

PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

PROPUESTA DE APROBACIÓN DE NUEVA METODOLOGÍA ASTRUM PARA EL AUMENTO DE POTENCIA.

1. IDENTIFICACIÓN

1.1 Solicitante: C.N. Almaraz.

1.2 Asunto: Necesidad de aprobación de nueva metodología según la IS-02.

1.3 Documentos aportados por el Solicitante:

Solicitud de autorización del aumento de potencia de un 8% sobre la potencia térmica autorizada, hasta los 2947 Mwt, remitida por la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio por envío telemático para ambas unidades, recibido en el CSN el 12 de noviembre de 2009 (nº de registro de entrada 21586).

1.4 Documentos de licencia afectados: Bases de Licencia debido a una nueva metodología, (ASTRUM), para el análisis del accidente de rotura grande en el sistema de refrigeración del reactor con pérdida de refrigerante (LB LOCA).

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA

2.1 Razones, Descripción y Antecedentes de la solicitud.

Para la próxima recarga de la unidad 1, prevista para finales de octubre de 2009, C.N.Almaraz (CNA) ha informado, en su solicitud al CSN para aumentar su potencia térmica en un 8% respecto a la actualmente licenciada, de que va a usar una nueva metodología para el análisis del accidente de rotura grande en el sistema de refrigeración del reactor, con pérdida de refrigerante (LB LOCA).

La aprobación de los nuevos cálculos de LBLOCA basados en esta metodología son soporte del licenciamiento de la subida de potencia y ésta viene condicionada por la previa aprobación de esta metodología.

La Instrucción de Seguridad IS-02, de 21 de julio de 2004, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre documentación de actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera cita textualmente en su artículo 10.1.d que “En aquellas recargas en que se vaya a hacer uso de nuevas metodologías de diseño o análisis, y en caso de que se precise autorización para su uso, ésta deberá obtenerse previamente. Con dos (2), meses de antelación a la fecha de presentación del Informe de Seguridad de la Recarga (ISR), se deberá comunicar al CSN la intención de introducir cualquier cambio o modificación sobre la metodología utilizada en la recarga anterior, haciendo en su caso, referencia a su aprobación”.

Asimismo, el ISR, según otro artículo de la IS-02, 10.1.b, debe presentarse como mínimo tres (3), meses antes de la fecha prevista para alcanzar el Modo o Condición 3 en el arranque del nuevo ciclo.

Es por ello necesario dar una aprobación de la citada metodología con 5 meses antes, 2+3, de la llegada a Modo 3 en el arranque posterior a la citada recarga, teniéndose prevista la fecha de llegada a Modo 3 hacia finales de diciembre.

Esta nueva metodología utiliza el método estadístico de tratamiento de incertidumbres (ASTRUM, “Automated Statistical Treatment of Uncertainties Method”) de Westinghouse, de la metodología “Large Break Best Estimate LOCA”, aprobada por la NRC en noviembre de 2004.

Westinghouse desarrolló una metodología LBLOCA realista para sus análisis LBLOCA que fue aprobado por la USNRC en 1996, siguiendo los pasos básicos desarrollados por la NRC en la metodología CSAU (NUREG /CR-5249), con el que calcular la temperatura máxima de vaina (PCT), la oxidación local máxima de barra (LMO) y la generación total de hidrógeno en el núcleo (CWO) con un nivel de confianza del 95 %.

Los métodos BE-LOCA tienen la capacidad de proporcionar una mejor comprensión de la respuesta de la Planta y suministrar una predicción más exacta de los márgenes existentes, por lo que su uso ha aumentado significativamente en los últimos años.

La metodología ASTRUM ha sido licenciada por la NRC (2004) para el análisis de accidentes de rotura grande del primario. Previamente a este licenciamiento, la NRC aprobó la metodología CQD (1996), igualmente de carácter realista que comparte con ASTRUM el mismo paquete de códigos de cálculo pero que se diferencia de ésta por el tratamiento de las incertidumbres del output, paramétrico en CQD y no paramétrico en ASTRUM. Desde el año 2004, Westinghouse ha venido acumulando experiencia de aplicación de la metodología en diversas plantas de EE.UU y Europa.

3. EVALUACIÓN

3.1.- NORMATIVA APLICABLE

La normativa aplicable al proceso de evaluación y que por tanto configura la base de licencia aplicable a C.N. Almaraz como usuaria de esta metodología implica la incorporación a la base de licencia de las Guías Regulatorias:

- R.G.1.157 Best-Estimate Calculations of Emergency Core Cooling System Performance (Nueva base de licencia).
- R.G.1.203 Transient and Accident Analysis Methods (Nueva base de licencia)

3.2. - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

10 CFR 50.46 “Acceptance criteria for emergency core cooling systems for light-water nuclear power reactors”.

Establece los criterios de aceptación de los análisis LOCA, siendo éstos los siguientes:

- 1) Temperatura pico de vaina ≤ 2200 °F
- 2) Máxima oxidación local de la vaina $\leq 17\%$ del espesor total de la vaina
- 3) Máxima generación de hidrógeno $\leq 1\%$ del máximo resultante de la oxidación completa de todas las barras del núcleo en su longitud activa

- 4) Mantenimiento de la geometría refrigerable
- 5) Mantenimiento de la refrigeración a largo plazo

La verificación de la aceptabilidad del diseño requiere el cumplimiento simultáneo de todos ellos, de tal modo que con que uno de ellos dejara de verificarse el diseño no sería aceptable.

El alcance de la metodología ASTRUM abarca la verificación de los tres primeros criterios, con el criterio de que deben cumplirse simultáneamente con una probabilidad mayor que 0.95 y una confianza estadística mayor que el 95% (nivel 95/95).

3.3.- EVALUACIÓN

El alcance de la evaluación se ha circunscrito a la evaluación genérica de la metodología ASTRUM, que viene conformado por el conjunto de códigos utilizados y su validación, hipótesis sobre condiciones iniciales y de contorno asumidas, tratamiento de incertidumbres y verificación de los criterios de aceptación.

Una vez la metodología ASTRUM sea aprobada, se procederá a la evaluación de la aplicación concreta a C.N. Almaraz y que incluye aspectos específicos como el cálculo de la oxidación total de vaina y que será objeto de informe propio separado del actual.

La metodología ASTRUM se encuadra dentro de las denominadas metodologías BEPU (Best Estimate Plus Uncertainty) que hacen uso de códigos de sistema realistas que reflejan el estado del arte en la modelación de accidentes base de diseño en CC.NN.

El uso de metodologías BEPU permite generar márgenes adicionales que permitan acomodar subidas de potencia, mayores factores de pico, extensión de ciclos, degradación de equipos (taponado de tubos,..) y otras mejoras operacionales. Ello conlleva de modo necesario la estimación estadística de la verificación de los criterios de aceptación aplicables al escenario analizado. En este sentido, el margen de seguridad adquiere un carácter probabilista. En particular se pretende que ante un LOCA grande (1ft² hasta doble guillotina) y asumiendo el peor fallo único, la probabilidad de violar algún criterio de aceptación sea inferior al 5% con una confianza superior al 95%.

Dado que esta probabilidad se determina mediante el análisis estadístico de los resultados del modelo de evaluación, es necesario garantizar igualmente que la predicción es globalmente conservadora.

Para ello es necesario recurrir a la validación de los modelos de evaluación mediante contraste con experimentos integrales. La condición que deben cumplir es que los resultados calculados cubran a los medidos en los experimentos en el lado conservador. Por ejemplo, que los valores de PCT calculados cubran en general los valores experimentales.

Se ha considerado como escenario a modelar, con objeto de analizar las capacidades de simulación y de la metodología de aplicación, un accidente base de diseño hipotético que se inicia mediante una rotura instantánea de una tubería del RCS en la rama fría, entre la bomba y la tobera de la vasija, considerada como la rotura más limitante, y añadiendo el peor de los fallos únicos en sistemas activos demandados para hacer frente al accidente. Los tipos de

rotura considerados son la rotura en doble guillotina o la rotura longitudinal. Este escenario es el llamado LBLOCA. La adecuación de la aplicabilidad de un código para el análisis de un transitorio se determina mediante la comparación del escenario en cuestión con las capacidades de simulación del código.

La evaluación se ha estructurado en un conjunto de apartados destinados a determinar en primer lugar la normativa aplicable y criterios de aceptación; una descripción detallada de la metodología, y a continuación la evaluación de la misma, atendiendo a los criterios establecidos en la normativa y en el juicio de los evaluadores.

La evaluación, una vez definido el escenario y el tipo de planta, se ha centrado en los aspectos solicitados en la normativa como la identificación y jerarquización de fenómenos involucrados, la revisión completa del código y su aplicabilidad a los diferentes componentes de la planta, el establecimiento de la matriz de validación de experimentos con la que contrastar y validar el código, la nodalización de la planta para la validación del código frente a datos y cálculos experimentales, los potenciales efectos de escala (es decir, planta real respecto a los experimentos), la asignación de incertidumbres (en forma de distribuciones de probabilidad) a las variables de entrada al cálculo que se consideran más influyentes en los resultados del LBLOCA, como los factores de pico, F_Q y $F_{\Delta H}$, la distribución axial de potencia, los coeficientes de transmisión de calor de la vaina al refrigerante, etc.

En ASTRUM, se hace un muestreo aleatorio simple de las variables de entrada inciertas, de acuerdo con las distribuciones de probabilidad asignadas. Se obtiene así una muestra de 124 conjuntos de “input”, y para cada uno de ellos se hace el cálculo de LBLOCA. El resultado de este cálculo de Monte Carlo son 124 resultados del LBLOCA, expresados con las variables PCT, LMO y CWO. El tamaño 124 se selecciona para poder cumplir simultáneamente los criterios de aceptación con más de 0.95 de probabilidad y más del 95% de confianza. También se obtiene el llamado “caso limitante”, que es el que da lugar al peor valor de PCT de entre los 124 citados.

El equipo evaluador ha considerado especialmente importante el tratamiento dado en la metodología a las variables de entrada que tienen presencia en las ETFs de la central y que llevan asociados límites de operación en las ETFs, como la temperatura media del refrigerante, presión de presionador, presión y volumen de acumuladores, temperatura de la inyección de seguridad y la potencia del reactor.

Cuando se pasa de una metodología conservadora a otra realista, cambia el concepto de situación operacional analizada. En la metodología conservadora, cualquier punto de la región de operación delimitada en ETFs se considera cubierto por el análisis de LOCA. Esto no puede afirmarse con rotundidad, porque estamos hablando de resultados de cálculos no lineales, pero será cierto en la mayor parte de los casos.

Cuando se utiliza una metodología realista, se debe procurar que la distribución de probabilidad asignada a los inputs asigne una probabilidad no despreciable a la situación en que se alcanzan o superan límites de ETFs. De esta manera, los inputs cubrirán conservadoramente la operación permitida y, el análisis de LBLOCA podrá considerarse envolvente con respecto a las variables de ETFs.

La aceptabilidad de una metodología realista necesita, por tanto, de una vigilancia adecuada de las variables que figuran en ETFs, de manera que no basta con la vigilancia del límite de operación, sino que se debe garantizar, de alguna manera, que la planta opera de manera compatible con la distribución de probabilidad adoptada en la metodología, o que está cubierta conservadoramente por ella.

Como conclusión se considera aplicable la metodología ASTRUM con una serie de requisitos y condiciones de detalle que limitan su aplicación o las medidas a adoptar en caso de descubrirse errores en su aplicación. Lo anterior se refleja en el apartado de CONCLUSIONES, que serán transmitidas al titular en la carta de aprobación.

3.4 Informes de evaluación:

CSN/IEV/INNU/ALO/0906/683: Evaluación de la metodología ASTRUM de análisis de accidentes de pérdida de refrigerante por roturas grandes en el sistema de refrigeración de reactores de agua ligera a presión.

3.5 Modificaciones

Las implicaciones asociadas a su implantación suponen:

Modificación del Impacto Radiológico de los Trabajadores: **No**

Modificación Física: **No**.

Modificación de Bases de diseño/ Análisis de accidentes / Bases de licencia: **Sí**

Hallazgos: **No**

Discrepancias respecto de lo solicitado: **No**.

4 CONCLUSIONES Y ACCIONES

Se ha evaluado la metodología ASTRUM para análisis de LOCA grandes en plantas Westinghouse de 3 lazos. Se considera aplicable, con las condiciones que se establecen a continuación.

1.- Las versiones de los códigos que se consideran aceptables para su uso en ASTRUM son:

- WCOBRA/TRAC Mod7A Revisión 6
- HOTSPOT 6.1
- PAD 4.0

Cualquier error que se descubra sobre las mismas deberá evaluarse desde el punto de vista de su posible impacto sobre los resultados de los análisis de LBLOCA de licencia y notificarse al CSN de modo análogo a lo establecido en el 10 CFR 50.46 y si se hace necesario la revisión de los valores vigentes calculados de temperatura pico de vaina, oxidación local y generación total de hidrógeno (PCT, CWO, LMO).

Cualquier cambio de versión por mejora o evolución de los códigos deberá evaluarse por su posible impacto sobre los resultados de los análisis de LOCA de licencia previamente a su uso y notificarse al CSN igualmente de modo análogo a lo establecido en el 10 CFR 50.46.

2.- La discretización espacial (nodalización) que se utilice en la modelación de planta para los cálculos de ASTRUM deberá ser tal que mantenga siempre un sesgo conservador en los resultados obtenidos para el gran LOCA.

3.- Las distribuciones de probabilidad que se asignan a las variables de entrada al cálculo de LOCA deberán ser tales que no subestimen la incertidumbre de las mismas, al menos en el rango de valores considerado como conservador.

4.- Siempre que la condición anterior sobre las incertidumbres de variables de entrada se cumpla, se considera que la metodología ASTRUM es apta para demostrar el cumplimiento simultáneo de los criterios de aceptación relativos a temperatura pico de vaina (PCT), oxidación local máxima (LMO) y generación total de hidrógeno (CWO).

Sin embargo, a la hora de aplicar el límite de licencia mencionado sobre el nivel de oxidación local de las vainas, se debe tener en cuenta la oxidación previa de las mismas, que deberá sumarse a la calculada mediante ASTRUM. Por lo tanto, en las aplicaciones de la metodología, el titular deberá aportar un cálculo de la oxidación previa de vainas suficientemente conservador que permita garantizar el cumplimiento simultáneo de los criterios de PCT, LMO total y CWO con más de un 95% de probabilidad y más de un 95% de confianza estadística.

5.- La metodología ASTRUM se ha desarrollado para demostrar el cumplimiento de 3 de los criterios de aceptación para el LBLOCA, los relativos a PCT, LMO y CWO. Los criterios de mantenimiento de geometría refrigerable y refrigeración a largo plazo deberán demostrarse haciendo uso de otros métodos.

6.- Debido a que algunas de las variables que entran en el tratamiento realista de incertidumbres de ASTRUM, y que son muestreadas según una distribución de probabilidad, aparecen en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETFs) de la planta, el titular deberá demostrar la compatibilidad de las condiciones límites de operación de ETF con las funciones de distribución usadas. Además, la planta deberá garantizar que las distribuciones de dichas variables utilizadas en el análisis, cubren de manera conservadora los valores que adopten durante la operación, de manera que, en todo momento, la planta esté cubierta por el análisis de LBLOCA vigente.

7.- Cuando el requisito exigido en la conclusión anterior no se cumpla, el titular deberá garantizar por otros métodos que los valores propuestos para ETFs de las variables están adecuadamente cubiertos por el análisis de LBLOCA. Una situación de este tipo se ha observado en relación al tratamiento dado a las incertidumbres de los factores de pico F_Q y $F_{\Delta H}$.

8.- Se ha detectado un error en el tratamiento genérico de la incertidumbre correspondiente a la presión interna de varilla dentro de ASTRUM, ya que la que se considera no es lo suficientemente conservadora. Hasta tanto este punto no sea resuelto por Westinghouse y se revise su tratamiento en la metodología, el titular deberá aportar un análisis específico que cubra adecuadamente dichas incertidumbres o que demuestre que el cálculo de ASTRUM es suficientemente conservador.

9.- La metodología ASTRUM no desarrolla el detalle de las condiciones que conllevan la realización de un reanálisis y el alcance del mismo con relación a las aplicaciones licenciadas. Por este motivo el titular que haga uso de esta metodología deberá informar al CSN de aquellas situaciones que alteren las hipótesis y datos de entrada y que supongan el cuestionamiento de los cálculos vigentes. En particular, será necesario un reanálisis de ASTRUM si las condiciones reales de planta son incompatibles con las hipótesis de los estudios confirmatorios o con las distribuciones de probabilidad de las variables de entrada inciertas.

4.1 Aceptación de lo solicitado: Sí.

4.2 Requerimientos del CSN: Sí.

4.3 Recomendaciones del CSN: No.

4.4 Compromisos del Titular: No.

4.5 Hallazgos: No.

Ref.: **CSN/PDT/CNALM/ALO/0905/136**
CSN/CNALM/MITC/09/08

ANEXO I a la propuesta de dictamen técnico de ref^a.-
CSN/PDT/CNALM/ALO/0905/136: Carta de comunicación al MITC de ref^a-
CSN/CNALM/MITC/09/08.