

El diseño y modernización de las salas de control con los nuevos sistemas de I&C digital

L.Á. Fernández, F. Ortega y L. Rejas

La utilización de los nuevos sistemas de I&C digitales en el diseño de las nuevas centrales nucleares, así como en la modernización de las ya existentes, conlleva importantes cambios en el diseño tradicional de las salas de control. Los nuevos sistemas presentan unas nuevas funcionalidades a la vez que implican cambios significativos en los principios de operación, por lo que es imprescindible la realización de un detallado análisis desde un punto de vista operacional y de Ingeniería de Factores Humanos. Basado en la experiencia de Tecnatom en este campo, el artículo presenta el enfoque metodológico utilizado así como los aspectos más relevantes en este tipo de proyectos.

The use of the new digital I&C systems in the design of the new nuclear power plants, as well as the modernization of the existing ones, implies relevant changes in the control room design. New I&C systems provide new features that affect the control room operating concept, therefore a detailed analysis is required to take into consideration all the operating and human factor aspects. Based on Tecnatom's experience, this article presents the methodological approach used as well as the most relevant aspects of this kind of project.

INTRODUCCIÓN

La Instrumentación y Control (I&C) de las nuevas centrales nucleares está basada en la utilización de la tecnología digital, sistemas de control distribuido e integración de la información en redes de datos. Esto tiene su repercusión en las Salas de Control (SSCC), donde las interfaces de operación y monitorización son las que corresponden a estos sistemas.

Estas tecnologías también se utilizan en la modernización de los sistemas de I&C de las centrales nucleares en operación. Las nuevas interfaces aportan capacidades adicionales para la operación y supervisión así como una gran flexibilidad y versatilidad. Ejemplo de ello son la inclusión en la Interfaz Hombre Máquina (IHM) modernizada de soluciones tales como: estaciones compactas, pantallas de supervisión de alto nivel, *overview displays*, procedimientos computarizados, nuevos sistemas de apoyo a la operación o sistemas inteligentes de procesamiento de alarmas. Estos cambios en la IHM se acompañan de controles SW y nuevas soluciones en la automatización.

La incorporación de estos sistemas en las salas de control modifica, de forma sustancial, la interfaz entre el operador

y los sistemas de la planta con respecto a la configuración clásica de la mayoría de las salas de control actuales y, en muchos casos, el modelo conceptual de la operación se ve asimismo alterado.

El proceso de diseño de las nuevas salas de control requiere, para su adecuado licenciamiento, de profundos y detallados análisis de Ingeniería de Factores Humanos (IFH) con objeto de alcanzar un diseño de la interfaz del operador con los sistemas de la planta que permita y que optimice la operación y supervisión segura del personal de operación en cualquier condición operacional de la planta, ya sea en operación normal, durante incidencias, ante fallo de equipos de la planta, fallo de equipos de I&C y en operación en emergencias.

Tecnatom ha liderado desde hace bastantes años diversos proyectos en este ámbito, en países del entorno asiático y en Estados Unidos, siempre utilizando normativa y estándares internacionales a partir de los cuales ha desarrollado y optimizado sus propias metodologías. La experiencia adquirida en la aplicación de esta metodología a los diseños de nuevas salas de control, es en gran medida extensible a la modernización de las salas de control actuales.



LUIS ÁNGEL FERNÁNDEZ ILLOBRE
es ingeniero industrial, especialidad de Técnicas Energéticas, se incorpora a Tecnatom en 1984 obteniendo la certificación de "Senior Reactor Operator". Actualmente es responsable de la Unidad de Modernización de Salas de Control.



FERNANDO ORTEGA PASCUAL
es ingeniero industrial, especialidad de Técnicas Energéticas, se incorpora a Tecnatom en 1985 obteniendo la certificación de "Senior Reactor Operator". Actualmente es gerente del Área de Salas de Control y Simulación.



LUIS REJAS LOPEZ
es ingeniero de Minas, especialidad de Energía y Combustibles, se incorpora a Tecnatom en 1996 obteniendo la calificación de "Senior Reactor Operator" en centrales KWU. Actualmente es el responsable del Departamento de Diseño de Nuevas Salas de Control.

Los procesos de modernización de las salas de control son, en general y a diferencia del diseño de las nuevas salas, proyectos que avanzan de forma lenta, recarga tras recarga, modificando el control y la interfaz del operador con distintos alcances. Puesto que el impacto individual de cada modificación sobre la interfaz no suele ser grande y las modificaciones se extienden durante años, es más fácil, en este caso, que los análisis de impacto sobre la interfaz queden limitados, se realicen de forma individualizada y estén carentes de una visión global a largo plazo. Sin embargo, este impacto es claro en muchas centrales y, considerando un periodo de cuatro o cinco recargas, se pueden observar cambios sustanciales en el modo en el que se realiza la operación y supervisión de la planta.

Un adecuado diseño de la interfaz del operador con los sistemas, facilitará la operación segura, ayudará a la identificación temprana de problemas, facilitará el reparto de tareas y la intercomunicación entre los distintos miembros del personal del turno de operación.

EL DISEÑO DE LAS SALAS DE CONTROL DE LAS NUEVAS CENTRALES NUCLEARES

El diseño de las salas de control de las nuevas centrales nucleares constituye un proyecto de una enorme complejidad técnica y organizativa. En el plano técnico deben analizarse con gran detalle todos los sistemas de la central y sus componentes teniendo en cuenta su operación y las necesidades de supervisión en todas las posibles condiciones de la planta. En el plano organizativo es importante la involucración y el trabajo coordinado de las distintas organizaciones de ingeniería que participan en el diseño de los sistemas de la central, así como de los responsables de la operación de la planta. Todo ello debe imbricarse dentro de una compleja planificación global de diseño y construcción de la central, donde la disponibilidad de la documentación de referencia constituye uno de los aspectos más críticos.

El diseño de nuevas salas de control debe conjugar necesariamente dos aspectos fundamentales:

- Las capacidades que ofrece la tecnología utilizada en sus sistemas de I&C. Estos sistemas, basados en la utilización de la tecnología digital, ofrecen grandes posibilidades para el desarrollo de la nueva Interfaz Hombre Máquina (IHM) de estas salas de control que es mayoritariamente software.
- La aplicación de un programa de Ingeniería de Factores Humanos (IFH)

que asegure una IHM correctamente diseñada e implantada que aumente la fiabilidad humana y garantice una operación segura de la central. En este sentido, el desarrollo de metodologías que aseguren una adecuada aplicación de la Ingeniería de Factores Humanos es clave para garantizar un óptimo diseño de la IHM.

La Ingeniería de Factores Humanos (IFH) en el diseño e implantación de la IHM de las nuevas salas de control

El diseño de la IHM de las nuevas salas de control comienza con la definición de los objetivos que deberá de cumplir la sala de control. A continuación, se deben pre-establecer los principios de operación que describen las prácticas y características de la IHM necesarias para el cumplimiento de los objetivos.

El diseño de la IHM de la sala de control se realizará a partir de lo anterior y considerando las posibilidades que ofrecen los sistemas de I&C.

Mediante el uso de metodologías que garantizan una adecuada aplicación de la IFH, se garantizará un óptimo diseño de la IHM. Estas metodologías están basadas en estándares internacionales como la IEC 60964, el NUREG-0800, el NUREG-0711, el NUREG-6393, el NUREG-6400, la IEC-6177, la ISO-9241 y el NUREG-700. Dichas metodologías se utilizan durante las fases de Especificación, Diseño, Pruebas e Implantación de la IHM.

Metodologías para la implantación de la Ingeniería de Factores Humanos en diseños de nuevas salas de control

Estas metodologías desarrollan en detalle el proceso de aplicación de los elementos de un programa de IFH descritos a continuación:

Gestión del Programa de la Ingeniería de Factores Humanos

La metodología desarrolla un plan integral para incorporar principios de IFH en el diseño de la nueva IHM. Se definen las actividades y se constituye un equipo de IFH con las cualificaciones necesarias. El equipo de factores humanos debe formar parte del equipo de diseño, manteniendo una fuerte relación con las organizaciones de ingeniería pero, a la vez, con independencia de acción y libertad para evaluar diseños y proponer cambios que mejoren el comportamiento humano.

Revisión de experiencias Operativas

El objetivo es asegurar que se han identificado y analizado los problemas y as-

pectos de la IFH de diseños previos, eliminándose las características negativas y manteniendo las positivas.

Análisis de Requisitos Funcionales y Asignación de Funciones

El siguiente paso consiste en analizar las funciones de cada sistema de la central. Se responde a la pregunta ¿QUÉ hace cada sistema?

El resultado obtenido son los parámetros que es necesario vigilar/controlar, el listado de componentes y sus correspondientes estados que son necesarios para el cumplimiento de las funciones.

También se analiza la asignación de la supervisión y control de las funciones al hombre, a la máquina o a ambos, teniendo en cuenta las capacidades del ser humano. Se responde a la pregunta ¿QUIÉN vigila/controla?

Análisis de Tareas

En el siguiente paso, para cada sistema de la central, se deben obtener respuestas a las preguntas: ¿CÓMO se maneja el sistema? y ¿Qué ELEMENTOS son necesarios para ello?

En este análisis se identifican las acciones del personal para cumplir con las funciones asignadas, así como los requisitos de información y control necesarios para cumplir estas funciones: dispositivos de control y supervisión, alarmas, sistemas de comunicación, procedimientos, requisitos de formación específicos, etc.

Organización del personal

La metodología analiza el personal necesario y su organización en sala de control, considerando los resultados de la asignación de funciones y del análisis de tareas.

Como consecuencia, la organización inicial que se estableció en los principios de operación podrá cambiar.

Análisis de Fiabilidad Humana

Dentro del análisis hay que considerar los mecanismos de error humano para minimizar su impacto en el diseño de la IHM de la sala de control. Un aspecto importante es su integración con el Análisis Probabilístico de Seguridad (APS).

Diseño de la IHM

Los resultados y la información obtenida en las fases anteriores se materializan en el diseño y desarrollo del contenido y forma de la IHM. En las nuevas salas de control la IHM será principalmente software. También existirán algunos componentes hardware que servirán de respaldo en caso de fallo de la IHM software.

Ahora se requiere definir la organización jerárquica de las pantallas

de operación y supervisión y la incorporación de las funcionalidades de los sistemas de apoyo: procedimientos computarizados, sistemas de apoyo a la operación, COSS, o los sistemas inteligentes de procesamiento de alarmas. En esta fase de diseño pueden aparecer nuevos requerimientos de automatización.

Desarrollo de procedimientos

En paralelo, la metodología desarrolla el contenido y la forma de los procedimientos de operación de la central. Todo ello se basa en los resultados del Análisis de Tareas y en principios de IFH.

El objetivo es que los procedimientos resultantes sean técnicamente exactos, entendibles, explícitos, fáciles de usar y estén validados.

Desarrollo del entrenamiento

Adicionalmente al diseño de interfaz y procedimientos, el proceso identifica las necesidades de formación, proporcionando la información necesaria para el establecimiento y desarrollo de los objetivos de aprendizaje, los parámetros de evaluación asociados a estos objetivos y los mecanismos de revisión derivados de la actuación del personal en el puesto de trabajo.

Verificación y Validación

En la fase previa a la implantación se revisa el diseño realizado, para asegurar que está de acuerdo a los principios de la IFH.

Se realizan las verificaciones de Apoyo a Tareas y del Diseño. En la primera, se comprueba que el diseño de la IHM y sus componentes (controles, indicadores, etc.) permiten la realización de todas las tareas descritas en el Análisis de Tareas y que no hay ningún componente de la IHM sin tarea asignada. En la segunda, se comprueba que las guías aplicables de IFH se cumplen.

También se realiza una validación integrada del sistema. En ella se evalúa la IHM mediante pruebas basadas en la actuación de los equipos de operación, para ver la aceptabilidad del diseño y la operabilidad de la IHM. Se realiza en un simulador, en donde se sigue la actuación de los operadores ante determinados escenarios seleccionados y relacionados con la operación global de la central.

Implantación del diseño

Es necesario asegurar que el diseño construido en la sala de control es igual que el diseño verificado y validado.

Se pretende confirmar que todas las cuestiones o discrepancias de IFH generadas durante el proceso de diseño, construcción y verificación y validación han sido resueltas.

Vigilancia de la actuación humana

La metodología proporciona un proceso de vigilancia de la actuación humana de forma que se asegure que las conclusiones del proceso de Verificación y Validación se mantienen a lo largo del tiempo, sin necesitar de repetir periódicamente el proceso.

La vigilancia garantiza que:

- El diseño puede ser utilizado
- Los cambios en la IHM, los procedimientos y el entrenamiento que se realicen no afectan negativamente en la actuación humana.
- Las acciones humanas pueden realizarse dentro de los límites de tiempo definidos.
- El nivel de actuación establecido durante la Verificación y Validación se mantiene.

La concreción del diseño de la sala de control

Con los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología, se procede al establecimiento definitivo del concepto

y principios de operación que desemboca en primer lugar en el diseño de la sala de control en su conjunto, esto es, la distribución espacial y el diseño de los soportes para ubicar todos los dispositivos de operación y supervisión (pantallas, alarmas, controles, ...) de acuerdo a los datos antropométricos de la población, cálculo ergonómico de perfiles de consolas y paneles, consideraciones de frecuencia de uso de controles e indicaciones, tiempos de respuesta en operación y requisitos de distribución de equipos en planta, etc. Un ejemplo del resultado del análisis para las centrales de Fuqing y Fangjiashang (China) se muestra en las figuras 1 y 2.

En el siguiente paso se armoniza el diseño de los displays o pantallas que constituyen la base de la operación normal de la central, con los instrumentos hardware (o cableados) que por razones de redundancia o de seguridad se instalan en los paneles y consolas.

Las figuras 3 y 4 muestran ejemplos de diseño de pantallas de operación de sistemas y de alto nivel de una central americana de diseño ABWR y para Fuqing (China).

De forma similar se determina y especifica la instrumentación convencional así como su ubicación en los distintos paneles y consolas. En la figura 5 se muestra como ejemplo el diseño mosaico del panel de emergencia para sala de control de la central de Hainan (China).

El diseño también incluye todo el equipamiento adicional que es requerido por el operador para realizar las tareas administrativas así como las comunicaciones internas y externas.

MODERNIZACIÓN DE LA IHM DE LA SALA DE CONTROL

La mayoría de las centrales nucleares en operación están abordando, ya sea por obsolescencia de los equipos actuales, por incorporación de equipos que faciliten la operación y supervisión o por el hecho de afrontar una extensión de vida, proyectos de modernización de los sistemas de I&C que tienen un impacto importante en la sala de control.

Los proyectos, que ya han empezado a alterar el aspecto de nuestras salas de control, se irán sin duda incrementando. Es razonable pensar que las salas de control que se dispondrán en las centrales a la finalización de su vida habrán evolucionado de forma muy importante y seguramente se hallarán más cercanas a los nuevos diseños de las nuevas plantas que en la actualidad manejamos, que a los diseños con los que iniciaron su operación.

Puesto que el proceso de modernización se extiende en el tiempo, es



Figura 1. Disposición general de la sala de control de Fuqing.

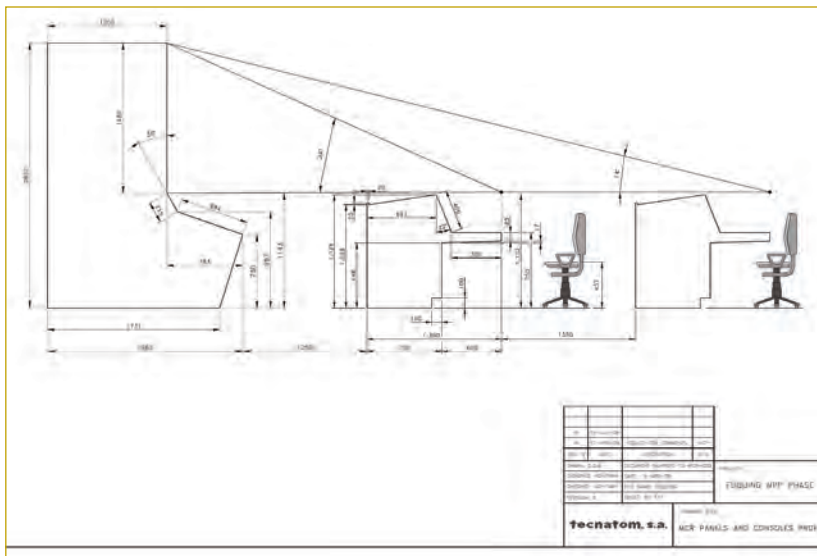


Figura 2. Plano de paneles y consolas de la sala de control de Fuqing.

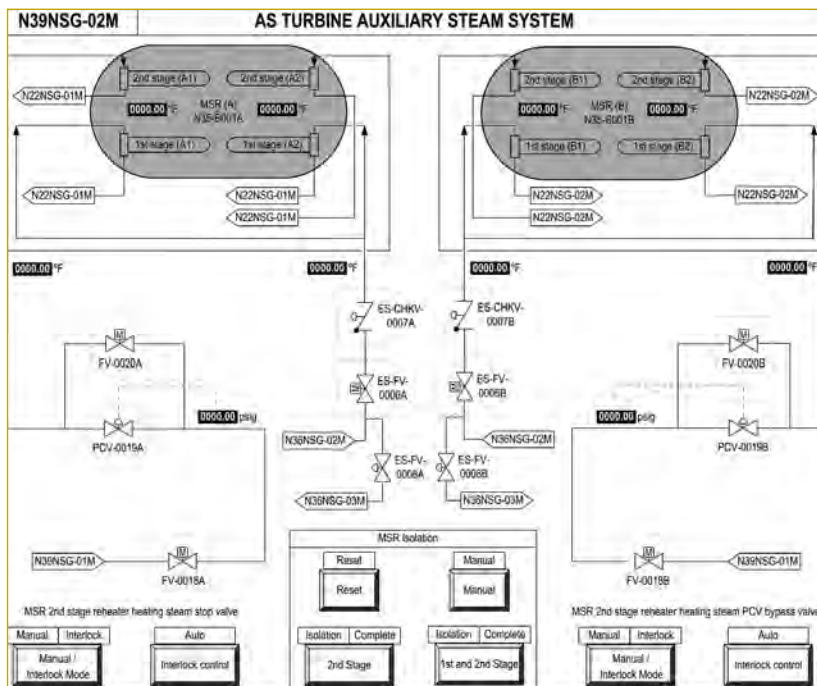


Figura 3. Display de sistema - MSR.

importante tener una visión global y a largo plazo de la evolución de la sala de control, más allá de los proyectos particularizados que se llevan a cabo en cada recarga y en los que se incorporan nuevos equipos que en muchas ocasiones proceden de distintos suministradores con criterios específicos y no siempre uniformes.

Las modificaciones en los sistemas de I&C y en la IHM de la sala de control influyen en la actuación humana en sala de control, en el conocimiento requerido y en los requisitos de entrenamiento. Para garantizar una operación segura y efectiva es fundamental especificar, diseñar, implantar, operar y mantener, así como entrenar, los cambios en la IHM de la sala de control. La aplicación de

un adecuado programa de IFH garantiza la consecución de lo anterior.

Como se ha indicado, la experiencia adquirida en la creación y aplicación de metodologías de IFH en el diseño de nuevas salas de control es de gran utilidad para los programas de IFH aplicados en las modernizaciones de las salas de control de las centrales existentes.

No obstante, existen algunos factores adicionales a considerar que están relacionados con aspectos específicos de la modernización, como son:

- Modelo conceptual de la nueva IHM de la sala de control
- Guías de Ingeniería de Factores Humanos

• Estrategia de migración

En función de su complejidad y grado de modificación, las modernizaciones en sala de control de los sistemas de I&C y su IHM se pueden dividir en tres tipos:

- Cambio componente a componente. Se reemplazan los antiguos componentes por nuevos digitales con funciones idénticas. Los cambios en la IHM son mínimos.
- Híbrido. Los instrumentos en la sala de control son reemplazados por nuevos. Algunos serán similares y otros pueden estar integrados en displays, dando lugar a la denominada IHM software. Además, se añaden a la IHM de la sala de control nuevas displays para mejorar la eficiencia y seguridad en la operación. Los cambios en la IHM pueden ser significativos.

- Sala de control completamente computarizada. Es la modernización más global. Se reemplazan los antiguos instrumentos por instrumentos software que están integrados en displays que forman parte de estaciones de operación compactas asignadas a cada operador. La IHM es totalmente distinta.

Los aspectos que se analizan a continuación se centran en las salas de control modernizadas híbridas y aplican a la definición de cómo será la sala de control que se quiere y cómo evolucionará desde el estado actual al deseado. Ambos aspectos se recogen en el modelo conceptual de la sala de control y en la estrategia de migración, respectivamente.

Una vez definidos dichos aspectos, la aplicación de las metodologías de IFH garantizará un correcto diseño e implantación de la IHM.

Las figuras 6 y 7 muestran algunos ejemplos de proyectos desarrollados en las centrales nucleares españolas.

Plan de Modernización de la IHM de la sala de control

En los procesos de modernización, los cambios en los sistemas de I&C e IHM realizados por etapas (p.e. control de turbina, control del reactor, control FWCS,...), en los que cada cambio se incorpora individual y aisladamente en la sala de control sin considerar las características de la IHM de ésta, suelen presentar problemas de integración. Además, si se hacen individualmente sin tener en cuenta un plan de modernización global, muchas veces se implantan en la sala de control "donde hay espacio" con una posible penalización en las tareas del operador. Además, según se continúa con el proceso de modernización, los cambios implantados de esta manera pueden llegar a degradar la efec-

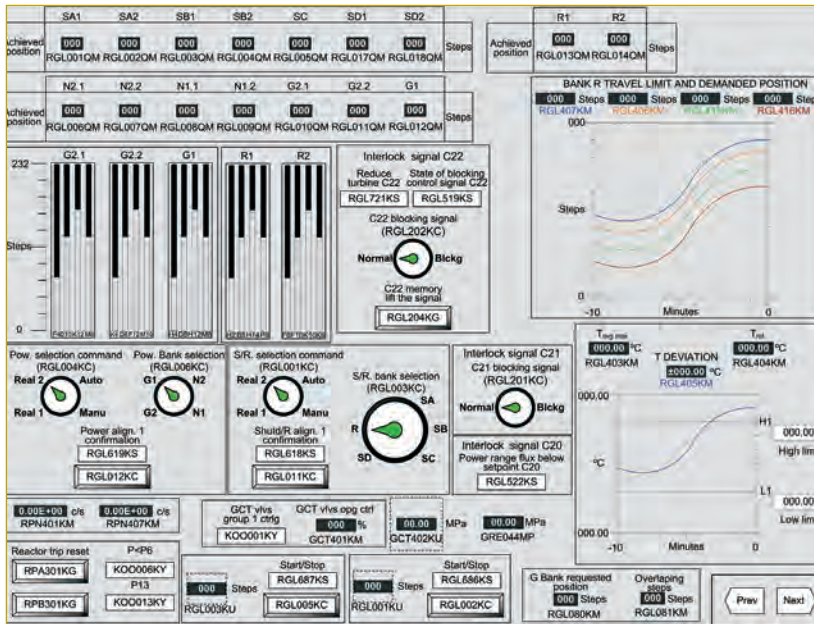


Figura 4. Display alto nivel.

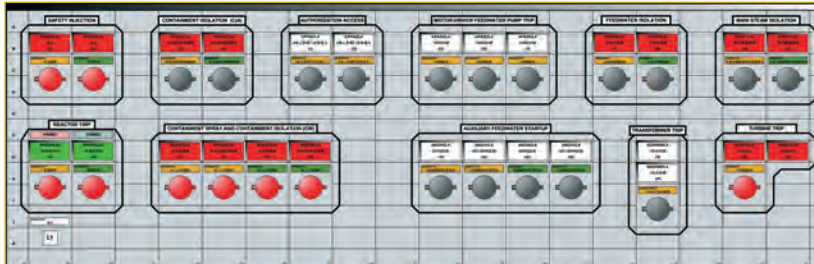


Figura 5. Diseño mosaico del panel de emergencia.

tividad de la sala de control y tener un impacto negativo en la operación que podría implicar un rediseño de esta, con los consiguientes costes asociados.

El Plan de Modernización permitirá:

- Tener una visión, antes de realizar los cambios, de cómo será la IHM final y en cada una de las fases de la modernización
- Asegurar la consistencia e integración de los cambios en la IHM a lo largo del tiempo
- Asegurar que los problemas de IFH que pudieran existir, se han resuelto
- Mejorar la IHM existente haciendo un uso apropiado de la tecnología asociada a los nuevos sistemas de I&C
- Asegurar que la IHM, tanto al final de la modernización como en las configuraciones intermedias cumple con los requisitos reguladores

Los aspectos que se consideran en el Plan son:

- El Modelo Conceptual de la sala de control modernizada
- La Estrategia de Migración
- Las Guías de Ingeniería de Factores Humanos

Los requisitos más importantes para garantizar un Plan satisfactorio son:

- Involucración del personal de operación. Para que el diseño de la IHM sea efectivo, es necesario que tenga en cuenta las capacidades y experiencia del operador (concepto "human centered"). Cada planta tiene su propio Concepto de operación, basado en las prácticas que se han ido desarrollando con las modificaciones realizadas a lo largo de la vida de la central y en las experiencias de los operadores.
- Capacidades de las nuevas tecnologías disponibles para la IHM. Para definir el Concepto de la IHM final es necesario entender como es una sala de control con una IHM moderna basada en tecnología digital y las diferencias en la forma de operarla respecto a una con IHM tradicional. Aspectos tales como puestos de operación basados en una IHM software, el uso de overview displays, la integración de controles software iE y no iE, el tratamiento avanzado de alarmas o la gestión de los fallos de la I&C e IHM deben de ser considerados.
- Aplicación de la Ingeniería de Factores Humanos. Para una adecuada aplicación de la IFH en el desarrollo y posterior implantación del Plan se

requiere una combinación de factores tales como:

- Compromiso de los gestores de la planta.
- Personal con conocimiento y experiencia en IFH.
- Una metodología que permita realizar un proceso adecuado para la Modernización.

Un paso previo a la elaboración del Plan es la recogida de información de planta sobre factores que condicionan la IHM final. Algunos ejemplos son:

- Estrategia de Modernización de los sistemas de I&C. Alcance de los cambios, su planificación así como, las características y funcionalidades de los sistemas que se ha previsto instalar en la modernización. Esto permitirá realizar de forma coordinada los cambios en los sistemas de I&C y en la IHM así como, analizar el alcance de la modernización de la IHM.
- Experiencias, preferencias y recomendaciones del personal de operación, Mantenimiento e I&C. Se realizan encuestas utilizando cuestionarios elaborados de forma que se facilite la obtención de dicha información.
- Problemas asociados a la IHM actual y aspectos positivos de esta que se desean mantener.
- Restricciones de la sala de control. Por ejemplo, espacio disponible para la ubicación o modificación de paneles y consolas, estructura de paneles y consolas, acceso de cables, etc.
- Compromisos adquiridos por la planta relacionados con cambios a realizar en la IHM, por ejemplo relacionados con inspecciones del organismo regulador.

Modelo conceptual de la IHM de la sala de control modernizada

Este Modelo debe mostrar la IHM que se desea obtener al final de la modernización en base al concepto de la operación y el concepto de la IHM modernizada.

El concepto de operación de la sala de control modernizada debe mostrar cómo el equipo de operación va a supervisar y controlar la planta, en cualquier condición operativa (normal, anormal y emergencia), con la IHM modernizada. Esto incluye aspectos tales como:

- Composición del equipo de operación
- Distribución de funciones entre el equipo de operación y los sistemas de I&C, consecuencia de cambios en los niveles de automatización
- Asignación de tareas y estaciones de supervisión y control entre los componentes del equipo en las diferentes condiciones de operación

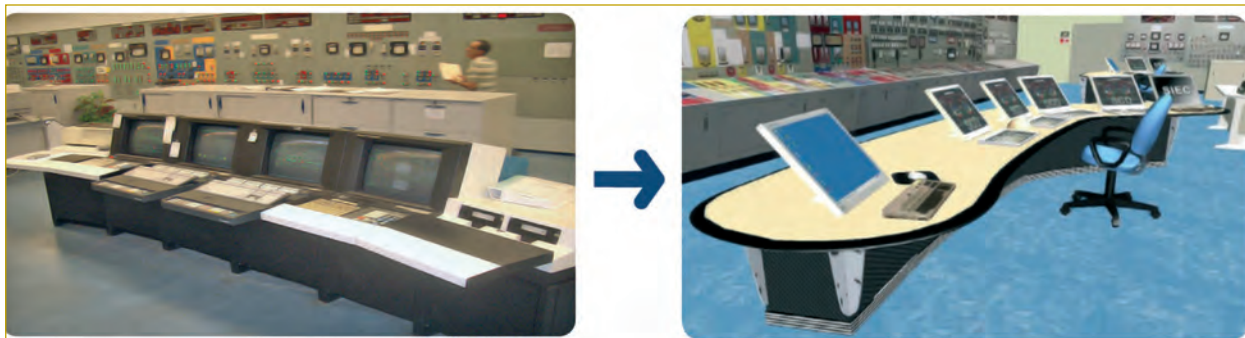


Figura 6. Modernización control de sistemas BOP sala de control de la central nuclear de Cofrentes.

- Coordinación y supervisión del equipo de operación
- Operación en caso de fallo o degradación del sistema de I&C y o de la IHM.

También es importante describir cómo se vigilará el estado de los sistemas y componentes de planta, cómo se alertará en condiciones que requieran de la actuación del operador, cómo se realizará el diagnóstico de los incidentes, cómo se planificarán las actuaciones para resolver los incidentes, cómo se realizará el control de los componentes y sistemas, cómo será la coordinación entre los componentes del equipo de operación y cómo se realizará la supervisión de la operación.

Este concepto puede cambiar con las funcionalidades y grado de automatización de los nuevos sistemas de I&C. Por ejemplo, el operador ahorrará tiempo en tareas de bajo nivel (ej. lecturas de indicadores, comprobar estado de componentes, emisión de informes, etc.) que pueden ser realizadas por el nuevo sistema. Otro ejemplo puede ser cómo el suministro de información de alto nivel y el aumento de la automatización (ej. sistema de diagnóstico de fallos) permitirá al operador realizar una vigilancia de la planta de más alto nivel pasando a supervisar el correcto funcionamiento del sistema automatizado.

El concepto de la IHM de la sala de control modernizada muestra aquellos aspectos que permiten tener una visión de cómo será la IHM modernizada que sea coherente con el concepto de ope-

ración. La experiencia adquirida en el diseño de soluciones para la IHM en las nuevas salas de control es de gran utilidad.

Algunos ejemplos de aspectos que deben analizarse son:

- Cambios en el tipo y estructura de los displays que suministran información al equipo de operación y su distribución en la sala de control.
- Instalación de un overview display ¿Es necesario? ¿Qué tipo de información mostraría?
- Integración de indicadores y registradores “tradicionales” en displays de información.
- Implantación de controles software, ¿Hasta qué grado sustituirán a los “tradicionales”?
- Controles hardware que se mantendrán y los nuevos que se implantarán como respaldo, en caso de fallo de la IHM software.
- Sistema de alarmas ¿va a haber cambios en el modo de presentarlas? ¿se van a aplicar criterios de filtrado y priorización?
- Distribución de paneles, consolas y puestos de operación en la sala de control.

Estrategia de migración

La Estrategia de Migración define los pasos a realizar para modernizar la IHM según avanza la modernización de los sistemas de I&C, con el objetivo de llegar a la IHM final.

La Estrategia deberá contemplar aspectos tales como:

- La planificación y evaluación de las transiciones en la IHM. Por ejemplo, el tamaño y número de fases de la Migración, la forma de cambio de los paneles y sus controles, indicadores y alarmas se hará ¿por sistema de planta o sistema de I&C?, ¿por componentes de la IHM?, ¿por localización física en el panel? o ¿por funciones de sistemas?
- Cambio en el Concepto de operación de la IHM en cada fase de la Modernización
- Entrenamiento y cambio en los procedimientos de operación.
- Inclusión de cambios en el Simulador.
- Integración de los fallos de la IHM en los procedimientos de operación.
- Requisitos reguladores.
- Evaluación de configuraciones híbridas.

Un aspecto importante a destacar en la Estrategia es la evaluación de las configuraciones híbridas provisionales. La realización de modernizaciones por etapas da origen a IHM híbridas provisionales que deben de ser evaluadas con objeto de garantizar que no hay problemas de operación de la IHM, ni de coordinación entre los miembros del equipo, ni de seguimiento de los procedimientos.

Algunos ejemplos de situaciones que se pueden plantear son:

- Diferencias en el diseño y operación entre diferentes sistemas, o entre diferentes secciones de la IHM cuando estas se tienen que usar juntas o de forma alternada por el operador



Figura 7. Modernización computador de planta de la central nuclear de Trillo.

- Tareas de control que requieren el uso de controles digitales y analógicos.
- Diferencias en el nivel de automatización entre los controles digitales y analógicos.

Desarrollo de guías de Ingeniería de Factores Humanos

Se deben desarrollar dos tipos de guías, para el Diseño de la IHM y para su proceso de implantación.

Las Guías de Diseño de la IHM están basadas en estándares internacionales (por ejemplo, NUREG-0700) y suministran los criterios de IFH a considerar durante el diseño de los diferentes elementos de la IHM. Estas Guías se utilizarán a lo largo de las diferentes fases de la Modernización. Algunos ejemplos de su uso son:

- Fase de Especificación: Cuando se elaboren las especificaciones de requisitos de los componentes de la IHM (diagramas, displays, consolas de operación, paneles, etc.).
- Fase de Diseño: Servirán de base para el desarrollo de las especificaciones de diseño y Guías de Estilo de los nuevos diagramas y displays de los sistemas en los que se cambia su interfaz de usuario, de elementos físicos a displays

de ordenador (ej. Soft controls, diagramas, gráficos, displays de información) así como, para el layout y diseño de los puestos de operación.

- Fase de pruebas: Proporcionarán criterios para la Verificación y Validación de la nueva IHM.

Las Guías para el proceso de implantación de la IHM, describen el programa de IFH que debe aplicarse en la modernización de la IHM. Permiten la adaptación de un programa de IFH genérico, basado en estándares internacionales (por ejemplo NUREG-0711) a las modificaciones específicas de la planta. Estas Guías están basadas en estándares internacionales (por ejemplo NUREG-0800, R.G.1.174, NUREG-1764). Con ellas se clasifica la modernización de la IHM de cada sistema, desde el punto de vista de IFH y en función del nivel de riesgo. Mediante esta clasificación se asocia a cada modernización un nivel de aplicación del programa de IFH acorde con la envergadura de la modificación.

Es importante, y en este sentido se ha orientado las metodologías específicas para la modernización de salas de control, que el alcance de las actividades de IFH esté optimizado y planificado de forma eficiente para que el coste de dichas actividades no resulte gravoso comparativamente al coste de la modernización.

CONCLUSIONES

Ante las enormes capacidades de los nuevos sistemas de I&C digital cobra especial relevancia el análisis detallado de ingeniería de factores humanos al objeto de determinar la interfaz idónea para el operador teniendo en cuenta las tareas que debe afrontar en cualquier condición de operación de la planta. Esta interfaz conjuntamente definida a partir del concepto de operación definirá el diseño de la nueva sala de control o de la modernización en el caso de una sala de control ya existente.

La experiencia en el diseño de nuevas salas de control, en lo que se refiere a metodologías y cumplimiento de estándares internacionales, pueden y deben ser utilizados para facilitar los proyectos de modernización de las salas de control actuales.

En los proyectos de modernización de las salas de control, la realización de análisis individualizados de Ingeniería de Factores Humanos para cada modificación de I&C, conjuntamente con un análisis global a largo plazo del impacto de estos cambios en la sala de control, asegurará que las capacidades de los nuevos sistemas de I&C se emplean y se integran de la forma más eficiente posible para facilitar la operación segura y fiable de la central. ■

¿Plantas nucleares más eficientes y productivas?

Por supuesto.



Como líder mundial en tecnologías electrotécnicas y de automatización, ABB dispone de una red internacional de servicio al cliente formada por expertos de primera categoría. Nuestro equipo de profesionales posee una amplia experiencia en los servicios asociados a la extensa base instalada de productos y sistemas de ABB, así como en el diseño, ingeniería y puesta en marcha de soluciones que permiten aumentar la eficiencia energética, productividad y seguridad de cualquier tipo de planta de generación eléctrica. Para nuestro equipo de servicios, el éxito de nuestros clientes es nuestro propio éxito. Cuenta con nosotros para conseguirlo. www.abb.com/service

Power and productivity
for a better world™

