

LA APLICACIÓN DEL MONITOR DE RIESGOS "MARE" COMO APOYO A LA OPERACION Y AL MANTENIMIENTO

J.A. CARRETERO - I. FUENTES

Un objetivo permanente de aplicación de los Análisis probabilistas de seguridad (APS) desde un principio fue el desarrollo de los Monitores. Su desarrollo estaba condicionado por la capacidad de cálculo de los modelos de APS de las herramientas informáticas. La disponibilidad de herramientas eficaces así como los requisitos del Consejo de Seguridad Nuclear de aplicación de la Regla de Mantenimiento han impulsado su implantación en España. La aplicación de Empresarios Agrupados MARE que se presenta se ha desarrollado con dicho fin y se ha implantado en CN Almaraz, describiéndose en este artículo el proceso seguido y la experiencia en su utilización.

From the very beginning, an ongoing application objective of the Probabilistic Safety Assessments (PSA) was to develop Monitors. Their development was contingent on the PSA model computing capacity of the computer tools. The availability of effective tools, as well as the requirements of the Consejo de Seguridad Nuclear to apply the Maintenance Rule, have driven their implementation in Spain. The MARE application of Empresarios Agrupados presented herein has been developed for that purpose and has been implemented in Almaraz NPP. This article describes the process followed and experience in using it.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los denominados Monitores de Riesgo ha constituido una aspiración que permanecía latente desde el momento en que se completaron los primeros Análisis probabilistas de seguridad (APS) de centrales nucleares. Sin embargo su desarrollo estaba totalmente condicionado por la capacidad de las herramientas informáticas existentes, tanto de programas de ordenador como de equipos, para una resolución eficaz de los complejos modelos de riesgo en plazos de

tiempo suficientemente cortos. Ello ha retrasado significativamente la utilización masiva de este tipo de herramientas hasta fechas recientes, a pesar de la antigüedad de los primeros desarrollos que se realizaron en este ámbito, p. ej. en 1988 se puso en servicio en Heysham 2 el Essential Systems Status Monitor (ESSM).

Aunque sea un término cada vez más conocido, resulta conveniente empezar por definir a que llamamos Monitor de Riesgo. Venimos a denominar Monitor de Riesgo a una herramienta informática capaz de realizar un análisis específico en tiempo real para determinar el riesgo instantáneo de la instalación, teniendo en cuenta el estado real de los sistemas y componentes de la misma, proporcionando la información resultante a los operadores de la planta para la toma de decisiones.

La definición del término nos proporciona ya una serie de pistas sobre características clave asociadas a dicho producto:

- **En tiempo real:** El Monitor de Riesgo debe disponer de una velocidad de análisis de situaciones de riesgo tal que se pueda disponer de una respuesta inmediata a cada consulta realizada.

- **Estado real de sistemas y componentes:** El Monitor de Riesgo evalúa el riesgo instantáneo asociado a la confi-

guración real de la planta en el momento de la consulta, a diferencia de los Análisis probabilistas de seguridad en los que se apoyan que evalúan el riesgo anual asociado a una configuración promedio de sistemas y componentes.

- **Información resultante a los operadores:** El usuario final del Monitor de Riesgos es el personal de operación, mantenimiento y apoyo técnico, no de especialistas con conocimientos importantes en APS

- **Toma de decisiones:** El Monitor de Riesgo proporciona información soporte para la toma de decisiones sobre planificación de actividades de mantenimiento y descargos de equipos relacionados con la seguridad de la instalación, por lo que debe estar sometido a las mismas exigencias de calidad que otros documentos técnicos similares.

REGLA DE MANTENIMIENTO

En el caso de España la utilización de los Monitores de Riesgos se ha visto impulsada a consecuencia del requerimiento por el Consejo de Seguridad Nuclear de la implantación de la denominada Regla de Mantenimiento, apoyándose al propio tiempo en el desarrollo que habían alcanzado en España los Análisis probabilistas de seguridad. Entre los requisitos que dicha guía incluye se encuentra la exigencia

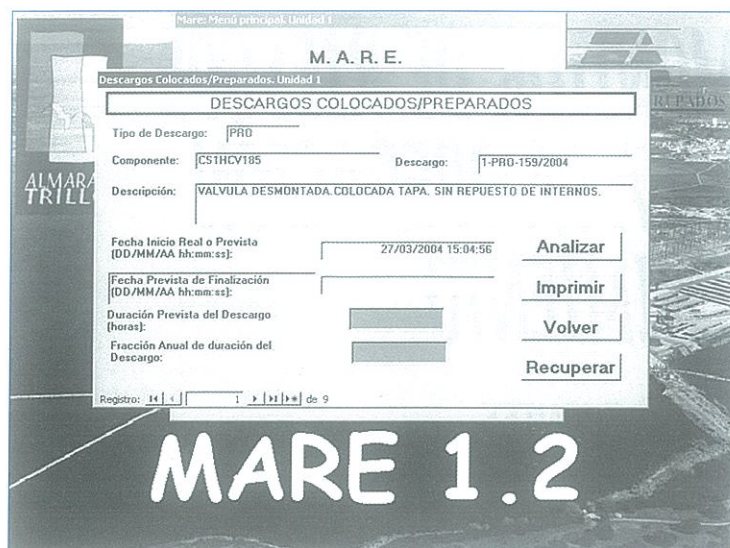


Figura 1.

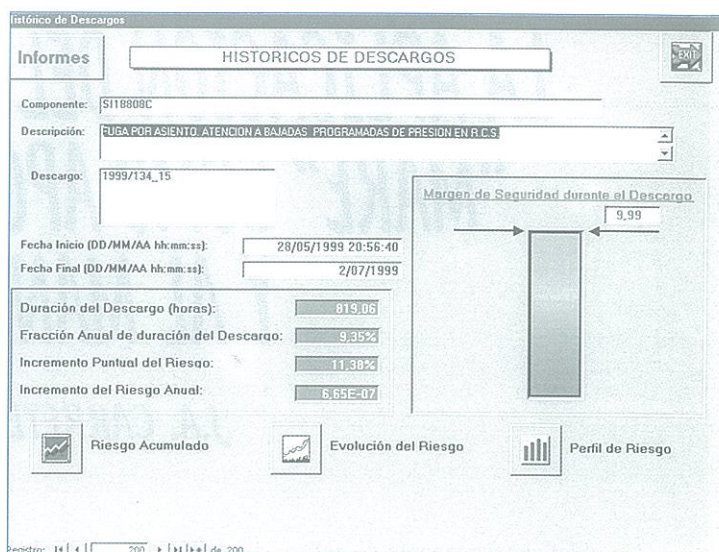


Figura 2.

de evaluar la modificación del nivel riesgo asociado a cada cambio de configuración de los sistemas y componentes de la planta debido a las actividades de mantenimiento. Aunque la puesta fuera de servicio o descargo de todo equipo con implicaciones para la seguridad ya llevaba asociado un juicio técnico de los operadores sobre la situación real de la instalación, el cumplimiento con dicho nuevo requisito de la Regla de Mantenimiento se consideró que requería la formalización del proceso aplicando una sistemática adicional.

Las alternativas prácticas que se identificaron se encontraban limitadas a las siguientes:

- **Matrices de riesgo:** Consistía en el desarrollo de un sistema de matrices definiendo niveles de riesgo asociados a las posibles configuraciones de planta, para su utilización por los operadores como un procedimiento más.

- **Monitores de Riesgo:** Consiste en la implantación de los modelos de riesgo de los APS de la central en una herramienta informática con las adaptaciones necesarias para proporcionar a los operadores el nivel de riesgo instantáneo asociado a cada configuración.

Las centrales nucleares españolas desarrollaron ambas líneas de actuación valorando para cada una de ellas los diversos factores implicados: disponibilidad y estado de aprobación de los APS de la central, plazos de cumplimiento disponibles, etc. Sin embargo a largo plazo la solución que se ha impuesto ha sido la del desarrollo de

Monitores de riesgo específicos de cada planta, como consecuencia de la experiencia y resultados de los Monitores pioneros.

MONITOR DE RIESGO MARE

Empresarios Agrupados venía realizando un seguimiento de las posibilidades y capacidades de los Monitores de riesgo que se habían desarrollado en los últimos años por organizaciones de otros países como parte de su política de búsqueda de aplicaciones y utilización de los Análisis probabilísticos de seguridad a cuya realización había contribuido tan significativamente.

Asimismo, la experiencia en la utilización en los últimos proyectos del programa de ordenador RiskSpectrum® había proporcionado la convicción de que se habían alcanzado las condiciones previas requeridas de tener desarrolladas herramientas informáticas eficaces y suficientemente veloces para cumplir con los objetivos de evaluación de riesgos en tiempo real.

Al darse los requisitos necesarios (disponibilidad de APS específicos y de herramientas informáticas eficaces) y resultar los Monitores de riesgo una aplicación de utilidad probada por las aplicaciones piloto ya publicadas, resultaba únicamente necesario que se presentasen las condiciones de oportunidad, por lo que resultaba necesario contar con la especificación funcional del producto a la espera de que se dieran las condiciones necesarias para su desarrollo.

Como se ha indicado, dichas condiciones las proporcionó la necesidad de cumplir con los nuevos requisitos del

Consejo de Seguridad Nuclear de cumplimiento con la Regla de Mantenimiento.

Al contar con la representación del programa de ordenador RiskSpectrum® y en aplicación de los acuerdos de colaboración establecidos se contactó a RELCON para el desarrollo de un Monitor de riesgos que se apoyase en el programa de ordenador RiskSpectrum®, sin embargo, las prioridades de desarrollo de RELCON en dicho momento llevaron a Empresarios Agrupados a acometer con sus propios recursos el desarrollo del Monitor de riesgos MARE, con el apoyo de RELCON para desarrollar la interfaz con RiskSpectrum® requerida.

Al no estar condicionada la especificación funcional por criterios históricos, tales como los que han afectado a otros Monitores de riesgo, Empresarios Agrupados realizó la especificación funcional siguiente atendiendo a los objetivos definitorios de un Monitor de riesgos y a la formación y experiencia del usuario final, constituido por personal de planta sin experiencia previa requerida en técnicas de APS.

El Monitor de riesgos MARE debía tener las siguientes características:

- **Entrenamiento requerido:** El usuario previsto sería personal de operación, mantenimiento y apoyo técnico, sin familiarización previa en técnicas de APS, requiriendo una formación mínima en la utilización de la aplicación.

- **Terminología:** La identificación de los componentes a evaluar y su nivel de desglose debía regirse por la identificación y nivel de elemento comúnmente utilizados en planta.

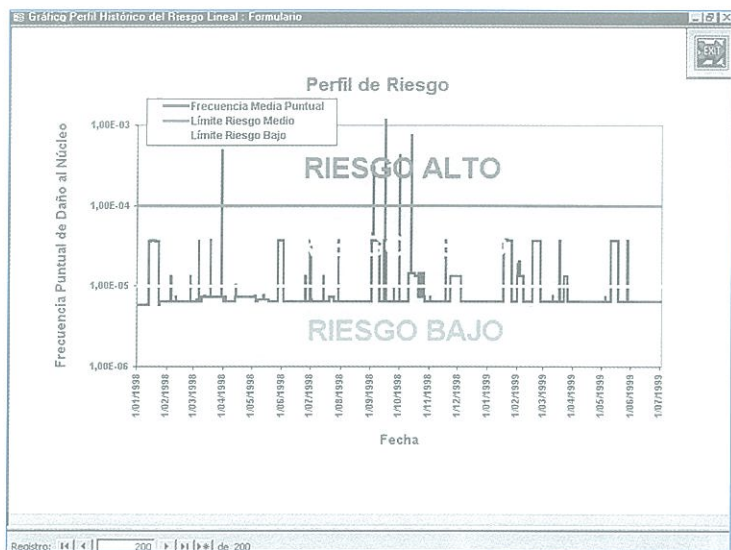


Figura 3.

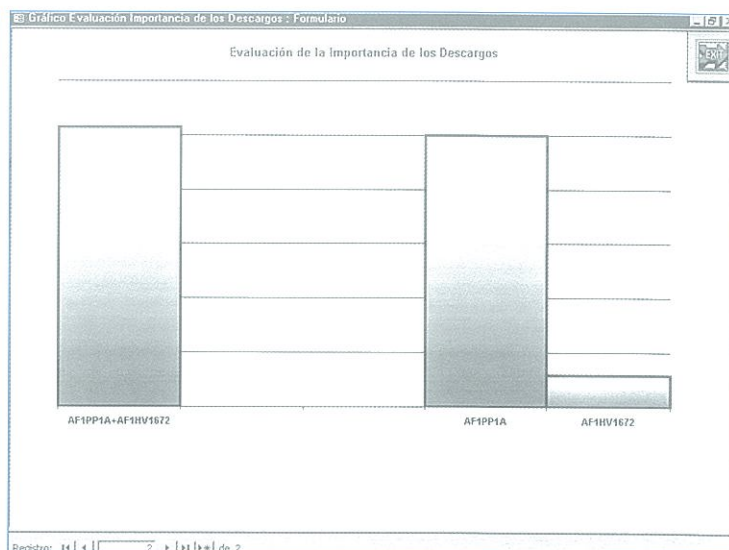


Figura 4.

• **Requisitos de interfaz:** El diseño del sistema informático debía resultar cómodo para el tipo de usuario previsto, y en particular permitir la selección de componentes a dejar fuera de servicio tanto por su identificación de planta como de forma gráfica.

• **Carga de trabajo adicional:** Al disponer muchas centrales de un sistema informático con bases de datos que reflejan los descargos e inoperabilidades concedidas y planificadas, el Monitor debía contar con la capacidad de alimentarse con dicha información minimizando la carga de trabajo adicional requerida del operador.

• **Estructura informática base:** El Monitor de riesgo MARE debía estar soportado en la estructura informática RiskSpectrum[®], que se había demostrado que reunía las condiciones previas requeridas de eficacia y velocidad suficientemente para permitir una evaluación de riesgos en tiempo real.

• **Modelos de APS:** Dado que la estructura informática base seleccionada permite la resolución de los modelos en tiempo real, los modelos del APS a utilizar debían ser los mismos que los aprobados por el Consejo de Seguridad Nuclear, sin otras modificaciones que las propias de la aplicación del Monitor de riesgo, esto es el cálculo del riesgo instantáneo y no el medio, evitando otros cambios de modelos requeridos para alcanzar una velocidad suficiente o por restricciones impuestas por el propio del Monitor de riesgo.

• **Modularización:** El Monitor de riesgo MARE debía disponer de una estructura modular que permitiendo el proceso integrado, se pudiera adaptar

fácilmente a los requisitos específicos de cada usuario.

• **Seguridad:** El usuario debía disponer de la total seguridad y garantía de que los resultados de su consultas no serían susceptibles de verse afectadas por una utilización inadecuada del Monitor por otro usuario.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La aplicación ha sido desarrollada en MS Access y en Visual Basic. El usuario tiene la posibilidad de escoger entre distintos modos de presentación de la información buscada según le resulte más conveniente.

Una vez iniciado el Monitor de Análisis de Riesgos mediante la simple selección de las opciones incluidas en el menú principal del MARE, se pueden realizar los distintos análisis que permite la aplicación:

Histórico de análisis

Mediante el análisis de los descargos/inoperabilidades históricas se evalúa el estado real de la planta en cuanto al riesgo, tanto acumulado desde el inicio del ciclo como visualizando su evolución.

Al escoger la opción de Histórico de Análisis se accede en primer lugar a una pantalla en la que se pueden ver los descargos/inoperabilidades, por componente, que han tenido lugar a lo largo del tiempo (Ver Figura 1).

Cuando se selecciona la opción analizar, la aplicación realiza una evaluación de las diferentes configuraciones de la central en función de la simultaneidad

de los descargos a lo largo del tiempo que utiliza para los análisis posteriores (Ver Figura 2). Gráficamente se presenta el margen de seguridad de cada situación de descargos/inoperabilidades planteada, en valores desde 0 hasta 10 (de rojo a verde respectivamente).

Existe también la posibilidad de representar mediante gráficas la situación de riesgo histórico de la planta, desde el principio del ciclo hasta la fecha actual con las siguientes opciones:

- Gráfico del riesgo acumulado.
- Gráfico de la evolución del riesgo.
- Gráfico del perfil histórico del riesgo (Ver Figura 3).

Descargos en curso/programados

Permite evaluar hipotéticas situaciones de descargos/inoperabilidades, planteadas así para llevar a cabo su planificación en función del riesgo que se produciría en la planta en tal situación, lo que permite minimizar y adecuar a la urgencia del descargo la selección del momento para su realización de modo que el riesgo instantáneo del descargo sobre la planta resulte mínimo.

En la pantalla de *Descargos en curso/programados* se visualiza de forma automática la información asociada a un determinado componente cuyo descargo/inoperabilidad esté en curso o haya sido programada. A partir de la información relativa al descargo/inoperabilidad que se desea programar, se analiza la situación hipotética planteada hasta la fecha y hora de finalización prevista del último descargo/inoperabilidad.

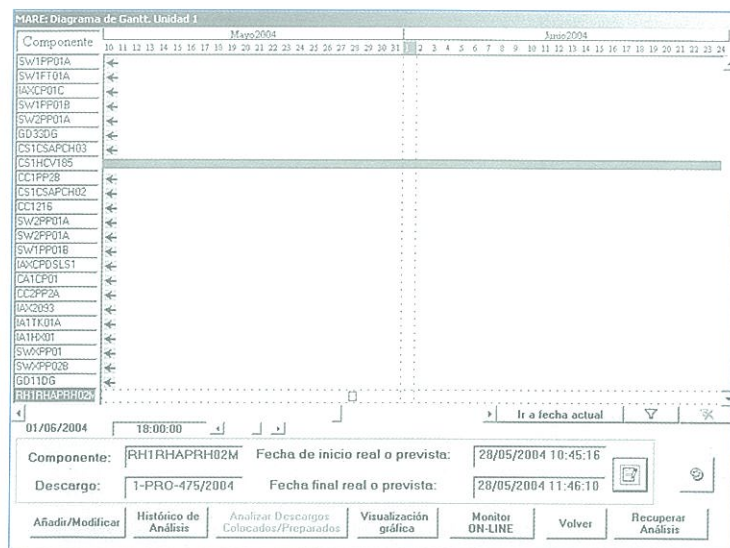


Figura 5.

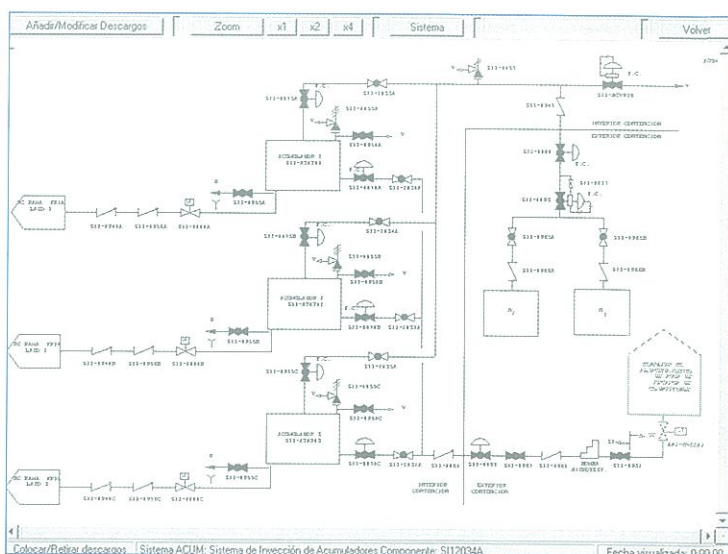


Figura 6.

Para cada una de las combinaciones de descargos/inoperabilidades coincidentes en el tiempo, se presenta, entre otra información, el tiempo máximo recomendado de duración de la situación, en función del incremento del riesgo. Adicionalmente en el caso de una situación de descargo/inoperabilidad de múltiples componentes se puede visualizar la Importancia de los Componentes individuales del Descargo (Ver Figura 4) con el fin de facilitar la información sobre cual de los componentes, si es devuelto a la condición de servicio, reduciría en mayor grado el nivel de riesgo de la configuración de la planta.

Diagrama de GANTT

Proporciona una representación gráfica temporal de los descargos/inoperabilidades en un diagrama de Gantt (Ver Figura 5). La información se presenta en el diagrama a partir de la denominación del componente principal con la denominación usada en la base de datos de planta. Es posible introducir un descargo o inoperabilidad adicional a la que aparecen en pantalla.

Visualización gráfica

MARE permite la representación gráfica de los componentes inoperables; esto es, para cada uno de los sistemas existe un diagrama simplificado en el que están identificados los componentes inoperables. A través de este diagrama del sistema se puede, además, colocar nuevas inoperabilidades o modificar las fechas asociadas a las ya existentes (Ver Figura 6). Desde el dia-

grama de Gantt se puede optar por cambiar esta presentación.

Monitor ON-LINE

La visualización on-line representa en tiempo real la situación de riesgo de la planta, teniendo en cuenta la historia de los descargos/inoperabilidades desde el inicio del periodo hasta la fecha actual y evaluando la situación actual de descargos/inoperabilidades a través de representaciones gráficas (Ver Figura 7). La información que se presenta en la pantalla es la siguiente:

- Gráfico del riesgo acumulado
- Gráfico de la evolución del riesgo desde el inicio del periodo
- Perfil del riesgo desde el inicio del periodo
- Riesgo puntual
- Incremento del riesgo que supone la situación de descargos/inoperabilidades

Adicionalmente, en esta misma pantalla se presenta información de los componentes que se encuentran descargados o inoperables, y el tiempo desde el inicio de la situación actual. Esta visualización on-line de la situación actual de la planta en pantalla, se refresca automáticamente a intervalos cortos preestablecidos.

Actualización de la aplicación MARE

El modelo de riesgos de la central puede estar sujeto a cambios al igual que sus sistemas o los datos de fiabilidad de sus componentes, por lo que la

aplicación MARE se ha diseñado atendiendo a las necesidades de actualización. El sistema dispone de una opción de modificaciones/actualizaciones de los datos.

El acceso a la dicha opción está protegido mediante una clave, de modo que sólo pueden acceder los usuarios autorizados, proporcionándose a los usuarios la garantía de seguridad y confiabilidad en los resultados obtenidos. Adicionalmente, también permite adaptar mejoras incorporadas a la base de datos de planta, tal y como ha sido el caso de posibles indisponibilidades asociadas a diversas pruebas.

PUESTA EN SERVICIO Y RESULTADOS

Como se ha indicado anteriormente, y una vez diseñada la versión preoperacional del Monitor de riesgos MARE, era necesario validar dicha versión con un caso real que permitiese comprobar la adecuación del concepto y corregir inadecuaciones de la misma con experiencia práctica.

Hay que señalar que la aplicación MARE seleccionada en un proceso competitivo frente a otras alternativas por CN Almaraz y que CN Almaraz fue pionera en España en la decisión de adoptar la opción de utilizar un Monitor de riesgos para cumplir con los requisitos de la Regla de Mantenimiento.

Empresarios Agrupados completó y desarrolló los trabajos de implantación del APS de CN Almaraz en el Monitor de Riesgo en un proceso debidamente documentado de acuerdo con las exigencias de la utilización prevista.

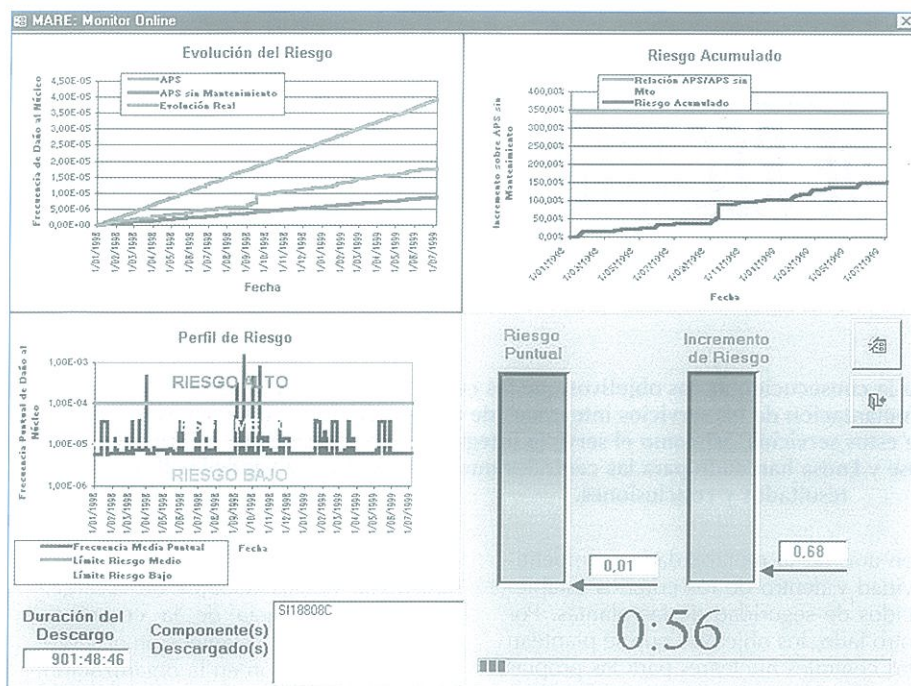


Figura 7.

Durante el proceso de implantación se comprobó que los ajustes requeridos por la aplicación para su adaptación a un caso real resultaron mínimos, lo que confirmaba la validez de la especificación funcional desarrollada a nivel previo. Dicho proceso de implantación contó con un amplio apoyo y participación del personal de planta que estaba previsto sería su futuro usuario, el cual aportó comentarios específicos sobre las prácticas y organización de la central que tenían relación con el Monitor de riesgo que resultaron fundamentales para realizar los ajustes finales de la aplicación.

Una vez completada la implantación se sometió el resultado a un proceso amplio de validación con los descargos históricos de planta para comprobar exhaustivamente que no se identificaban lagunas o aspectos no contemplados con anterioridad en la utilización prevista. El resultado fue igualmente satisfactorio, por lo que se pudo realizar una entrega del producto plenamente operativo a planta.

CONCLUSIÓN Y EXPERIENCIA EN LA UTILIZACIÓN

El Monitor de riesgos MARE ha venido funcionando satisfactoriamente desde su implantación en CN Almaraz 1 en 1999. Con posterioridad se llevó a cabo la implantación del Monitor de riesgos MARE para la Unidad 2. Desde su implantación se han venido reali-

zando modificaciones de acuerdo con las revisiones introducidas en los modelos de APS sin mayores problemas, lo que ha confirmado lo acertado de la decisión de utilizar los mismos modelos base para el APS que para el Monitor de riesgos MARE.

Desde su implantación inicial el Monitor de riesgos ha sido evaluado por el personal del Consejo de Seguridad Nuclear, que ha confirmado la adecuación de la utilización del mismo para el cumplimiento con los objetivos de la Regla de Mantenimiento.

El resultado obtenido por CN Almaraz, que fue pionero en la utilización en España de los Monitores de Riesgo, cabe considerar que supuso un impulso definitivo a la decisión de las restantes centrales nucleares españolas de implantar de Monitores de Riesgo con los modelos de APS específicos de dichas centrales, en lugar de las matrices de riesgo.

Se ha demostrado la adecuación del diseño de la interfase de usuario al usuario final previsto, que se ha confirmado por su utilización sistemática por el personal de la oficina técnica de mantenimiento y de operación de planta.

Los resultados de la aplicación MARE se puede considerar tras los años de utilización que ha sido muy satisfactoria, y que constituye un ejemplo práctico muy importante de aplicación de la nueva filosofía de aplicaciones informadas por el riesgo.

Señalar por último que la implantación de los Monitores de riesgo en las centrales abre, por otro lado, el camino a otras aplicaciones de los APS, tales como las Especificaciones Técnicas informadas por el riesgo en tiempo real, que si bien en fase de proyecto piloto, ya no resultan una aplicación futurista sino algo viable a corto plazo una vez se desarrollen y adopten las soluciones y requisitos necesarios para garantizar una utilización fiable y segura de la misma.



José A. CARRETERO FERNANDINO es Ingeniero Industrial por la ETSII de Barcelona y Jefe de la Sección de Estudios y fiabilidad de Empresarios Agrupados (EA). Ha venido desarrollando actividades en seguridad nuclear desde su entrada en el Departamento de Seguridad de EA en 1976, llevando, entre otras, la responsabilidad de los trabajos relacionados con el desarrollo de los diversos Análisis Probabilistas de Seguridad realizados en España y otros países.



Isaac FUENTE (CN Almaraz) es Ingeniero Industrial por la ETSII de Bilbao y Diplomado en Ingeniería Nuclear por el Instituto de Estudios Nucleares de la JEN. Ha sido el Jefe de Proyecto del APS de CN Almaraz de Empresarios Agrupados desde 1988, siendo el responsable del desarrollo del MARE, hasta su incorporación al Departamento de Seguridad y Licencia y Medio Ambiente de las CCNN de Almaraz y Trillo.