



M.ª Teresa DOMINGUEZ BAUTISTA es Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de Madrid (1973). Ingresó en Empresarios Agrupados en Marzo de 1974 en su Departamento de Seguridad Nuclear. En la actualidad es Jefe de Proyecto de Seguridad para la C.N. de Trillo participando en el proyecto de Centrales Nucleares Avanzadas de UNESA como Jefe del Grupo de Seguridad en la UTE INITEC/EMPRESARIOS AGRUPADOS.

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE FUNCIONAMIENTO PARA EL SBWR

OPTIMIZACION PARA LOS SISTEMAS DE DEFENSA EN PROFUNDIDAD

M. T. DOMINGUEZ - C. FERNANDEZ



Carlos FERNANDEZ ALVAREZ es Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Ingresó en Empresarios Agrupados en Mayo de 1991 en su Departamento de Seguridad Nuclear. Después de trabajos en el proyecto de C.N. Trillo se incorporó al proyecto de Centrales Nucleares Avanzadas de UNESA en la UTE INITEC/EMPRESARIOS AGRUPADOS donde está desarrollando las ETF del reactor SBWR.

Uno de los trabajos que está llevando a cabo la UTE constituida por INITEC y EMPRESARIOS AGRUPADOS en su participación en el desarrollo de la central avanzada de tipo pasivo SBWR de GE es la Optimización de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF). Este término general puede referirse a varios aspectos bajo los cuales se podrán optimizar las ETF, alcance de las mismas, incremento de tiempos de reparación admisibles de componentes, ampliación de la periodicidad de los requisitos de vigilancia, etc. Sin embargo, el trabajo que la UTE está realizando se refiere en el primer aspecto aquí mencionado ya que se trata de definir cuáles son los sistemas que aún sin ser de seguridad deberían tener ETF por cumplir alguna misión importante en el control de accidentes. A estos sistemas se les ha denominado Sistemas de Defensa en Profundidad (Defense-in-Depth System, DID). La problemática planteada sobre las ETF para estos sistemas que sin ser de seguridad tienen asignada alguna función de control de accidentes constituye solo uno de los aspectos de un tema genérico de mayor alcance que es el Tratamiento Regulador de Sistemas No Seguridad (RTNSS "Regulatory Treatment of non-Safety Systems"). En este artículo exponemos en primer lugar la problemática asociada a las RTNSS haciendo referencia explícita al relativo a las ETF, y el enfoque que la UTE INITEC-EMPRESARIOS AGRUPADOS ha propuesto a GE para la resolución y

tratamiento del mismo con el Organismo Regulador (NRC).

SISTEMAS DE DEFENSA EN PROFUNDIDAD (DID)

Uno de los temas más importantes desde el punto de vista de la seguridad es identificar cuáles son las capacidades que la Central debe mantener durante la operación para asegurar que el control de accidentes se realiza en la forma en que está prevista en los análisis de transitorios y accidentes realizados.

Estas capacidades pueden clasificarse en tres grupos:

- a) Mantenimiento de las condiciones iniciales tomadas como hipótesis en los cálculos.
- b) Disponibilidad de sistemas para la realización de acciones de mitigación.
- c) Capacidad para tomar acciones de recuperación y mantenimiento de la condición segura de la central a largo plazo.

Normalmente, en las centrales nucleares las acciones b) y c) son realizadas con sistemas de seguridad, mientras que las de tipo a) se llevan a cabo con sistemas no-seguridad. En las Centrales de Seguridad Pasiva el soporte de alguna de las acciones b) y la mayoría de las de tipo c) están pensadas con sistemas de no seguridad. Este hecho ha originado que la NRC considere como un tema prioritario a resolver el Tratamiento Regulador que se dará a los Sistemas No Seguridad (RTNSS) que

cumplen alguna misión de los tipos antes mencionados.

ESTADO ACTUAL DEL TRATAMIENTO REGULADOR DE SISTEMAS NO SEGURIDAD (RTNSS)

En Abril de 1992 la NRC hizo público el borrador del Informe de Evaluación (Draft Safety Evaluation Report, SEP) del documento de requisitos de las empresas eléctricas (Utility Requirement Document URD) preparado por el grupo de propietarios en Estados Unidos a través del EPRI. En este informe de evaluación, la NRC aprobaba el conjunto de requisitos con ciertos puntos abiertos pendientes de discusión. Entre ellos aparecía el Tratamiento de Sistemas de No-Seguridad.

El aspecto en que la NRC ponía más énfasis era la necesidad de prever sistemas activos para la recuperación de la función de seguridad que inicialmente había sido realizada por Sistemas de Seguridad. Es decir, la NRC requería aclaraciones sobre la autonomía que tenían los sistemas pasivos dado que las fuerzas motrices para su actuación (gravedad, diferencia de presión, diferencia de temperatura, etc.) son fuerzas que tienden a equilibrar el sistema, siendo necesario disponer además de energía exterior para recuperar su función.

Ante este planteamiento el Departamento de Desarrollo de Reactores Avanzados de EPRI ha realizado un gran esfuerzo para orientar la forma de resolver este punto abierto por la NRC. Como vemos a continuación, frente a un tratamiento de requisitos deterministas planteado inicialmente por la NRC, se ha optado por utilizar el Análisis Probabilista de Seguridad (APS) como herramienta de definición del alcance y requisitos a establecer para los Sistemas de No Seguridad, pero sí considerados como de Defensa en Profundidad (DID).

En Enero de 1992 se obtuvieron los primeros acuerdos con la NRC que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Se acepten los Objetivos de Seguridad incluidos en el Documento de Requisitos (URD) para el riesgo global de la Central y las misiones de fiabilidad/disponibilidad encomendadas a Sistemas de Seguridad.
- El diseñador de la Central deberá establecer requisitos apropiados a las misiones de alto riesgo definidas en el proceso anterior.
- Si se identificasen sistemas de No Seguridad para realizar misiones con gran impacto en la disminución del riesgo se deben considerar sistemas de Defensa en Profundidad y establecer para ellas suficientes requisitos y controles administrativos para poder asegurar que son capaces de realizar dichas funciones.
- Finalizado este proceso, los criterios de diseño y operación para estos sistemas se hará en base a la normativa

vigente para los requisitos y controles que para ello se haya exigido.

En la figura 1 puede verse mostrados de forma esquemática los diferentes pasos a dar para cumplir los objetivos antes marcados.

Con este enfoque se conseguían, en opinión de EPRI, los siguientes objetivos:

- a) Demostrar la capacidad de sistemas pasivos.
- b) Identificar para qué misiones de Sistemas de Seguridad se requiere apoyo de Sistemas de Defensa en Profundidad.
- c) Racionalizar los requisitos específicos para los Sistemas de Defensa en Profundidad.

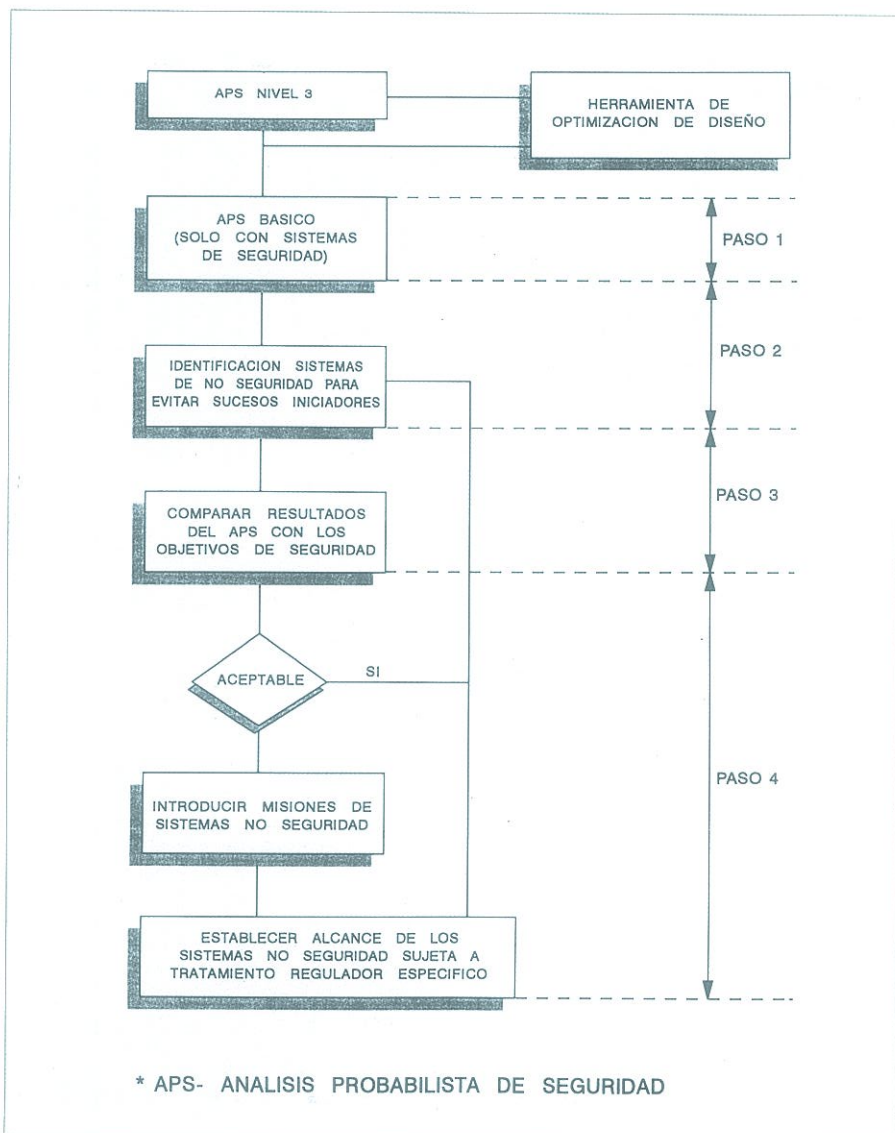
Varias discusiones posteriores han llevado a matizar este enfoque. El pasado 13 de Mayo de 1993 fue enviado a la NRC un documento donde se refleja el

conjunto de acciones a tomar encaminadas a completar el proceso.

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO. SISTEMAS DE DEFENSA EN PROFUNDIDAD

En la elaboración de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento es donde por primera vez en el proceso de licencia de centrales nucleares se ha aceptado una combinación de criterios deterministas con probabilistas. Una vez determinada una Condición Límite de Operación (CLO) con criterios deterministas se establece un tiempo máximo en que el componente o sistema puede estar fuera de servicio (Outage Time, AOT) basándose en que en este intervalo la probabilidad de que ocurra un accidente con fallo único es muy baja. Esta base primordialmente probabilista para la definición de los tiempos de reparación, es la que ha da-

F1. Tratamiento de sistemas de defensa en profundidad



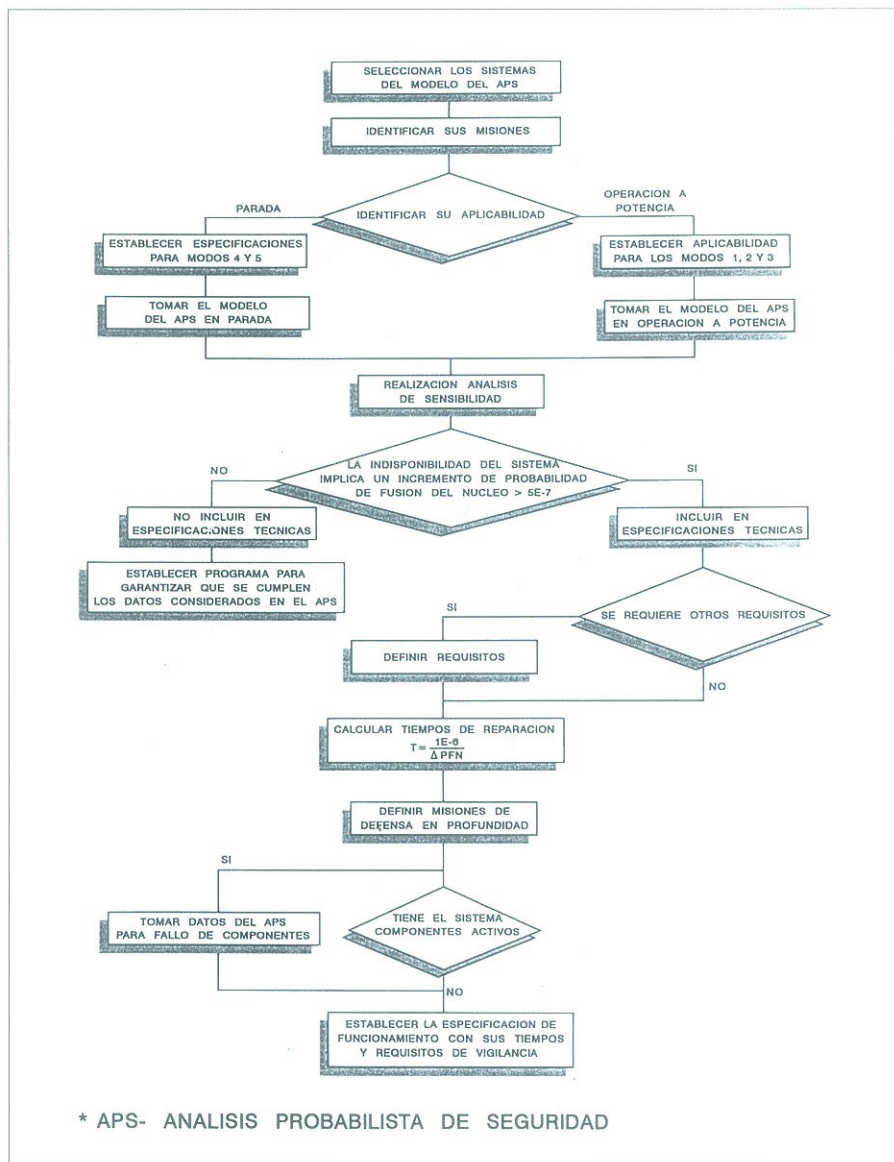


Fig. 2. Metodología para definir las especificaciones técnicas.

do origen a que ya durante la última década se esté tratando de optimizar las ETF estableciendo tiempos de reparación que estén basados en resultados de cálculos probabilistas. En Diciembre de 1985 EPRI, hizo público el documento NP-4317 "Risk-Based Evaluation of Technical Specifications" en que se establecían las bases y herramientas a utilizar para definir los tiempos de reparación admisibles para las inoperabilidades de Sistemas de Seguridad. El criterio allí establecido consistía básicamente en definir los tiempos de reparación en función del incremento del riesgo global que la indisponibilidad de dicho sistema suponía para la Central. La aplicación de estos criterios a las ETF de centrales en operación no se había generalizado, entre otras razones, por la falta de experiencia y meto-

dología de trabajo para la realización de cálculos probabilistas. En la actualidad la situación es diferente habiéndose adquirido una sistemática y experiencia suficiente en la realización de Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) como para permitir utilizar estos métodos para otros propósitos como pueden ser las ETF. Ante esta situación y conociendo que la línea que se estaba trazando para el tratamiento de los RTNSS con la NRC era mediante una aproximación probabilista basada en el riesgo, la UTE INITEC-EMPRESARIOS AGRUPADOS propuso a GE establecer las Especificaciones de Funcionamiento para los Sistema de Defensa en Profundidad (DID) tomando como criterio la influencia de la indisponibilidad del sistema sobre el riesgo global de la central. Para ello se propu-

so el proceso que indicamos a continuación.

Si se produce en un momento determinado la INOPERABILIDAD de un equipo, esta situación supondrá un estado de incremento de riesgo que es proporcional al tiempo que dure dicha INOPERABILIDAD. Es por ello que el tiempo máximo admisible para reparación debe ser inversamente proporcional al incremento del riesgo que supone la indisponibilidad del mismo.

Es decir, los tiempos establecidos en las ACCIONES de las ETF para recuperar la operabilidad del sistema o componente debe cumplir la siguiente ecuación

$$T \times \Delta FN = K$$

siendo:

T=El tiempo máximo requerido en las ETF para reparar los equipos inoperables.

FN=El incremento de frecuencia de fusión del núcleo que supone la indisponibilidad del sistema.

K=Constante.

Para la aplicación de esta ecuación es necesario definir el valor de la constante que debe ser compatible con un valor preestablecido para el mayor FN que se considere admisible y el máximo intervalo de tiempo que tenga sentido establecer para la Central, normalmente coincidente con el intervalo entre recargas tras las cuales se supone que la Central arranca con todos los sistemas operables.

Para nuestro trabajo en la Central SBWR hemos considerado los siguientes criterios:

- Máximo tiempo incluido en la ACCION: 2 años (período previsto para el intervalo entre recargas).
- Incremento máximo admisible para la probabilidad de fusión del núcleo 5×10^{-7} .

Ello nos lleva a que el valor de K será:

$$K = 2 \times 5 \times 10^{-7} = 10^{-6}$$

Tomando este criterio los tiempos de reparación admisibles para las Especificaciones de Funcionamiento se calcularían aplicando la siguiente ecuación:

$$T = \frac{10^{-6}}{\Delta FN}$$

La aplicación de este criterio para la definición de las Especificaciones de Funcionamiento lleva consigo la realización por la UTE INITEC-EMPRESARIOS AGRUPADOS de los trabajos que indicamos a continuación que siguen la sistemática mostrada en la figura 2.

Análisis de Sensibilidad

El primer trabajo consiste en realizar los análisis de sensibilidad; para ello se partirá el APS ya realizado para operación a potencia y en proceso de elaboración por la UTE para el modo de parada. Los cálculos de sensibilidad permitirán obtener los valores del incremento del valor de probabilidad de fusión del núcleo para cada sistema que esté indisponible; esta primera etapa

permite además valorar la importancia relativa que cada sistema tiene. Este dato además de ser utilizado en la UTE está previsto por GE ser utilizado para soporte del RTNSS.

Identificación de Sistemas a tratar como de Defensa en Profundidad

Basándonos en los resultados anteriores el segundo paso consiste en discriminar que sistemas deben tratarse como de Defensa en Profundidad (DID) y por tanto están incluidos en las ETF. En este segundo paso es muy importante obtener información de las secuencias en que estos sistemas están involucradas con el fin de establecer de forma adecuada los requisitos de diseño que sean necesarios.

Establecimiento de Tiempos de Reparación y Requisitos de Vigilancia

La tercera fase del trabajo consiste en establecer los requisitos que deban tener en las ETF tanto de Tiempos de Reparación como de Requisitos de Vigilancia. En este paso es muy importante delimitar el alcance del sistema de Defensa en Profundidad que cumple con la función de seguridad requerida ya que normalmente es solo una parte del sistema DID el que realiza la misión de seguridad requerida.

En el momento actual el trabajo de la UTE INITEC-EMPRESARIOS AGRUPADOS está en desarrollo habiéndose

acordado la metodología con GE, iniciado los análisis de sensibilidad para el APS en operación a potencia y en parada, así como la identificación de misiones para los sistemas de Defensa en Profundidad (DID).

CONCLUSIONES

La preparación de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento en una fase temprana del desarrollo de una Central Nuclear permite dar coherencia a su diseño, de tal forma que los requisitos en ellas establecidas, son un eslabón más de la cadena de diseño de la misma. En este sentido, este trabajo permitirá a la UTE INITEC-EMPRESARIOS AGRUPADOS integrarse en el proceso completo del establecimiento de requisitos básicos de diseño de las Centrales SBWR, así como dentro de su proceso regulador, soportando con nuestros resultados alguno de los aspectos del Tratamiento Regulador para Sistemas No Seguridad (RTNSS).

Otra conclusión importante es que el planteamiento propuesto por la UTE INITEC-EMPRESARIOS AGRUPADOS, supone una familiarización total con el diseño de la Central pasiva SBWR por utilizarse como herramienta el modelo del Análisis Probabilista

de Seguridad en el que se contemplan todos los sistemas de seguridad y de Defensa en Profundidad en sus diferentes modos de operación para todos los estados de la central.

Finalmente, consideramos que este trabajo nos está permitiendo adquirir una experiencia muy importante en la aplicación de los Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) para la Optimización de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento con posible aplicación a los reactores actualmente en operación.

REFERENCIAS

-ALWR. Carta a la NRC del 23/Febrero/1993 "Proposed process for determining the treatment for non safety systems (RTNSS).

-NRC. Draft Safety Evaluation report Advanced Light Water Reactors Utility Requirement Document for Passive Plant Designs. Vol. III Appendix B to Chapter 1. "Licensing and Regulatory Requirements and Guidance.

-EPRI. Risk-based Evaluation of Technical Specifications. NP4317. Research Project 2.142-1 (December 1985).

-EPRI. General Theory for Risk-based Determinations of Allowed down-times.