

# Actuaciones en Recarga. Sustitución de Equipos. Cambio de MSR (*Moisture Separator Reheater*) en una central nuclear

D. de los Reyes

En los últimos años, se han realizado grandes inversiones en la renovación tecnológica de equipos de las centrales nucleares existentes. Inversiones rentables, orientadas a conseguir el resultado de un aumento de potencia eléctrica, generada a través de la mejora en el rendimiento de la central. Las empresas de mantenimiento han de adaptar su personal y recursos para éste tipo de "mantenimiento modificativo"

Una de estas mejoras ha sido la sustitución de los MSRs, equipos del sistema de vapor principal situados en el edificio de Turbina.

Este artículo intenta reflejar el desafío que supone la sustitución de equipos de grandes dimensiones y peso con la singularidad de ser realizados para una instalación nuclear.

*In the last years, great investments have been realised in the technological renovation of equipment of the existing nuclear power stations. Profitable investments, oriented to secure the result of an increase of electric power, generated through the improvement in the yield of the power station. The maintenance companies have to adapt their personnel and resources for this one type of "modifying maintenance". One of these improvements has been the substitution of the MSR'S, equipment of the main steam system located in the building of Turbine. This article tries to reflect the challenge that supposes the substitution of equipment of great dimensions and weight with the singularity of being realised for a nuclear power plant.*



**DAVID DE LOS REYES PÉREZ**

es Ingeniero técnico aeronáutico y trabaja como jefe de Obra en la empresa MONCASA (Moncobra Proyectos y Montajes).

En Central Nuclear de Almaraz es responsable de Mantenimiento mecánico y modificaciones de diseño, en dicha central realizó la sustitución de los MSR, equipos descritos en este artículo.

En el Centro de Residuos de Baja y Media Radioactividad (RBMA) de El Cabril realizó tarea de desmontar y montar los techados móviles encargados de la manipulación de los contenedores de residuos.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha optado por realizar inversiones en la renovación tecnológica de equipos de las centrales nucleares existentes.

Las nuevas tecnologías, nuevos materiales y nuevas técnicas disponibles han permitido que el cambio de elementos y equipos existentes suponga una mejora en la fiabilidad y seguridad de la instalación. Además suponen una inversión rentable dado que dichos cambios vienen avalados por un aumento en la generación de potencia eléctrica.

La cultura del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo se ha complementado con un nuevo concepto el cual va adquiriendo cada vez mayor relevancia, conocido como mantenimiento "modificativo".

## Aumento de potencia. MSR

La justificación en cuanto a la inversión para la sustitución de equipos viene avalada por un incremento en la producción a través de mejoras en el rendimiento de la planta, por lo que a todas luces supone una inversión rentable.

La empresa a la que pertenezco ha estado presente en la sustitución de diferentes equipos en las centrales nucleares en las que trabaja y, de especial relevancia es el hecho de que en los últimos años ha participado directamente en la sustitución de los MSR "Moisture Separator Reheater" (Calentadores separadores de humedad).

Estos equipos recuperan el vapor del circuito primario. Este vapor, tras pasar por el cuerpo de alta de la turbina, se seca y recalienta para obtener mayor rendimiento en el ciclo termodinámico que experimenta.

## Dificultad en el montaje

Desde el punto de vista de instalador, la mayor dificultad que se nos presenta a la hora de emprender el desafío de la sustitución de cualquier equipo es el hecho de que no siempre es válido el procedimiento de movimiento de dichos equipos utilizado en fase de construcción. Esto es debido a diferentes motivos, como puede ser, reducción de espacio de maniobra u otros condicionantes. Por lo tanto, hay que estudiar y diseñar nuevos elementos

auxiliares que faciliten el desmontaje, extracción, introducción y montaje de los mismos.

Por otra parte un segundo elemento que dificulta el trabajo es la variable temporal puesto que estos trabajos no se ejecutan bajo un tiempo convencional de construcción. Todos los cambios se realizan en el periodo de recarga de combustible del reactor/núcleo por lo que el estudio previo de actividades y una buena planificación optimizada al detalle se hace indispensable.

Adicionalmente la carga de personal es otro factor a tener en cuenta dado que, aunque el volumen de trabajo sea elevado, por condiciones de espacio y de interfases con otros trabajos el número de trabajadores implicados en la ejecución de los trabajos está limitado.

Aparte de lo comentado en el párrafo anterior también hay que tener en cuenta la especialización del personal que ejecuta los trabajos. Aquí existe una pequeña dificultad añadida, dado que si estos equipos no se cambian habitualmente, resulta complicado disponer personal con experiencia en trabajos similares.

### Preparación de los trabajos

Como hemos comentado anteriormente la preparación supone el 75% en la ejecución.

- **Análisis de trabajos:** Para una buena ejecución de los trabajos es necesario el conocimiento en profundidad de la modificación a realizar fundamentada en experiencias anteriores, para ello se emite un listado de actividades que recogen en detalle cada parte de la ejecución.
- **Programación:** Dado que el tiempo es limitado es necesario una ubicación de la lista de actividades en el tiempo para llegar a un buen fin y para identificar las interfases con otros trabajos
- **Variables del entorno.** En el estudio hay que considerar variables externas

a nuestro propio trabajo que pueden afectar notablemente su ejecución. Estas variables consideradas son altas temperaturas, viento, sobrecarga permitida en suelo, radiación etc.

- **Dependencias directas.** En la ejecución normalmente están involucradas varias empresas al mismo tiempo las cuales necesitan coordinarse para realizar el trabajo en orden y seguridad. Como ejemplo claro en este tipo de instalaciones son los trabajos de andamiaje, aislamiento, instrumentación, eléctricos y mecánicos.
- **Interferencias con otros trabajos.** Aparte de los trabajos que analizamos también hay que tener en cuenta otros trabajos que se realizan durante la parada y que nos pueden afectar indirectamente en una restricción de espacio, un uso compartido de recursos, como puede ser el puente grúa de Turbina, etc.
- **Análisis de camino crítico:** el análisis de los trabajos, la programación y las interfases nos dan como resultado el camino o ruta crítica del programa. Este camino crítico identifica aquellas actividades que al verse afectado su inicio, o duración provocan directamente un alargamiento en la duración total de ejecución del proyecto. Conociendo estas actividades podemos anticiparnos a posibles problemas que pudiesen afectarlas y así poder controlar el programa.

### DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE MSR EN UNA CENTRAL NUCLEAR

A continuación, como modelo de ejemplo de lo anteriormente expuesto describiremos los pasos que se realizaron para el cambio de 4 MSR en la central nuclear de Almaraz.

No pretendemos sea un manual de cómo cambiar equipos o MSR, tan solo exponer un ejemplo práctico el cual apoye el fundamento de este artículo.

Una vez encomendada la tarea del cambio de los MSR procedimos al análisis de todas las actividades implicadas en el cambio. Dichas actividades derivaron en un programa de ejecución. Asimismo se identificaron las interfases con otros trabajos y con las variables del entorno. Como resultado se ejecutaron los trabajos que a continuación se describen.

### Periodos de ejecución

En casi todos los trabajos en las centrales Nucleares y en instalaciones de similares características, se distinguen dos periodos:

- Fase de "Premontaje", periodo inicial en la cual se realizan tareas de recepción de material, prefabricación y preparación de elementos
- Fase de "Montaje", periodo posterior en el que se realiza la ejecución de los trabajos en planta, también conocido como "Recarga" o "Parada".

### Fase de Premontaje en la sustitución de MSR

En esta fase se realizaron las siguientes tareas de:

- Descarga de MSR en campa de acopio temporal.
  - Toma de medidas entre los apoyos y la tubuladura de entrada de vapor principal.
  - Mantenimiento de MSR's presurizados con gas inerte para evitar corrosiones internas.
  - Retirada de tapas de sellado de bocas de tubería para la presurización del equipo previo a los trabajos de montaje.
- Previamente a este periodo los técnicos de la empresa analizaron las variables que afectaban a las actividades anteriormente expuestas.
- Condiciones climatológicas. Se tuvo en cuenta lo que afectaba la temperatura ambiente a la presión del gas inerte contenido en el equipo para su control mediante manómetros.
  - Condiciones de terreno. Se compro-



Figura 1. Detalle de transporte.



Figura 2. Detalle de gateo.



Figura 3. Detalle de estructura de apoyo.

bó la resistencia del terreno para el ganeo de los equipos y su posterior acopio.

- Además se tuvo en cuenta la necesidad del apoyo de una empresa de andamiaje para permitir el acceso donde se requiriese.

Con el resultado del estudio de lo anteriormente expuesto se procedió a la ejecución de los trabajos pertenecientes a esta fase.

Una vez recibida la comunicación de envío de los equipos a la planta, se preparó todo el personal y los medios para proceder a la recepción de los mismos y su descarga.

Los MSR al ser equipos de dimensiones (15,600 mm de longitud x 3,900 mm de diámetro) y pesos elevados (150 toneladas) fueron transportados por plataformas especiales.

Para la descarga de los equipos se optó por utilizar un procedimiento de descarga por ganeo. Pesé a que también se planteó inicialmente la opción de descarga con grúa, tuvo que ser descartada principalmente por problemas de espacio. Además existió un factor importante, y es que los transportes especiales pueden sufrir con relativa frecuencia problemas en el traslado por lo que el riesgo de retraso en la llegada a planta y su posterior descarga suponía el inevitable inmovilizado de grúa lo cual habría derivado en un extracoste demasiado elevado.

El procedimiento de ganeo consistió en la elevación del equipo mediante un conjunto de gatos hidráulicos hasta una altura que permitía el que fuese retirada la plataforma de transporte especial sin carga.

Una vez se retiró el transporte especial, se apoyó el equipo sobre una estructura nivelada que garantizaba la estabilidad del mismo hasta que sea trasladado al interior de la central, para su montaje definitivo.

Durante este periodo se procedió a la prefabricación en taller de la tubería afectada por el cambio del equipo.

Durante el periodo de acopio se controló la presión interna del equipo para

asegura su atmósfera interna inerte.

Con unos días de antelación al inicio de la fase de recarga se procedió a la retirada de las tapas metálicas destinadas a mantener presurizado el equipo durante la fase de almacenamiento previo a la parada y evitar la entrada de cuerpos extraños al interior del MSR.

Fue de vital importancia tomar algunas referencias de medida en los equipos desde los apoyos hasta las tubuladuras principales de entrada y salida de vapor principal. Esta referencia fue trasladada a los equipos viejos previamente a su retirada para hacer que los cortes de las tuberías existentes resultaran coincidentes.

### Fase de Montaje

En esta fase se realizaron las siguientes tareas de:

- Marcado y retirada de aislamiento en zonas de corte de tubería para liberar los equipos.
- Retirada de Tubería de salida de Vapor principal a turbina. (Cross Over).
- Izado y retirada de MSR viejos para ser transportados posteriormente a campa de chatarra.
- Carga y transporte de MSR nuevos hasta el edificio de turbina para posteriormente ser izados y montados en su posición definitiva.
- Reconexión de tuberías a los equipos y montaje de soportes de tubería.
- Aislamiento del equipo y tubería asociada.

Previamente a este periodo los técnicos de la empresa analizaron las variables que afectaban a las actividades anteriormente expuestas.

- Condiciones de descargo: previo al corte de cualquier tubería necesitamos el descargo de la misma asegurándonos que se ha realizado con la obtención del permiso de trabajo y del documento de descargo.

- Uso compartido de recursos: se analizaron los periodos de uso de la grúa de Turbina dado que hubo que compartir este recurso con otras tareas de



Figura 4. Vista aérea de planta de Turbina en el cambio de los MSR.

mantenimiento

- Además se tuvo en cuenta la necesidad del apoyo de una empresa de andamiaje para permitir el acceso donde se requiriese.

Con el resultado del estudio de lo anteriormente expuesto se procedió a la ejecución de los trabajos pertenecientes a esta fase.

Durante el primer día de parada en los que los sistemas comienzan a enfriar se obtuvieron los permisos y descargos correspondientes previos al comienzo de los primeros trabajos de corte. Además se prepararon los andamios para acceso a todas las zonas de trabajo

La secuencia de los primeros trabajos era clara pero había que cerciorarse en que no se cometía ningún error que pudiera suponer una desviación en programa.

Se marcaron las áreas de corte de tubería para poder liberar al equipo viejo, de forma que una vez fue retirado el aislamiento térmico de dichas áreas se procedió al corte de la tubería.



Figura 5. Detalle del corte del Cross Under.



Figura 6. Detalle del útil para la maniobra de los equipos.



Figura 7. Detalle de plataforma de transporte.

Es importante reseñar que tras el corte de la tubería se procedió a taponar las bocas de la parte de dicha tubería que permanecía en planta hasta su reconexión para evitar la entrada de objetos extraños.

En esta fase de "liberación" del equipo hay una parte fundamental, la cual puede suponer hasta 80% del éxito en la sustitución del equipo, el corte de la tubería de vapor principal en la entrada del equipo (Cross Under).

Se trata de una tubería de aproximadamente 42" de diámetro la cual va soldada directamente al equipo. Esta tubería tenía una posición específica en planta, y esta posición había que mantenerla, de lo contrario al poner en marcha la planta con el nuevo equipo podría suponer un movimiento de la misma que afectase o dañase algún elemento cercano o bien podría adquirir cargas que pudiesen afectar a la flexibilidad de la misma.

Para evitar el movimiento de la misma se tomaron las siguientes acciones:

- Se procedió a su inmovilización restringiendo su movimiento mediante el frenado de los muelles que la soportan y mediante otros elementos metálicos.
- Se marcó la posición de la tubería en caliente (antes de la parada) y en frío

para poder detectar posibles movimientos de las mismas.

Por otra parte fue importante en esta tubería el marcado de la línea de corte para posteriormente ser soldada al equipo nuevo.

Fue en este momento donde utilizamos los datos recopilados en la fase anterior de premontaje en la cual medimos la distancia de los apoyos hasta la tubuladura de entrada del vapor principal y lo trasladamos a la posición real de planta.

Con estas dos acciones nos aseguramos que al montar el nuevo equipo no surgirían problemas en el acoplamiento con esta tubería.

Un caso análogo y de similar importancia sucede con la tubería de salida de los MSR (Cross Over). La brida de conexión entre esta tubería y el equipo es recuperada para ser soldada posteriormente al equipo por lo que previo al corte de la misma se han de tomar datos topográficos de nivel, posición y orientación de taladros en la brida para que una vez sea soldada al equipo dicha brida pueda ser ensamblada a la tubería del Cross Over sin problemas.

Una vez liberado el equipo, tuvo lugar una de las fases más delicadas y espectacu-

lares de todo el proyecto, las maniobras de retirada e introducción de equipos.

Por evitar un retraso en las tareas de desmontaje, se decidió no retirar el aislamiento térmico en el cuerpo del equipo viejo. Esto supuso que para no dañar dicho aislamiento, en la maniobra había que diseñar un útil que evitase que las eslingas presionaran el equipo.

Por otra parte, también para una optimización de tiempos, se optó por aislar parcialmente el cuerpo de los equipos nuevos en la fase de premontaje, dicho aislamiento no debía ser dañado, por lo que el sistema de maniobra debía ser válido tanto para la descarga como para la carga de los nuevos MSR.

Hubo que actuar en dos partes:

- Se tuvo que fabricar un útil específico para izar el equipo sin que fuese dañado, además comprobamos que capacidad de la grúa era suficiente para poder utilizarse sin ningún refuerzo o modificación.
- Por otra parte, tras analizar varias posibilidades, hubo que actuar sobre el propio equipo, instalando un bulón en las bases de apoyo de los MSR que permitiese enganchar la maniobra.

La maniobra consistió básicamente en la siguiente secuencia:

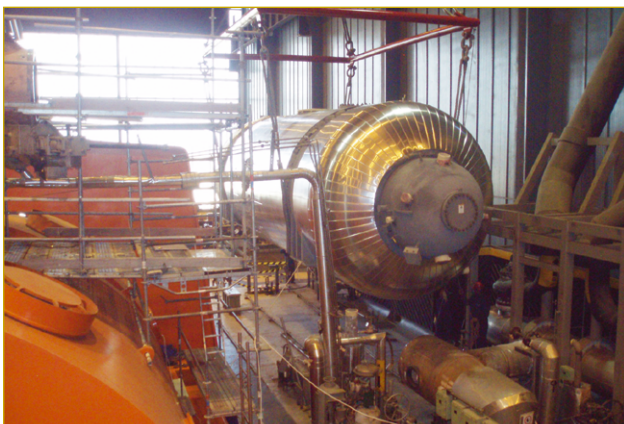


Figura 8. Detalle introducción equipo nuevo.



Figura 9. Detalle de soldadura del Cross Over.



Figura 10. Detalle tubería soldada.



Figura 11. Detalle de montaje de aislamiento.

- Se preparó el útil de izado. Se engancharon los estrobos y los correspondientes grilletes comprobando su correcto montaje
- Se informó a todos los participantes de la maniobra del procedimiento de la misma.
- Se estrobó el equipo a través de los bulones instalados en las cartelas de los apoyos.
- Se izó con la grúa, manteniendo el equipo elevado unos metros durante unos minutos para la estabilización de la carga, y se procedió al movimiento o traslado del equipo a través del edificio de turbina hasta una plataforma teledirigida la cual los transportaría finalmente hasta el área de acopio.

La plataforma de transporte no sólo estaba preparada para soportar altos tonelajes sino que además tenía una capacidad de maniobrabilidad superior a la de cualquier transporte convencional.

Previo a este transporte se analizó si era admisible la transmisión de carga al suelo, el cual en parte era de hormigón, pero en otra era asfalto.

El transporte de equipos nuevos se

realizó con la misma plataforma con la que fueron transportados los viejos.

Previo a la introducción de los equipos nuevos tuvimos que preparar el acoplamiento anteriormente mencionado de la tubería de entrada de vapor principal a los MSR.

Además preparamos la bancada de los apoyos de los nuevos para proceder posteriormente a la nivelación de los mismos

A continuación se procedió con la maniobra de introducción de los equipos nuevos. Esta maniobra es idéntica a la de retirada pero en orden inverso.

También se utilizó para el montaje de los equipos nuevos el mismo útil de izado. En esta ocasión, por petición expresa, los equipos ya vinieron preparados de fábrica para instalar el bulón en los apoyos que permitiese enganchar la maniobra.

Finalizado el posicionamiento de los equipos comenzaron los trabajos de reconexión de tuberías hasta cerrar todos los sistemas.

Durante la instalación de las tuberías se prestó especial atención su protección

para evitar la entrada de objetos extraños o suciedad.

Una vez realizada la soldadura se inspeccionaron mediante ensayos no destructivos definidos el código aplicable o por las especificaciones propias de la central.

El personal que ejecuta estos trabajos es siempre altamente cualificado por tratarse de trabajos en uno de los sistemas principales, más críticos de una central nuclear.

Posteriormente al montaje mecánico se procedió al montaje del aislamiento térmico de los equipos y a las reconexiones correspondientes de instrumentación y sistemas eléctricos.

En todo el proceso anteriormente descrito participaron muchas personas de diferentes sectores profesionales dirigidos para que el éxito de cambio de los equipos fuese seguro y rentable.

## CONCLUSIÓN

Los siguientes equipos o elementos que se decidan sustituir en las centrales nucleares, probablemente tengan una situación similar a la de los equipos anteriormente descritos. Deberemos seguir las premisas básicas de estudio, análisis de los trabajos y preparación de los mismos, para poder ejecutarlo y así poder asegurarnos el éxito del reto que supone este tipo de trabajos.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- "Teoría práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado" 2a Ed. FC Editorial. Año 2.005, por Francisco Javier González Fernández.
- "El mantenimiento, fuente de beneficios" Editorial Díaz de Santos- Año 1992, por Jean-Paul Souris.
- Archivos de MONCASA y MONCOBRA
- Revista Nuclear España.■

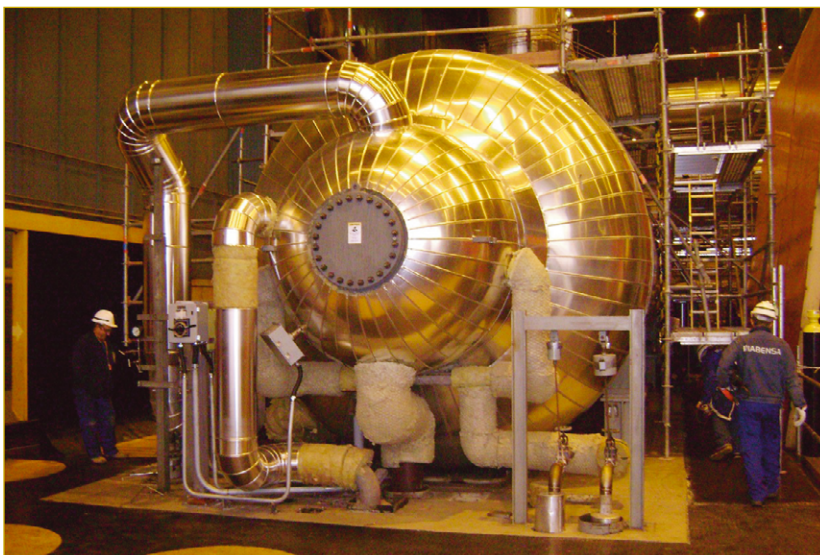


Figura 12. Detalle de montaje eléctrico.