



Juan I. PARDO ALBARELLOS es Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde 1966 trabaja en el campo nuclear en Unión Fenosa. Participó en el montaje, pruebas, arranque y comienzo de la operación comercial de la C.N. José Cabrera. Fue Jefe de Proyecto de la Central Nuclear de Trillo desde el comienzo del proyecto hasta la puesta en marcha. Actualmente es Subdirector Jefe de la Organización Soporte de Producción Nuclear, y ostenta la Dirección de Proyecto del Análisis Probabilista de Seguridad de la Central Nuclear José Cabrera.



Julio E. BLANCO ZURRO es Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Durante 7 años fue Investigador de la Cátedra de Tecnología Nuclear de la ETS Ingenieros Industriales de Madrid en proyectos relacionados con APS y accidentes severos. En la actualidad pertenece a la División Nuclear de Unión Fenosa Ingeniería, S. A., desde donde desempeña las funciones de Adjunto a la Dirección de Proyecto del APS de C.N. José Cabrera para el Análisis de Contención.



Luis MARTÍN ALVAREZ es Doctor Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Es Jefe de la Sección de Análisis de Seguridad del Departamento de Seguridad de Empresarios Agrupados, S. A. Actualmente desempeña las funciones de Jefe de Proyecto del Análisis Probabilista de Seguridad de la Central José Cabrera.

METODOLOGIA DEL ANALISIS DE CONTENCION DEL APS-IPE DE C.N. JOSE CABRERA

J. I. PARDO - J. E. BLANCO - L. MARTIN

INTRODUCCION

El objetivo final de un APS Nivel 1 es determinar la frecuencia de daño al núcleo del reactor como consecuencia de diversos sucesos iniciadores seguidos de fallos múltiples de sistemas de mitigación y/o errores de operación. Para cumplir con este objetivo, la única información necesaria, acerca de las posibles secuencias de accidente, es el conocimiento de si el núcleo resulta dañado o no.

Es claro que no impactan de igual manera en la contención todas las secuencias de daño al núcleo y, por lo tanto, no presentan las mismas posibilidades de conducir a emisiones al exterior. Por ello, para realizar un Análisis de Contención a partir de los modelos desarrollados en el Análisis de Nivel 1 es preciso disponer de información acerca de la progresión del accidente una vez que se ha iniciado el daño al núcleo. Esta información adicional se refiere a los fenómenos que ocurren en la vasija y en la contención a partir del inicio del daño al núcleo. Para cubrir este objetivo y establecer una continuidad entre el Nivel 1 y el Análisis de contención es preciso realizar un proceso de análisis, que en la metodología seguida en el APS de la C.N. José Cabrera se ha denominado Interfase Nivel 1/Análisis de Contención. El objetivo final de este análisis es conocer, para cada secuencia de accidente con daño al núcleo, el estado de la planta en lo que respecta al estado del núcleo y del sistema de refrigeración del reactor, a la operabilidad de los sistemas de refrigeración del núcleo y de evacuación de calor de la contención y al estado de la contención. En definitiva se trata de conocer el Estado de Daño de la Planta (EDP) para cada secuencia. Las características de los distintos EDP se definen seleccionando los parámetros relacionados con variables y con la operación de sistemas que se consideren importantes para la progresión del accidente en la vasija y en la contención, el momento y modo de fallo de la

contención y la liberación de radionúclidos al exterior.

Una vez asignadas cada una de las secuencias a su correspondiente EDP, y al tener todas las secuencias en un mismo EDP características similares en cuanto a la progresión del accidente en la vasija y en la contención, el número de secuencias a analizar se reduce considerablemente, y será suficiente con el análisis de la progresión del accidente para una secuencia representativa de cada EDP.

Las etapas de la metodología seguida en el Análisis de Contención del APS-IPE de la C.N. José Cabrera, son las siguientes:

- Representación de las secuencias de accidente a partir del comienzo del daño al núcleo mediante Arboles de Sucesos de la Contención.
- Representación de los sucesos de los Arboles de Sucesos mediante los denominados Arboles de Desglose de Sucesos de la Contención.
- Agrupamiento de secuencias de características similares en cuanto a la progresión del accidente en Categorías de Término Fuente.
- Cuantificación de los árboles de sucesos para obtener la frecuencia del término fuente.
- Estimación de la magnitud del término fuente.
- Análisis de sensibilidad a las incertidumbres de los sucesos fenomenológicos.

En la figura 1 puede verse la inter-relación entre las diferentes tareas incluidas en la interfase y el análisis de contención.

INTERFASE NIVEL 1/ ANALISIS DE CONTENCION

PARAMETROS DE AGRUPAMIENTO EN EDP

En la metodología seguida en el APS de la C.N. José Cabrera, el primer paso ha sido la identificación de los posibles pa-

rámetros de definición de los EDP en base a la literatura genérica existente. Estos parámetros de agrupamiento han sido analizados detalladamente para determinar su aplicabilidad o para adaptarlos a las características específicas de la C.N. José Cabrera.

ARBOLES DE SUCESOS AMPLIADOS

Una vez definidos los parámetros de progresión de accidente se ha incluido en los árboles de sucesos de Nivel 1 toda la información relativa a la operación que, aunque no sea determinante para evitar el daño al núcleo (y por lo tanto no aparece en los árboles de sucesos de Nivel 1), resulta importante para la progresión posterior del accidente. Por ejemplo, si un parámetro seleccionado es la presión de la vasija en el momento de su fallo, es necesario incluir en los árboles de sucesos las acciones de los operadores encaminadas a despresurizar el circuito primario, aunque el daño al núcleo sea ya inevitable. Otro ejemplo es la recuperación de la corriente alterna en secuencias de "Station Blackout" después del daño al núcleo y antes del fallo de la vasija o de la contención.

En algunos casos la información necesaria ya está disponible en los árboles de sucesos, pero debe ser considerada en circunstancias diferentes a las del Análisis de Nivel 1.

Una vez incluida toda la información adicional necesaria para el análisis de la progresión del accidente en los árboles de sucesos se obtienen los denominados Árboles de Sucesos Ampliados (también llamados Árboles de Sucesos de Nivel 1 1/2).

DIAGRAMA LOGICO DE AGRUPAMIENTO EN EDPs

Las secuencias resultantes de los Árboles de Sucesos Ampliados han sido asignados a sus correspondientes Estados de Daño de Planta mediante un diagrama lógico, de estructura similar a un árbol de sucesos, cuyos cabeceros son los parámetros de progresión del accidente (o parámetros de agrupamiento) y cuyos puntos finales son los EDPs. Las características de cada EDP vienen definidas por el camino seguido a lo largo del diagrama.

La asignación de las secuencias a sus correspondientes EDPs se realiza a partir del Diagrama Lógico de Agrupamiento mediante la definición de reglas lógicas y el uso del código NUCAP+ desarrollado por NUS Corporation, que junto con Gabor, Kenton and Associates participan como asesores en el APS Nivel 2 de la C.N. José Cabrera.

Una vez asignadas las secuencias a sus respectivos EDPs, el Diagrama Lógico

de Agrupamiento muestra en sus puntos terminales la frecuencia de cada EDP (suma de las frecuencias de las secuencias) que será un dato de entrada a los Árboles de Sucesos de la Contención.

ANALISIS DE CONTENCIÓN

ARBOLES DE SUCESOS DE LA CONTENCIÓN

Los Árboles de Sucesos de la Contención son modelos lógicos utilizados para representar la progresión de las secuencias de accidente a partir del comienzo del daño al núcleo, dadas unas condiciones iniciales definidas por los Estados de Daño a Planta. Los Árboles de Sucesos de la Contención contemplan las respuestas a cuestiones fenomenológicas inciertas relativas a la secuencia de progresión del accidente. Las cuestiones o puntos de decisión de los árboles consideran básicamente aquellos fenómenos que pueden influir significativamente en la progresión del accidente, el momento y modo de fallo de la contención, y en la liberación de productos de fisión. Los puntos finales de un Arbol de Sucesos de la Contención es aquel en que quedan definidos el momento y el modo de fallo de la contención, y se pueden determinar las características del término fuente.

Para definir los fenómenos (sucesos) a considerar en los Árboles de Sucesos de la Contención (cabeceros) se ha partido de los sucesos fenomenológicos que generalmente se consideran en la literatura existente sobre este tema. Durante el desarrollo del análisis se ha estudiado la aplicabilidad de los sucesos genéricos a la C.N. José Cabrera basándose en sus características específicas. Árboles de Desglose de Sucesos.

El objetivo de los Árboles de Desglose de Sucesos es desarrollar en más detalle cada uno de los sucesos de los Árboles de Sucesos de la Contención con el fin de que estos no sean demasiado complejos. De este modo darán una visión más clara de la progresión del accidente.

Los Árboles de Desglose de Sucesos tienen una estructura similar a la de los Árboles de Sucesos de la Contención, y las consideraciones básicas a seguir para su desarrollo son las siguientes:

- El cabecero final del Arbol de Desglose de Sucesos debe coincidir con el suceso que se analiza del Arbol de Sucesos de la Contención.
- Los subsucesos seleccionados deben poder ser cuantificados con los análisis y datos disponibles.
- Deben ser tratadas las dependencias de cada subsuceso con los Estados de Daño de Planta y con los cabeceros anteriores.

AGRUPAMIENTO DE SECUENCIAS EN CATEGORIAS DE TÉRMINO FUENTE

Un Arbol de Sucesos de la Contención típico puede tener unas 80 secuencias para cada Estado de Daño de Planta. Un número típico de Estados de Daño de Planta puede ser 40. Según esto puede haber unas 3.200 posibilidades de progresión del accidente; sin embargo, muchos de estos casos dan lugar a liberaciones similares de radionúclidos, lo que permite agrupar las 3.200 posibilidades en categorías de acuerdo a factores característicos de liberación o Categorías de Término Fuente que permiten dar una visión fácilmente comprensible y simplificadora de los resultados sin perder información fundamental. En el caso del análisis realizado para la C.N. José Cabrera se han obtenido unas 40 Categorías de Término Fuente.

Para el agrupamiento de secuencias de la contención en Categorías de Término Fuente se sigue un proceso similar al descrito para el agrupamiento de las secuencias de interfase en Estados de Daño de Planta. Esto se consigue desarrollando un Diagrama Lógico de Agrupamiento en Categorías de Término Fuente cuyos cabeceros son los factores importantes que intervienen en la definición del término fuente. Los puntos finales (salidas) de este diagrama representan Categorías de Término Fuente diferenciadas.

Para la utilización del diagrama de agrupamiento se definen las reglas lógicas que permiten asignar las salidas de los Árboles de Sucesos de la Contención a sus correspondientes Categorías de Término Fuente. Estas reglas están basadas en los atributos de los EDPs y en las características de los Árboles de Sucesos de la Contención. Para realizar este proceso de agrupamiento en categorías de término fuente se utiliza el código NUCAP+ desarrollado por NUS Corporation.

CUANTIFICACION DE LOS ARBOLES DE LA CONTENCIÓN

El paso siguiente es la cuantificación de los Árboles de Sucesos de Contención. El proceso de cuantificación implica la asignación de una probabilidad a cada una de las ramas del árbol.

Para asignar probabilidades a las ramas de los Árboles de Sucesos de la Contención es necesario cuantificar los Árboles de Desglose de Sucesos que han servido para analizar más en detalle los fenómenos de los Árboles de Sucesos de la Contención.

Los sub-sucesos que aparecen en los árboles de desglose pueden ser de los siguiente tipos:

- Sucesos de Evaluación Subjetiva
Los valores de probabilidad asignados a estos sucesos representan el "grado de certeza" que se tiene en que una determinada progresión del accidente sea la real. Existen incertidumbres debido al insuficiente conocimiento que se tiene de estos sucesos.
- Sucesos de Probabilidad Estocástica
Se considera que los sucesos son de naturaleza estocástica y representan fundamentalmente la aleatoriedad del suceso. Las probabilidades asociadas a estos sucesos son similares a las asignaciones de probabilidades a los sucesos básicos del Nivel 1.
- Sucesos de Clasificación
Son sucesos cuyas ramas del árbol son del tipo SI/NO y están totalmente determinados por las características del Estado de Daño de Planta y por los sucesos anteriores del árbol. Permiten que un Arbol de Desglose de Sucesos pueda ser utilizado para todos los estados de daño de la planta y todas las ramas relacionadas con un suceso del Arbol de Sucesos de la Contención, expresando las dependencias existentes con sucesos situados antes en el Arbol. Estos sucesos se cuantifican mediante reglas lógicas y uso del código NUCAP+.

Las fuentes generales de datos que se han utilizado para la cuantificación son resultados de estudios anteriores, cálculos específicos de la planta mediante modelos deterministas, evaluaciones y juicios de ingeniería, y resultados de experimentos.

Una vez que se han asignado las probabilidades a las ramas del árbol de sucesos de la contención, éstas se propagan a través del árbol y se suman para cada categoría de Término Fuente. De este modo, la cuantificación del Arbol de Sucesos de Contención da la probabilidad de que un determinado Estado de Daño de Planta resulte en una determinada Categoría de Término Fuente. Este proceso se repite a continuación para cada Estado de Daño de Planta.

Un indicador útil es el parámetro obtenido mediante el producto de la media de la frecuencia del Estado de Daño de Planta y la probabilidad de un punto final del Arbol de Sucesos de la Contención. Este parámetro es la frecuencia media de cada estado final en el Arbol de Sucesos de la Contención. La suma de estas frecuencias de los estados finales asignados a una Categoría de Término Fuente representa la frecuencia media de tal Categoría de Término Fuente.

Teniendo las frecuencias medias de cada Categoría de Término Fuente y sabiendo las frecuencias de las secuencias en cada Estado de Daño de Planta se puede elegir una secuencia representativa para cada Categoría de Término Fuente. Generalmente, dicha secuencia

es la secuencia más frecuente de la categoría.

Los cálculos de la magnitud del término fuente correspondientes a una Categoría determinada se realizan mediante el código MAAP utilizando la secuencia representativa de dicha Categoría.

ANÁLISIS DE FIABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONTENCIÓN

Se ha llevado a cabo un análisis de fiabilidad estructural de la contención con el fin de determinar, desde un punto de vista probabilista, su capacidad para resistir las cargas derivadas del accidente severo. El análisis de fiabilidad de la contención contiene un análisis de fiabilidad estructural ante cargas de presión y un análisis de fugas.

El objetivo del análisis de fiabilidad estructural es obtener, para cada modo de fallo de la contención, la curva de fragilidad que da la probabilidad de fallo en función de la presión interna de la contención. A partir de las curvas de fragilidad individuales se obtiene una curva de fragilidad compuesta aplicable al conjunto de la contención.

En el análisis se consideran tanto los modos de fallo estructurales del hormigón armado como los modos de fallo de la barrera de estanqueidad (revestimiento metálico y cúpula). Los principales modos de fallo estructurales corresponden a la plastificación de las armaduras y al aplastamiento del hormigón. Por lo que respecta a la barrera de estanqueidad, el modo de fallo corresponde a la acumulación de deformaciones plásticas con aparición de fisuras.

Los resultados del análisis indican que los modos de fallo más probables son: la rotura del revestimiento metálico en torno a la unión losa-cilindro, a la compuerta de la esclusa de emergencia y a la penetración de la tubería de vapor principal. La presión mediana de fallo para el conjunto de la contención ha resultado ser 5.93 Kg/cm² relativos, existiendo una probabilidad menor del 5% de que la presión de fallo sea menor que 5.31 Kg/cm² relativos.

El objetivo del análisis de fugas ha sido evaluar la capacidad de la contención en cuanto a la estanqueidad de los siguientes componentes estructurales: esclusa de personal y de equipos, esclusa de emergencia y penetraciones eléctricas y mecánicas. Los modos de fallo considerados para estos componentes contemplan tanto las posibles fugas debidas a fallos en la integridad física de las partes metálicas como las debidas a fallos en el material orgánico de sellado por defecto de la temperatura y la presión.

Los resultados del análisis de fugas indican que el fallo de la contención por este motivo es menos probable que por los fallos estructurales antes descritos.

Otros elementos más sensibles a los efectos del accidente severo son las juntas inflables de estanqueidad de las compuertas de las esclusas; sin embargo estos efectos dan lugar a condiciones menos severas que aquellas para las que han sido diseñadas las juntas.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD POR INCERTIDUMBRES

El objetivo del análisis de sensibilidad es determinar el efecto que tienen las incertidumbres de los sucesos fenomenológicos más importantes en los resultados finales del Análisis de la Contención. Un análisis de sensibilidad se puede representar por:

$$\text{Cambio en } R = R (\text{entradas base}) - R (\text{entradas caso de sensibilidad}),$$

en donde R es el valor de un resultado significativo.

Existen sensibilidades importantes cuando un cambio razonable en la probabilidad en un suceso de un Arbol de Sucesos de la Contención o de un Arbol de Desglose de Sucesos tiene como consecuencia un cambio significativo en los resultados globales. Se entiende por cambio razonable en la probabilidad de un suceso, un cambio que está dentro del rango de incertidumbre considerada para la probabilidad de dicho suceso. Para sucesos de carácter estocástico el rango de incertidumbre es evidente, ya que el factor de error es una característica del propio dato. Para los sucesos de tipo fenomenológico el rango razonable de valores a utilizar en los análisis de sensibilidad ya no resulta tan evidente. Las probabilidades asignadas a estos sucesos son estimaciones acerca de un suceso incierto cuando solamente un resultado es físicamente posible pero no se tiene la certeza completa de cuál es el resultado correcto.

Para realizar los análisis de sensibilidad para este tipo de sucesos se siguen dos métodos:

- Para los sucesos que o bien ocurren siempre o no ocurren nunca (por ejemplo, fallo de la contención por presión), pero cuyo resultado es incierto, se asigna el valor de probabilidad 1 a una de las ramas del suceso (y 0 a las demás ramas) evaluándose el impacto en los resultados finales (probabilidad de las categorías de liberación). Este método permite determinar la importancia en los resultados al hacer la hipótesis de que una determinada rama es la correcta en un cierto proceso fenomenológico. A continuación se le asigna el valor 1 a cada una de las otras ramas y se repite el análisis.
- El segundo método, que se aplica a sucesos de naturaleza estocástica, consiste en evaluar el impacto que

tienen en los resultados globales las variaciones en la estimación de la probabilidad por el analista.

En los análisis de sensibilidad son prioritarios aquellos que afectan directamente al comportamiento de la contención (que también afectarán a los términos fuente). En un segundo plano se consideran los fenómenos que afectan directamente a las magnitudes de los términos fuente pero no afectan de forma importante al comportamiento de la contención.

ESTUDIOS DE FENOMENOLOGIA DE ACCIDENTES SEVEROS

Para el desarrollo y cuantificación de los árboles de sucesos de contención, así como para la estimación de los términos fuente, se requiere generalmente un apoyo en la evaluación de la progresión física de un espectro de secuencias de accidente. Dicho apoyo suministra información crítica y perspectivas acerca de:

- La temporización de los sucesos clave.
- Las cargas de presión y temperatura en la contención.
- La relocalización y enfriamiento de la masa fundida.
- La efectividad de mitigación de las salvaguardias y estructuras.
- La generación, distribución y combustión del hidrógeno y monóxido de carbono.

Estos análisis se han llevado a cabo con el código MAAP (Modular Accident Analysis Program) versión 3.0B (EPRI NP-7071-CCML), que simula la respuesta integral de una central nuclear de agua ligera ante un accidente grave. El código MAAP se desarrolló como una parte del programa IDCOR ("Industry Degraded Core Rulemaking") para investigar los fenómenos físicos que podrían ocurrir en el caso de un accidente severo con daño al núcleo, el posible fallo de la vasija del reactor y el posible fallo y despresurización de la contención. Por ello, MAAP incluye modelos para los fenómenos más importantes que podrían ocurrir en un accidente severo, modelos que se encuentran en un proceso continuo de mantenimiento y mejora por parte de EPRI ("Electric Power Research Institute").

El código MAAP es un código integrado que permite el análisis simultáneo en el tiempo de los diversos fenómenos que ocurren durante la progresión del accidente. Entre otros, el código analiza los siguientes fenómenos:

- Termohidráulicos tanto en el núcleo como en los sistemas primario y secundario.
- En el núcleo determina los caudales y su redistribución, transmisión de calor y reacción metal-agua en las zonas

cubiertas e interacciones en las descubiertas, progresión de los fenómenos de degradación, interacciones de la masa fundida con el agua del fondo de la vasija y con la estructura metálica de la vasija, llegando a determinar el tiempo y modo de fallo de la vasija del reactor.

- En el presionador calcula los caudales a través de la línea de compensación, de las PORV y/o válvulas de seguridad, el nivel y condiciones termodinámicas del fluido, así como el efecto de las duchas y calentadores.
- Determina los caudales de las bombas de inyección y recirculación de inyección de seguridad, así como las condiciones de descarga del acumulador, y los tiempos de actuación de salvaguardias y de agotamiento del tanque de agua de recarga. También determina la evolución de los mismos parámetros de los sistemas del secundario.
- Analiza los fenómenos de transmisión de calor y de distribución de flujos en los diferentes compartimentos de la contención (cavidad, cúpula, región del primario, y el resto), determinando la evolución del nivel de agua, fracciones de vapor, presiones, temperaturas, contenido en gases, etcétera. Determina el impacto de las unidades enfriadoras y de la aspersión externa en las condiciones de la contención en el transcurso del accidente. Modela el calentamiento directo de la contención, la distribución y combinaciones de hidrógeno, y las interacciones del corium con el hormigón y la descomposición del mismo.
- Calcula el escape de los productos de fisión desde el núcleo y su transporte a través del primario y la contención.

El análisis de progresión de accidente realizado por el código MAAP permite tener una apreciación cualitativa y cuan-

titativa del comportamiento de la planta, evolución temporal del accidente y tiempo en que se producen los hitos más determinantes, obteniéndose al final del cálculo, el término fuente o productos de fisión liberados al exterior en un accidente.

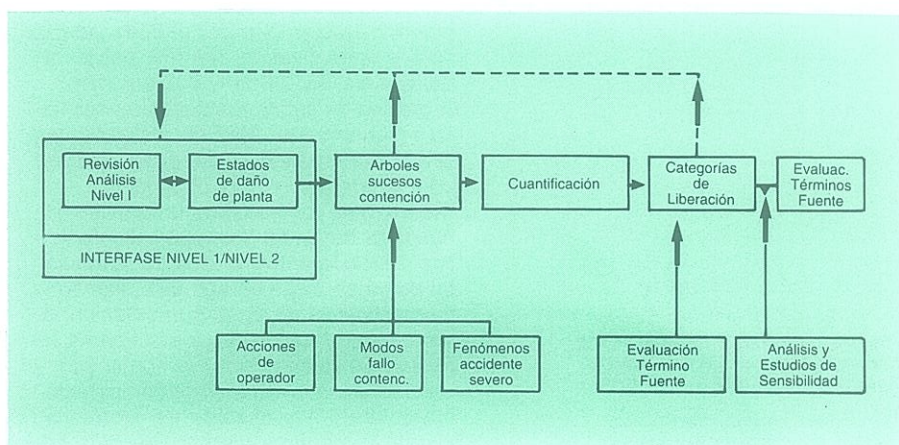
Algunas de las singularidades de C.N. José Cabrera exigieron hacer algunas modificaciones al código. Dichas modificaciones, llevadas a cabo sobre la versión 17.02, son las siguientes:

- Lazo único de refrigerante primario e inyección de seguridad en la cabeza de la vasija.
- Foso de combustible irradiado dentro de la contención,
- Cúpula del recinto de contención hemisférica de acero, con aspersión por la cara externa de la misma.

Las anteriores modificaciones fueron llevadas a cabo siguiendo el programa de garantía de calidad que impone EPRI para este tipo de aplicaciones y está previsto que se incorporen oficialmente en alguna de las próximas revisiones de la versión PWR-19 de MAAP-3.0B.

El fichero de datos de entrada que contiene la información numérica de las características de la central necesarias para la ejecución del código ("Parameter File"), específico para C.N. José Cabrera, ha sido sometido a un completo programa de cualificación, que pretende demostrar tanto su idoneidad en la modelación y representación de la C.N. José Cabrera, como su utilidad para analizar secuencias de accidentes en el marco del proyecto APS-IPE.

Con el código MAAP no se puede pretender modelar la progresión del accidente, sino más bien servir como una herramienta de ayuda para la comprensión de aspectos importantes de la fenomenología de los accidentes severos y de la incidencia de las particularidades de la central sobre los fenómenos que



FI Inter-relación entre las tareas de la interfase y el análisis de contención.

podieran influir en la progresión de estos accidentes. La modelación de la progresión de los accidentes se lleva a cabo con ayuda de los árboles de sucesos de la contención, que presentan la ventaja de poder incluir información de diversas fuentes, y entre ellas de los resultados del código MAAP.

En resumen, el código MAAP en su versión para CNJC, ha sido usado en el Proyecto en los siguientes campos de utilización:

- Apoyo al Nivel 1 en la delineación de secuencias, determinación de tiempos disponibles para acciones humanas, evaluación del efecto de secuencias en contención.
- Evaluación de criterios de agrupamiento de secuencias en EDP y categorización de secuencias para la interfase.
- Análisis de progresión de accidentes severos.
- Apoyo en el desarrollo y cuantificación de árboles de sucesos de contención.
- Determinación de términos fuente.

Los cálculos de la magnitud del término fuente correspondientes a cada categoría de liberación se realizan utilizando la secuencia representativa de dicha categoría y analizándola con MAAP. La definición de la secuencia y de la progresión

del accidente de la misma viene dada por los árboles de sucesos de la contención y de la definición de los estados de daño de la planta.

Para acotar el efecto de las incertidumbres en la elección de los parámetros de modelos más significativos, se han llevado a cabo estudios de sensibilidad con MAAP que determinan la importancia de la elección de los valores de aquellos parámetros sobre la magnitud de los términos fuente.

CONCLUSIONES

El análisis probabilista de contención del APS-IPE de C. N. José Cabrera, primero solicitado por el CSN en España, se ha desarrollado con un método de análisis coherente con la GL-88-20, NUREG-1335 y Guías IPE del GPC PWR. Esta metodología se basa en el uso sistemático, con ayuda del software NUCAP+ desarrollado por NUS, de documentación genérica, juicios de expertos, estudios fenomenológicos particularizados (código MAAP) y resultados de experimentos.

REFERENCIAS

US NRC Generic Letter 88-20: *Individual*

Plant Examination for Severe Accidents Vulnerabilities. Noviembre 1988.

US NRC Generic Letter 88-20, Supplement 2, *Accident Management Strategies for consideration in the Individual Plant Examination Process*. Abril 1990.

US NRC Generic Letter 88-20, Supplement 3, *Completion of Containment Performance Improvement Program and Forwarding of Insights for use in the Individual Plant Examination for Severe Accident Vulnerabilities*. Julio 1990.

US NRC, *Individual Plant Examination: Submittal Guidance*, NUREG-1335, Agosto 1989.

Grupo de Propietarios de Centrales Españolas PWR, Grupo IPE, *Guías básicas para el desarrollo de los Análisis Individuales de Planta (IPE) en centrales PWR españolas*. Revisión Uno, Febrero 1.993.

GPE PWR y GPE BWR, *MAAP Severe Accident & Level II IPE Training Course*, NUS & GKA. Enero 1991.

EPRI, MAAP-3.0B - *Modular Accident Analysis Program for LWR Power Plants*, EPRI NP-7071-CCML. Noviembre 1.990.

NUS, *NUCAP+ USER'S MANUAL. Version 2.0*, NUS Report 5282, Revision 2. Septiembre 1.992.

EPRI, *Generic Framework for IPE Back-End (Level 2) Analysis*, NSAC-159. Octubre 1.991.