 21 [USNRC; “Standard Review Plan for Transportation Packages for Spent Nuclear Fuel”, Marzo de 2000](#)
- 22 Holtec International; HI-2114830 “Final Safety Analysis Report on the HI-STORM FW System”, en revision 3.

Anexo I: Propuesta de dictamen y condicionado

CSN/IEV/APR-2/E-0141/16
CSN/C/SG/TRA/16/08**ASUNTO: INFORME FAVORABLE SOBRE EL CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL MODELO DE BULTO DE TRANSPORTE ENUN 32P, SOLICITADA POR EQUIPOS NUCLEARES, S. A. (ENSA)**

La Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, conforme al artículo 77 del Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, remitió al Consejo de Seguridad Nuclear, con su escrito de fecha 24 de febrero de 2014 (nº de registro de entrada 40589) petición de informe sobre la solicitud descrita en el asunto. La solicitud presentada incluía la revisión 2 del *“Estudio de seguridad del contenedor de transporte de combustible gastado ENUN 32P”*, de referencia 9231-T.

El 24 de febrero de 2016 (nº de registro 40863), procedente de esa Dirección General se remite petición de informe sobre el escrito de ENSA solicitando la aprobación de diseño del contenedor de transporte ENUN 32P (adjuntando la revisión 3 del Estudio de Seguridad), que anula la solicitud de febrero de 2014.

Posteriormente, tras las conclusiones alcanzadas por la evaluación de este Consejo, ENSA presentó una nueva solicitud que incluía la revisión 4 del Estudio de Seguridad del bulto. La petición de informe de esa Dirección General tuvo entrada en el CSN en fecha 24 de agosto de 2016 (nº de registro de entrada 13866),

El diseño del contenedor ENUN 32P permite albergar, para el almacenamiento y el transporte, 32 elementos combustibles gastados tipo PWR, así como componentes asociados al núcleo o aditamentos, procedentes de los siguientes reactores nucleares de agua ligera ubicados en el territorio español: CN Trillo, CN Ascó I, CN Ascó II, CN Almaraz I, CN Almaraz II y CN Vandellós II. El contenedor ya ha sido aprobado para su uso en instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, cumpliendo lo requerido por el artículo 80 del Reglamento para Instalaciones Nucleares y Radiactivas

CSN/IEV/APR-2/E-0141/16

CSN/C/SG/TRA/16/08

(RINR), según resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de fecha 22 de septiembre de 2015.

El Pleno del Consejo, en su reunión de de de 2016, ha estudiado la solicitud de ENSA, así como el informe que, como consecuencia de las evaluaciones realizadas, ha efectuado la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear y ha resuelto informar favorablemente el certificado de aprobación del modelo de bulto de transporte ENUN 32P con los límites y condiciones que figuran en el Anexo. Esta resolución se ha tomado en cumplimiento del apartado b) del artículo 2º de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear y se remite a esa Dirección General a los efectos oportunos.

La identificación de la presente aprobación será E/141/B(U)F-96 (revisión 0), con validez hasta el 31 de mayo de 2021.

Madrid, de de 2016

LA SECRETARIA GENERAL

Mª Luisa Rodríguez López

DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS
MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO
MADRID

LÍMITES Y CONDICIONES A LOS QUE QUEDARÁ SOMETIDA LA CONVALIDACIÓN DEL CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE MODELO DE BULTO DE TRANSPORTE

1. Se aprueba el modelo de bulto para materiales fisiónables que se describe a continuación, como tipo B(U)F, para los siguientes modos de transporte: carretera, ferrocarril, marítimo, tras superar los requisitos exigidos por el Reglamento del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA)¹ y por la reglamentación española de transporte aplicable para este tipo de bultos²
2. El modelo de bulto objeto de esta aprobación es el denominado ENUN 32P, previsto para el transporte de combustible gastado, que se corresponde con el documento “Estudio de Seguridad del contenedor de transporte de combustible gastado ENUN 32P”, de referencia 9231T, Rev. 4, de fecha 28/08/2016, presentado por la empresa Equipos Nucleares S.A (ENSA).
3. Se le asigna a la presente aprobación la identificación E/141/B(U)F-96, revisión 0, con validez hasta el 31 de mayo de 2021, siempre que no se produzcan modificaciones técnicas o administrativas con anterioridad a esta fecha. La solicitud de prórroga deberá efectuarse, al menos, con seis meses de antelación a la finalización del periodo de validez y se ajustará a lo establecido en la Guía de Seguridad 6.4 del CSN “Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte”.
4. Descripción del embalaje:

(Se adjunta figura 1: plano básico del bulto)

El contenedor ENUN 32P es un contenedor de doble propósito (almacenamiento y transporte), que empleado en la modalidad de transporte consta de cuatro elementos principales: cuerpo o vaso, sistema de cierre, bastidor de combustible y limitadores de impacto.

¹ Requisitos de seguridad N° SSR-6, *Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos*, Edición 2012, publicada por el OIEA

² Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, que remite al Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR). Real Decreto 412/2001 de 20 de abril por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril, que remite al Reglamento relativo al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas (RID). Código Marítimo Internacional sobre transporte de mercancías peligrosas (IMDG) de la OMI.

- Cuerpo o vaso

Es un cilindro formado principalmente por dos virolas cilíndricas (superior e inferior) y un fondo, soldados entre sí formando el cuerpo del contenedor. Situadas radialmente sobre las virolas se sitúan unas aletas de aluminio disipadoras de calor y, como superficie más exterior, la virola envolvente del tanque de blindaje neutrónico. En el espacio anular entre las aletas va instalado el material de blindaje neutrónico, que consiste en un polímero sintético hidrogenado con carburo de boro.

El cuerpo dispone de cuatro muñones, dos de elevación situados en la parte superior del vaso y dos de rotación en la parte inferior. En el hueco interior del muñón de rotación se incorpora material de blindaje neutrónico.

- Sistema de cierre

El contenido que se aloja en la cavidad interna del cuerpo del contenedor se aísla del exterior mediante dos tapas: interior y exterior, con una junta metálica doble de sellado en cada una.

La tapa interior es de acero de baja aleación forjado y en su periferia cuenta con 48 agujeros pasantes para su unión al cuerpo del contenedor mediante pernos de acero al carbono aleado. Esta tapa dispone de dos penetraciones idénticas embebidas para las operaciones de venteo y drenaje.

La tapa exterior se fija al cuerpo del contenedor con 36 pernos de acero al carbono aleado y dispone de una penetración con dos orificios: uno se corresponde con el transductor de presión, que permitirá medir la presión entre tapas durante el almacenamiento, y no tiene ningún uso durante el transporte (orificio taponado), y el otro es una válvula de conexión rápida que permitirá dar la presión requerida al espacio entre tapas.

- Bastidor de combustible

Es el componente más cercano al contenido (combustible gastado) y consta de los siguientes componentes: chapas del bastidor, tubos de combustible y guías del bastidor.

Las chapas del bastidor son un conjunto de láminas de acero inoxidable austenítico, dispuestas longitudinalmente a la generatriz del vaso, que forman 32 celdas cuadradas donde se alojan los tubos de combustible.

Los tubos de combustible son tubos de sección cuadrada en los que se incluye el absorbente neutrónico compuesto por una matriz metálica de aluminio y carburo de boro disuelto en dicha matriz.

Las guías del bastidor son perfiles de aleación de aluminio que rodea la estructura de acero inoxidable, y constituyen la transición entre la periferia poligonal de dicha estructura y el interior cilíndrico del vaso.

Además, para elementos combustibles de menor longitud (Westinghouse 17x17) se precisa un suplemento sobre el fondo del vaso, denominado soporte inferior, para obtener una cota superior uniforme con el otro tipo de elemento combustible (KWU 16x16-20) de manera que puedan ser transportados ambos dentro del mismo bastidor.

- Limitadores de impacto

Están constituidos por virolas exteriores fabricadas de chapas de acero inoxidable austenítico que constituyen el envoltorio que contiene espuma de poliuretano y una estructura de aluminio en forma de panel de abeja. Asimismo, disponen de una estructura de discos y virola interior, en contacto con el contenedor, que están fabricadas de chapa en acero al carbono y que define el cuerpo interior de la carcasa

La carcasa o cuerpo dispone de orejetas de elevación y se unen al cuerpo del contenedor mediante 16 pernos de amarre.

El **sistema de contención** del bulto ENUN 32P está formado por el vaso (virola interior y fondo), la tapa interior, con sus pernos de cierre y anillo exterior de su junta metálica doble de estanqueidad, y las tapas de las penetraciones de venteo y drenaje, con sus pernos de cierre y anillo exterior de sus juntas metálicas de doble de estanqueidad, y los tapones de las penetraciones entre anillos de las mencionadas juntas metálicas.

El **sistema de confinamiento** del bulto ENUN 32P está formado por el combustible almacenado, el diseño del bastidor y los absorbentes neutrónicos utilizados en los tubos de combustible.

5. Contenido permitido:

Un máximo de 32 elementos combustibles del tipo PWR de los diseños que se indican a continuación, irradiados en las centrales nucleares españolas:

- Siemens KWU 16x16-20, de los siguientes tipos: FOCUS y HTP;
- Westinghouse 17x17, de los siguientes tipos: STD, OFA, AEF, AEF+IFM, MAEF+IFM+PG, MAEF+IFM+PG STANDARDIZED y MAEF-2007.

Así mismo puede almacenar componentes asociados al combustible o aditamentos, tales como barras de control, dispositivos tapón, fuentes primarias y secundarias, venenos consumibles y otros, con una actividad máxima de 7400 TBq en una celda o estuche de acero inoxidable.

El combustible que puede transportarse debe estar clasificado como no dañado y haber sido irradiado bajo las condiciones de operación compatibles con las establecidas como hipótesis de los análisis, y envoltentes de todos los reactores PWR españoles.

Las características del combustible base de diseño están incluidas en la Tabla 6.2.2 del Estudio de Seguridad del bulto y los parámetros envoltentes de los dos combustibles base de diseño están reflejados en su tabla 1.2.3. De manera general, el combustible deberá cumplir con los parámetros envoltentes descritos en la siguiente tabla:

Parámetro	Valores		
Rango de grado de quemado (mínimo-máximo)	15000 – 45000 MWd/MtU		
Rango de enriquecimiento inicial (mínimo-máximo)	1,90 – 4,90 en peso de U-235		
Combustible KWU 16 x 16			
Rango de tiempo de enfriamiento en piscina (mínimo)	Estrategia de carga/ región del bastidor	15000 MWd/MtU	45000 MWd/MtU
	Uniforme (1,1 kW *)	4 años	9,1 años
	Regionalizada/Región 1 (1,0 kW *)	4,4 años	10,0 años
	Regionalizada/Región 2 (1,35 kW *)	3 años	5,3 años
	NFH ** + 28 EE (1,1 kW *)	4,1 años	9,2 años ***

Parámetro	Valores		
Combustible Westinghouse 17 x 17			
Rango del tiempo de enfriamiento en piscina (mínimo)	Estrategia de carga/ región del bastidor	15000 MWd/MtU	45000 MWd/MtU
	Uniforme (1,1 kW *)	3,7 años	7,3 años
	Regionalizada/Región 1 (1,0 kW *)	3,9 años	8,0 años
	Regionalizada/Región 2 (1,35 kW *)	3 años	5,2 años
	NFH ** + 28 EE (1,1 kW *)	3,7 años	7,1 años

* Potencia térmica máxima por elemento combustible.

** *Non Fuel Hardware*. Se corresponde con las cuatro posiciones centrales del bastidor ocupadas por componentes asociados al núcleo o aditamentos, con una actividad máxima en su conjunto de 7400 TBq.

*** Tiempo de enfriamiento correspondiente a los 28 EE y NFH con máxima actividad, 7400 TBq

El combustible cargado no puede tener un grado de quemado superior a 45000 MWd/MtU.

La carga de elementos combustibles en el contenedor puede ser:

- Homogénea o uniforme, en la que los elementos combustibles gastados pueden alojarse en cualquiera de las 32 posiciones siempre que su combinación de parámetros de grado de quemado y tiempo de enfriamiento se encuentre dentro de los límites indicados por las curvas de carga mostradas en las figuras 1.2.11 y 1.2.15 del Estudio de Seguridad del bulto para combustible KWU y Westinghouse, respectivamente, o bien
- Regionalizada, en la que se diferencian dos grupos de celdas de almacenamiento: región 2 (interior), que agrupa las 12 posiciones de almacenamiento interiores, y la región 1 (periférica) que agrupa las 20 posiciones de almacenamiento exteriores. Cada una de las posiciones permite alojar combustible gastado cuyos parámetros de quemado y tiempo de enfriamiento se encuentren dentro de los límites indicados por las curvas de carga mostradas para la región 1 en las figuras 1.2.13 y 1.2.17 del Estudio

de Seguridad, para combustible KWU y Westinghouse, respectivamente, y para la región 2 en las figuras 1.2.12 y 1.2.16, para combustible KWU y Westinghouse, respectivamente.

- Se permite cargar elementos combustibles y componentes asociados al combustible o aditamentos al mismo tiempo, siempre que se utilicen, para éstos últimos, celdas o estuches formado por un tubo cerrado de sección cuadrada de acero con unos filtros de malla metálica. Los elementos combustibles y componentes asociados deben cumplir con los parámetros de quemado y tiempo de enfriamiento que se encuentren dentro de los límites indicados en las figuras 1.2.14 y 1.2.18 del Estudio de Seguridad del bulto.
6. El índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC) es cero.
 7. El expedidor del bulto deberá disponer de este certificado y de toda la documentación necesaria para la correcta utilización del bulto.
 8. El expedidor del bulto deberá seguir las instrucciones de utilización y mantenimiento especificadas en el Estudio de Seguridad del bulto de referencia 9231-T.
 9. Los bultos deberán llevar grabado en su exterior de forma indeleble su marca de identificación E/141/B(U)F-96 y el número de serie.
 10. La garantía de calidad de los aspectos relacionados con el diseño, fabricación y pruebas del bulto ENUN 32P, deberá adecuarse al “Plan de Calidad para Diseño, Licenciamiento, Fabricación y Ensayos de un Contenedor para almacenamiento y transporte de Combustible Gastado,” de referencia 9231QP001, emitido por ENSA
- Para el uso, mantenimiento y operaciones de transporte del bulto ENUN 32P deberá disponerse de un programa de garantía de calidad aplicado a esas actividades.
11. En el caso de que el embalaje correspondiente al bulto ENUN 32P se fabrique por una empresa instalada en España, deberán cumplirse los requisitos establecidos en la Instrucción de Seguridad IS-39, de 10 de junio de 2015, del CSN “en relación con el control y seguimiento de la fabricación de embalajes para el transporte de material radiactivo”.

12. Equipos Nucleares, S.A. informará al Consejo de Seguridad Nuclear del número de serie de cada embalaje fabricado según el diseño aprobado en este certificado.
13. Cualquier modificación sobre el diseño del bulto o que afecte a lo establecido en las presentes condiciones deberá seguir la Instrucción IS-35 del Consejo de Seguridad Nuclear.
14. Para el transporte de los bultos ENUN 32P por territorio bajo jurisdicción española se tendrá en cuenta lo establecido en el Real Decreto 1308/2011 de 26, de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas, así como los requisitos de cobertura de riesgo por daños nucleares establecidos en la Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear
15. Este certificado no exime al expedidor del cumplimiento de cualquier requisito exigido por los gobiernos de cualquiera de los países a través de los cuales vaya a transportarse el bulto.
16. El transporte de estos bultos a través del territorio español precisará de aprobación de expedición, debiendo seguir la Guía de Seguridad 6.4 del Consejo de Seguridad Nuclear *“Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte”*. La solicitud deberá ser presentada al menos con seis meses de antelación a la fecha prevista del transporte.
17. El transporte de estos bultos a través del territorio español se deberá realizar en la modalidad de uso exclusivo.

ESTADO DEL CERTIFICADO:

Identificación bulto	Nº revisión	Fecha aprobación	Fecha validez	Motivo de revisión/ Modificaciones
E-141/B(U)F-96	0	*	31/05/2021	Aprobación inicial

*A insertar por la Dirección General de Política Energética y Minas

Figura 1: Plano básico del diseño de bulto ENUN 32P

