

IMPLICACIONES DE FACTORES HUMANOS EN LA DISPOSICIÓN DE PANELES DE LA SALA DE CONTROL DE LA CENTRAL NUCLEAR JOSÉ CABRERA

P. ALMEIDA - J. O'HARA - J. HIGGINS

Dentro del proceso de renovación del Permiso de Explotación de la Central Nuclear José Cabrera, UNION FENOSA GENERACIÓN S.A. (UFG) ha llevado a cabo un proyecto de análisis y evaluación de las implicaciones de factores humanos de la disposición actual de los paneles de la Sala de Control de la Central. El proyecto se ha desarrollado en dos fases. En una primera fase, liderada por EPRI y realizada por expertos de SAIC, se hizo una evaluación independiente de la Sala de Control desde el doble punto de vista de factores humanos y de fiabilidad humana. En la segunda fase, un equipo multidisciplinar (formado por expertos en factores humanos, análisis de riesgo, operación, ingeniería, formación e instrumentación y control) ha efectuado un estudio sobre las implicaciones de factores humanos de la disposición de paneles, siguiendo la metodología indicada en el NUREG-0711. El proyecto se ha desarrollado bajo la dirección del Laboratorio Nacional de Brookhaven (BNL), organismo autor de la normativa citada, con la participación de UFG y SOLUZIONE Ingeniería.

Para la realización de este segundo estudio se llevaron a cabo los pasos siguientes: Inicialmente, se identificaron los potenciales efectos de la disposición de paneles en la actuación del equipo de operación, se analizó su evidencia real y se determinaron los objetivos de mejora, según la metodología del NUREG-0711. Posteriormente, se identificaron las alternativas de diseño (incluyendo cambios en procedimientos, formación y análisis de riesgo) que mejor satisfacían los objetivos, y se llevó a cabo un análisis en tres aspectos: factores humanos, impacto en el riesgo y coste económico. Finalmente, los resultados de estas evaluaciones se combinaron usando un método de decisiones multi-atributo, que dio como resultado la selección de una de las alternativas como la mejor propuesta para incorporar criterios y buenas prácticas de factores humanos en el diseño de los paneles de la central.

Within the process of renewal of Exploitation Permit of Jose Cabrera Nuclear Power Plant, UNION FENOSA GENERACION, S.A. (UFG) has carried out an analysis and evaluation project regarding human factors implications of current control room panel arrangement. The project has been developed in two phases.

In the first phase, leaded by EPRI and carried out by experts from SAIC, an independent review from a double viewpoint of human reliability and human factors was developed. In the second phase, a multidisciplinary team (composed by human factors, risk analysis, operation, engineering, training and instrumentation and controls experts) has developed a study on human factors implications of current panel arrangement, following the methodology pointed out in NUREG-0711. The project has been developed under the direction of Brookhaven National Laboratory

(BNL), organisation that has authored the aforementioned methodology, with the participation of UFG and SOLUZIONE Ingeniería.

For the development of the second study the following steps were taken: firstly, the potential effects of panel arrangement on crew performance were identified, its real evidence was analysed and the goals for the improvement of control room operation were established; following NUREG-0711. After this, several design alternatives that addressed these goals were identified and were analysed along three dimensions: human factors, risk analysis and economic costs. Finally, the results of these evaluations were combined using a multi-attribute decision method to arrive at a recommended alternative as the best proposal to incorporate human factors criteria and good practices in the design of control room panels.

INTRODUCCIÓN

A principios de los años 90 se llevó a cabo en la Central Nuclear José Cabrera una Revisión Detallada del Diseño de la Sala de Control, usando la metodología presentada en el NUREG-0700. Desde el punto de vista de factores humanos, la discrepancia más significativa del diseño de la Sala de Control es la disposición de paneles en dos filas, con una fila delantera que impide el acceso directo a controles específicos de salvaguardias, localizados en los paneles traseros. La existencia de una discrepancia no significa en sí misma que la característica de diseño sea significativa para el riesgo; sin embargo, se debe analizar para determinar su impacto en la actuación humana y por tanto en la seguridad, pues esta configuración podría contribuir al riesgo en secuencias específicas del Análisis Probabilista de Seguridad (APS), en las que se requieren importantes acciones

humanas por parte del operador.

El proceso de evaluación y análisis del impacto en el riesgo de la disposición de paneles de la Sala de Control ha sido llevado a cabo en dos fases: en la primera, desarrollada por expertos de SAIC, se realizó una evaluación independiente de la Sala de Control de la Central desde el punto de vista de ingeniería de factores humanos y de los modelos de fiabilidad humana incluidos en el Análisis Probabilista de Seguridad para acciones humanas importantes.

La segunda fase, que se detallará en los siguientes apartados, ha sido desarrollada por un equipo multidisciplinar (en el que han participado expertos en factores humanos, análisis del riesgo, operación, ingeniería, formación e instrumentación y control) siguiendo la metodología indicada en el NUREG-0711 "Human Factors Engineering Program Review Model", desarrollado por el Laboratorio Nacional de Brookhaven (BNL), organismo que ha llevado la dirección del Proyecto.

EFFECTOS DE LA CONFIGURACIÓN DE LA SALA DE CONTROL EN EL RIESGO DE LA PLANTA.

Dado que el impacto en la seguridad de la disposición de paneles podría ser debido a sus efectos sobre la actuación del equipo de operación, en primer lugar se analizaron los potenciales mecanismos por los cuales dicha disposición podría impactar en la actuación del turno de operación. Posteriormente, se determinó si las acciones llevadas a cabo en los paneles traseros podrían ser significativas para el riesgo y si existe la evidencia real de que alguno de los potenciales efectos identificados podría impactar sobre dichas acciones.

Para determinar esto se llevó a cabo un análisis de las vulnerabilidades y riesgos de la planta, mediante la evaluación y el análisis de la Experiencia Operativa, el Análisis Probabilista de Seguridad y otros documentos asociados, y la evaluación de los Procedimientos de Operación de Emergencia. Asimismo, se simuló tres escenarios accidentales significativos en la Sala de Control, con el objeto de obtener descripciones detalladas de las tareas que el personal ha de desarrollar y los factores que podrían condicionar la ejecución satisfactoria de las mismas. En los escenarios se tomaron los tiempos para la realización de las tareas, se consideraron las transiciones entre los paneles delanteros y

traseros y se analizaron la calidad y contenido de las comunicaciones entre los operadores.

Los potenciales efectos y la evidencia real de los mismos obtenida como resultado de las evaluaciones anteriores se indican a continuación:

Retrasos en el tiempo

La configuración de los paneles de la Sala de Control puede añadir tiempo a la actuación del operador, puesto que para el seguimiento de sus acciones ha de desplazarse de un panel a otro. Este incremento de tiempo podría dar lugar a errores de omisión o a retrasos significativos en el desarrollo de tareas, reduciendo así el margen de tiempo para resolver cualquier imprevisto o dificultad que pudiera surgir.

Tras las evaluaciones se dedujo que este efecto era poco significativo. Si bien la configuración de los paneles incrementa el tiempo para la realización de las tareas, este hecho no es suficientemente significativo como para impactar en los márgenes de tiempos disponibles para la ejecución exitosa de las mismas.

Efecto sobre el desarrollo de las tareas

La configuración de los paneles puede impedir la actuación de tareas por parte del operador si los indicadores y controles para la ejecución de la tarea se encuentran distribuidos a lo largo de diferentes paneles. Mientras que el operador se encuentra en un panel, deja de tener conocimiento de información importante en otro panel, especialmente si no está directamente relacionada con la tarea que está llevando a cabo. Este diseño puede incrementar el error del operador puesto que podría reducir su conocimiento global de la situación de la planta. Asimismo, puede perjudicar la realización de la tarea incrementando la carga de trabajo de la implementación de su respuesta. En efecto, si los operadores han de transitar entre paneles delanteros y traseros, han de reorientarse cada vez, siendo la posibilidad de leer un indicador equivocado o actuar un control equivocado mayor. Para este efecto se encontró cierta evidencia.

Conflictos entre operadores

La configuración podría dar lugar a conflictos físicos entre los operadores al tratar de acceder a los paneles necesarios para leer los indicadores o actuar los controles. Esto podría afectar a la realización de tareas y al riesgo de la planta de la misma manera que el posible retraso en el tiempo.

Respecto a este mecanismo, tras la realización de los escenarios en planta se dedujo que no hay evidencia real de este efecto en la planta.

Efecto sobre las comunicaciones

La configuración puede hacer las comunicaciones más difíciles y así incrementar los errores, debido a posibles deficiencias de comprensión y dificultad en la audición del mensaje.

Se encontró evidencia de este problema, especialmente en las comunicaciones entre los operadores de Reactor y de Turbina y el Ayudante del Jefe de Turno, encargado de la lectura de los Procedimientos de Operación de Emergencia, cuando los operadores se encuentran localizados en los paneles traseros.

Efecto sobre la verificación de las actuaciones

La configuración puede perjudicar la posibilidad de que el Ayudante del Jefe de Turno sea consciente de las acciones llevadas a cabo por los operadores, verifique sus actuaciones e identifique y corrija errores. Para este efecto, se ha encontrado evidencia real en la planta.

Todos estos hallazgos han dado como resultado los siguientes objetivos para la mejora de las operaciones en la Sala de Control de la Central:

- Incrementar, donde sea posible, el tiempo disponible para la realización de importantes acciones por parte del operador.
- Reducir el número de transiciones entre los paneles delanteros y traseros, especialmente las de corta duración. Esto reducirá el tiempo global y mejorará el conocimiento de la situación por parte del operador, con lo que se minimizarían errores asociados a interrupciones de tareas.
- Implementar algunas mejoras generales de factores humanos en el diseño de paneles individuales para minimizar el potencial de error.
- Mejorar las comunicaciones entre los operadores y el Ayudante del Jefe de Turno.
- Mejorar la posibilidad del Ayudante del Jefe de Turno de verificar las acciones llevadas a cabo por los operadores.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Tras la evaluación de los potenciales efectos de la disposición de los paneles

sobre la actuación del turno de operación y la determinación de objetivos para la mejora de las operaciones en la Sala de Control, se identificaron una serie de opciones de mejora, (siguiendo la metodología indicada en el NUREG-0711) que incluían aspectos relativos a modificaciones de diseño de paneles, entrenamiento, procedimientos (de operación y administrativos) y operaciones, y que satisficieran los objetivos establecidos.

Las opciones de mejora individuales fueron combinadas en cinco alternativas de diseño, cada una de las cuales resolvía todos los potenciales problemas de factores humanos identificados en el curso del proyecto. Estas alternativas fueron posteriormente evaluadas en tres aspectos: la medida en la cual resolvían los aspectos de factores humanos asociados con las operaciones de la Sala de Control identificados, el efecto de la alternativa sobre el riesgo según los modelos incluidos en el Análisis Probabilista de Seguridad y, finalmente, el coste económico asociado a la implementación de la alternativa.

Evaluación de Factores Humanos

Para cada una de las alternativas seleccionadas, se llevó a cabo una evaluación de factores humanos con objeto de determinar hasta qué punto resolvían los efectos sobre la actuación del equipo de operación identificados e indicados anteriormente y, por tanto, satisficieran los objetivos de mejora establecidos. Esta evaluación fue cualitativa, basada en el juicio de los expertos de BNL.

Teniendo en cuenta que los análisis iniciales revelaron que algunos efectos sobre la actuación del equipo de operación eran más significativos que otros, se asignaron diferentes pesos a los mismos para reflejar sus diferentes importancias, siendo catalogados como de alta importancia los efectos sobre el desarrollo de la tarea, comunicaciones y verificación de la actuación, de media importancia el efecto sobre retrasos en el tiempo y de baja importancia los conflictos de movimientos entre operadores. Para las alternativas, se asignaron valores de 1,2 y 3 en función de cómo resolvían potencialmente los efectos, y se multiplicaron estos valores por los pesos asignados a cada uno de los mismos.

Siempre que se produce un cambio en la Sala de Control existe la posibilidad de que surjan consecuencias negativas, por lo que también se hizo una evaluación de potenciales problemas negativos de cada una de las alter-

nativas seleccionadas. Entre estos efectos, se consideraron: creación de disparos y errores, tiempo requerido para aprobación por parte del organismo regulador, incremento de los tiempos de formación y entrenamiento, dificultades en la coordinación del turno de operación, incremento de errores de software, entre otros. Para cada alternativa, se asignaron diferentes valores (desde 0 a 3) para los diferentes efectos negativos identificados, dependiendo de la importancia de su efecto.

Evaluación del riesgo

Para la evaluación del impacto en el riesgo de cada alternativa se consideró la revisión 3 del Análisis Probabilista de Seguridad de CNJC. El estudio se llevó a cabo desde dos puntos de vista, cualitativo y cuantitativo. Se modificaron las acciones humanas en función de las diferentes alternativas así como la consideración de la interfase hombre-máquina para cada una de estas acciones. Las evaluaciones mostraron una reducción global del riesgo entre el 15% y el 30% respecto del caso de referencia.

Análisis económico

Para cada una de las alternativas seleccionadas se realizó un análisis de costes económicos. Estos costes incluían ingeniería y diseño, materiales, montaje, pruebas, entrenamiento y formación, simulación y procedimientos. Todas las cantidades se estimaron de acuerdo al conocimiento en ese momento de las modificaciones y mejoras propuestas. Asimismo, se incluyó el lucro cesante por el tiempo necesario para el desarrollo de cada alternativa y el impacto en la duración de la parada de recarga.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE DISEÑO

Para la selección de una alternativa de diseño se llevó a cabo un proceso de evaluación multi-atributo, que consideró todos los aspectos evaluados anteriormente (factores humanos, riesgo y costes) de una manera integrada.

Para integrar los resultados de todos los factores de evaluación para cada alternativa, los valores pesados para cada uno de ellos fueron sumados, con lo que se obtuvo un listado final que dio como resultado la selección de la alternativa que más puntos había obtenido en todo este proceso como la propuesta que mejor satisface los objetivos de diseño desde el punto de vista de factores humanos.

Básicamente, la alternativa seleccionada comprende las siguientes mejoras:

- Mejoras en los Procedimientos de Operación de Emergencia: mejorar las comunicaciones de los operadores y revisar y reordenar pasos para reducir las transiciones entre paneles.

- Mejoras administrativas y operacionales: Utilizar de forma más efectiva el turno de retén, controlar las copias de planos colocados en la zona de paneles traseros, asignar otras funciones adicionales al Jefe de Turno y Ayudante del Jefe de Turno durante emergencias

- Modificaciones en paneles, especialmente en el panel de salvaguardias tecnológicas P-9: reubicación de controles y elementos para agrupamiento funcional de sistemas, sustitución de elementos analógicos por digitales y videoregistradores, motorización de válvulas de inyección de seguridad importantes para el cambio a recirculación a rama fría, duplicación de controles del panel delantero al panel trasero.

- Modificaciones en el SPDS

- Mejoras para la verificación de acciones en paneles traseros mediante el desarrollo de una herramienta software de apoyo a la operación, el Panel de Visualización de Paneles Traseros

- Mejoras en el entrenamiento y formación.

- Mejoras genéricas de factores humanos: mejorar la interfase local de las válvulas catalogadas como importantes desde el punto de vista de riesgo, mejorar la iluminación de paneles traseros e instalación de una cámara de vídeo en la zona de paneles traseros para uso por parte de Ayudante del Jefe de Turno.

Todas estas mejoras incluidas en la alternativa de diseño seleccionada serán llevadas a cabo durante la vigencia del presente Permiso de Explotación, es decir, antes de octubre de 2002.

CONCLUSIONES

Para evaluar el impacto de la disposición de los paneles de la Sala de Control de la Central

Nuclear José Cabrera desde el punto de vista de factores humanos se ha llevado a cabo un proyecto liderado por BNL, en el que ha participado un equipo de expertos en diversos campos.

Siguiendo la metodología indicada en el NUREG - 0711, inicialmente se

(Pasa a la página 31)