



Alan BECKMAN, ingeniero civil de la Universidad de Maryland, es el Director de Proyectos de sustitución de generadores de vapor de Bechtel y como tal responsable de los proyectos actualmente en ejecución en V.C. Summer, R. E. Ginna y North Anna 2 así como del recientemente terminado en North Anna 1. En los últimos años Alan Beckman ha participado en todos los proyectos de sustitución, desde estudios de ingeniería a contratos de construcción, llevados a cabo por Bechtel: Turkey Point, H. B. Robinson, Indian Point y Palisades.



Julián GOROSARRI es el Jefe del Proyecto de Sustitución de los Generadores de Vapor en Central Nuclear Almaraz donde trabaja desde 1973. Ingeniero industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Bilbao y Diplomado en Ingeniería Nuclear por el Instituto de Estudios Nucleares, ha desarrollado previamente en CNA las siguientes actividades:

- Colaboración con el Grupo de Pruebas Prenucleares de la Unidad I.
- Coordinador de Pruebas Nucleares de Arranque en la Unidad I.
- Jefe de Ingeniería del Reactor y Resultados.
- Responsable del Seguimiento de la problemática ligada a los Generadores de Vapor y de la Inspección en Servicio General de la Central (ASME XI).
- Jefe de Estudios Nucleares.

SUSTITUCIÓN DE LOS GENERADORES DE VAPOR EN C.N. ALMARAZ I Y II

A. BECKMAN - J. GOROSARRI

Tras la adjudicación al Consorcio Siemens/Framatome del Generador de Vapor de Sustitución (diseño Siemens, tipo anillo de alimentación, fabricación ENSA) y seleccionados también los estudios de compatibilidad/seguridad requeridos para el cambio, C.N. Almaraz comenzó el proceso de contratación del montaje de los generadores.

En base a su propia experiencia en cambios y trabajos en la central y a experiencias de sustitución en otras centrales, CNA diseñó su estrategia de contratación sobre los siguientes puntos:

- a) Concretar los grandes tareas a realizar agrupándolas en paquetes para ser contratados, en principio, por separado.
- b) Cada paquete saldría a petición de ofertas a empresas de reconocida experiencia sin establecer condicionantes previos (ser suministradores del NSSS o del Generador de Vapor de Sustitución) que pusieran en peligro la libre competencia.
- c) Asumir CNA las tareas que la experiencia propia, los cambios en otras centrales, razones de seguridad o legislación al respecto aconsejaran.
- d) Realizar CNA, mediante una organización creada "ad hoc", la supervisión de los trabajos y la coordinación general de las organizaciones participantes.

Con estas ideas CNA preparó la especificación de petición de ofertas del paquete principal ligado al cambio de generadores de vapor.

La petición se cursó a cuatro compañías declinando la presentación dos de ellas y compitiendo por la adjudicación el Consorcio Siemens/Framatome y CONBEG (Bechtel, Entrecanales y Gestec).

Hecha la comparación de ofertas se decidió a adjudicar el trabajo a CONBEG firmándose el contrato el 8 de junio de 1994. El alcance y proceso de cambio se verá más adelante.

CNA se reservó la contratación directa de las siguientes tareas:

1. Diseño y Construcción del Almacén Temporal de Generadores Viejos (ATGV).
2. Suministro y Montaje del Aislamiento Térmico de Generadores de Vapor.
3. Transporte de los Generadores Nuevos desde ENSA (Santander) a la Central, vía Sevilla.

Finalmente CNA ha asumido directamente, con refuerzos personales exteriores contratados, los servicios necesarios para el cambio de los generadores relativos a:

- Protección Radiológica.
- Tratamientos de Residuos.
- Descontaminaciones de Equipos.
- Lavandería.

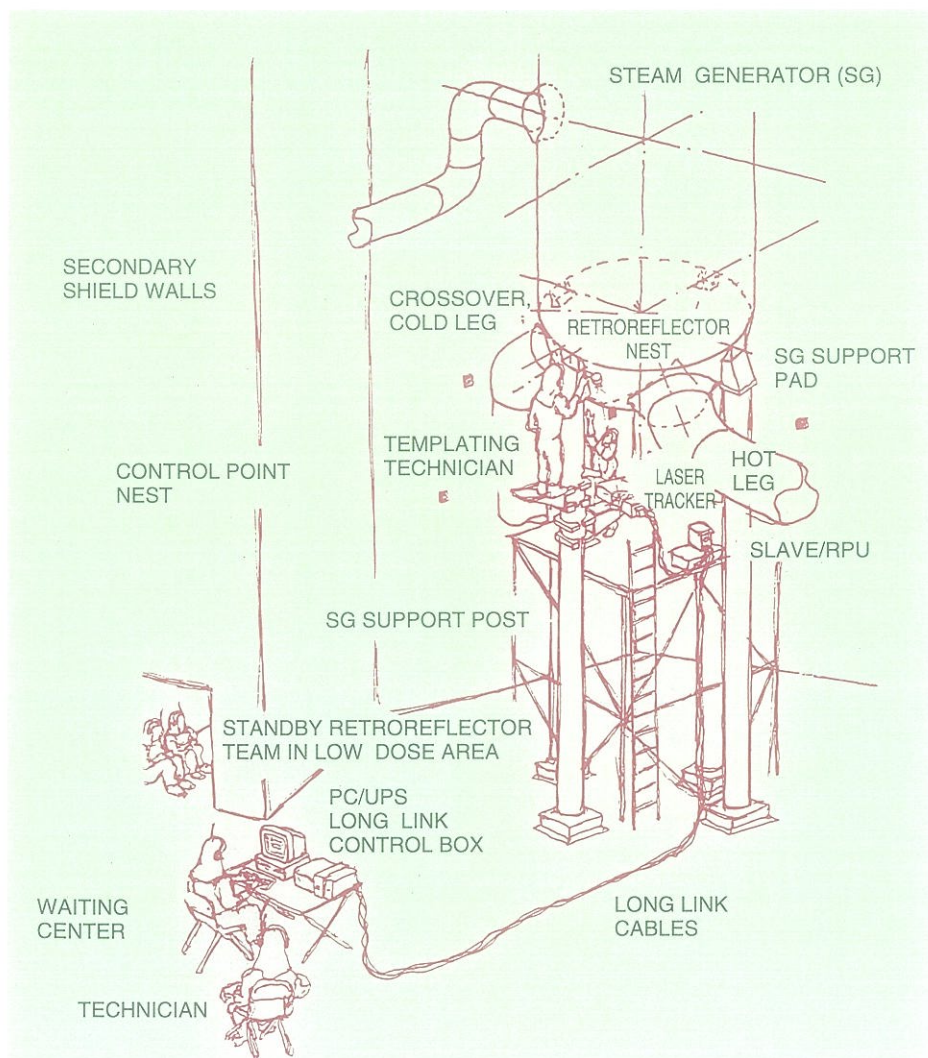
Por último merece la pena destacar que con el cambio de los Generadores de Vapor, CNA no sólo resuelve de raíz el problema de materiales que presentan los Generadores de Vapor actualmente en operación sino que además consigue:

- a) Prolongar la vida útil de la Central en lo que a los Generadores de Vapor se refiere (Diseño GG.VV., 40 años).
- b) Disminuir drásticamente los gastos de inspección y mantenimiento que los GG.VV. han llevado consigo en cada recarga.
- c) La posibilidad de incrementar la potencia térmica actual de la Central, en lo tocante a los Generadores, en torno a un 8% dada la mayor capacidad de transferencia de calor entre el RCS y el Circuito Secundario.

Estas mejoras, si se consiguen desarrollar y poner en práctica, fundamentalmente la relativa al incremento de potencia de la central, podrían, si no justificar "per se" la inversión, al menos aliviar el gran esfuerzo inversor que el proyecto de cambio exige.

APERTURA DEL HUECO EN EL MURO DE CONTENCIÓN

Las actividades de parada y trabajos de sustitución de Generadores de Vapor (SGV) se iniciarán antes del



F1 Laser templating. Steam Generator RCS Nozzles.

comienzo de la parada. En el exterior del edificio de contención, en la zona donde se realizará la apertura del hueco de contención, se levantará una plataforma de montaje. Inicialmente, esta plataforma temporal se utilizará como plataforma de trabajo para abrir el hueco en el muro del edificio de contención, y posteriormente como plataforma de montaje para la extracción de los Generadores de Vapor antiguos del edificio de contención y para la instalación de los Generadores de Vapor nuevos. Se iniciarán los trabajos de apertura en el momento de parar la Unidad. Se determinará el método preciso para la apertura del hueco en base a una maqueta de tamaño natural, en la que CONBEG llevará a cabo pruebas de testigos de hormigón, cortes con hilo de diamante, cortes de muro con cuchilla giratoria de diamante y demolición por otros medios. Se seleccionará el método óptimo en base a consideraciones de plazo, y los equipos de trabajo recibirán formación sobre todos los aspectos de dicho método. El liner interno del muro de contención será cortado y extraído con el hormigón (en cuyo caso será desechado y sustitui-

do por un nuevo liner), o bien será cortado, extraído y reutilizado tras la extracción del hormigón.

ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE GENERADORES DE VAPOR

Durante la realización de la apertura del hueco en el muro de contención y la descarga del combustible del reactor, los trabajadores de CONBEG realizarán las siguientes actividades:

- Extracción del aislamiento de los Generadores de Vapor antiguos y tuberías, realizando una descontaminación/limpieza de la superficie exterior de los GG.VV. antiguos y cubriéndola con una pintura de sellado para fijar cualquier contaminación suelta.
- Instalación de sistemas temporales de aire y eléctricos para dar soporte a las actividades de sustitución.
- Instalación de andamios para las actividades del trabajo
- Traslado de herramientas y equipos hasta el interior del edificio de contención.

- Instalación de dos grúas temporales montadas en pedestal para ayudar en el traslado y manejo de materiales y equipos dentro de la contención mientras que la grúa polar está destinada a las actividades de montaje de los GG.VV.

- Eliminación temporal de obstáculos (eléctricos, tuberías, instrumentación, estructurales) para permitir la extracción y sustitución de los GG.VV.

TRABAJOS EN TUBERÍAS

Conforme termine la descarga de combustible del reactor, se iniciarán los trabajos de corte de las tuberías de vapor principal, agua de alimentación, circuito de refrigeración del reactor y otras tuberías unidas a los generadores de vapor.

La tubería de vapor principal se cortará en la tobera del GV empleando un soplete oxiacetilénico montado en carril, y en el recorrido horizontal o vertical del tubo (en función del diseño final) empleando una máquina fresadora de rodadura. Los tramos de tubería de VP se sacarán para permitir la extracción de los GG.VV. Una vez instalados los generadores de vapor, se soldará de nuevo en su sitio la tubería de vapor principal.

La tubería de agua de alimentación se cortará en la tobera empleando un soplete oxiacetilénico montado en carril. La tubería de agua de alimentación existente será cortada y extraída, y se instalará un sistema de tubería de agua de alimentación de nuevo recorrido según necesidades para acomodar los nuevos generadores de vapor (diseño de anillo de alimentación superior frente al diseño de economizador inferior del modelo antiguo [GVs D-3]). También se instalarán nuevos soportes para las tuberías del sistema de agua de alimentación.

TUBERÍAS DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN DEL REACTOR

Antes de cortar las tuberías del circuito de refrigeración del reactor en las toberas de los generadores de vapor, se realizará una plantilla óptica utilizando tecnología láser para determinar los puntos de corte, y para determinar la situación final de los mecanizados para las juntas de soldadura. (Ver fig.1) Antes del corte, se instalarán sujetos temporales para impedir el movimiento durante el corte de las tuberías del circuito de refrigeración del reactor. Se montarán sobre las tuberías del circuito de refrigeración máquinas mecánicas de corte de impulsión hidráulica, realizando después los cortes. Una vez extraídos los generadores de vapor antiguos, se procederá a la descontaminación de los restantes tubos y codos en caliente y de cruce ['hot leg' y 'cross-over leg'].

La descontaminación se realizará mediante un sistema de limpieza de chorro de "Sponge-grit" en seco. Este sistema se utilizó con éxito en el proyecto de SGV de V.C. Summer, para alcanzar factores de descontaminación de 10. Tras la descontaminación, se colocarán blindajes en los extremos abiertos de la tubería, para reducir la dosis de radiación a los trabajadores que deberán realizar el mecanizado de preparación para soldaduras y la soldadura para conectar los antiguos codos de la tubería del circuito de refrigeración a los generadores de vapor nuevos.

Se emplearán tornos montados en el diámetro interior para realizar las preparaciones de soldadura en los extremos de las tuberías. Se verificarán los puntos de preparación de soldadura mediante aplantillado láser.

Una vez terminadas las preparaciones de soldadura, instalados los nuevos generadores de vapor y conseguido su ajuste, se iniciarán los trabajos de soldadura de tuberías.

La soldadura de las tuberías se realizará utilizando un sistema GTAW mecanizado, especialmente diseñado para este tipo de tubería. El sistema de soldadura deberá ser de operación remota para reducir la exposición de los soldadores a la radiación. (Ver fig. II) La configuración de las juntas soldadas será un diseño optimizado de garganta estrecha "narrow-groove" especialmente diseñado para soldaduras de tuberías del circuito de refrigeración del reactor. Este diseño optimizado permitirá reducir el tiempo de soldadura y las tensiones de contrac-



F III

ción del sistema de tuberías. (Ver fig. III) Una vez terminada la soldadura, se realizará el ensayo no destructivo (NDE) exigido por el código para garantizar una soldadura de calidad.

El proceso de trabajos en tuberías de RR, aplantillado, corte, descontaminación, mecanizado, soldadura y NDE será probado en su totalidad y calificado en base a una maqueta de tamaño natural de la cabeza del canal de GV y tuberías de refrigeración del reactor.

Estas pruebas con maqueta se realizarán para que el personal pueda entrenarse en todas las operaciones necesarias para permitir la realización de los trabajos de modo seguro y efectivo en cuanto a hombre-rem (ALARA).

A continuación se describe el método para la extracción de los generadores de vapor antiguos de la contención y la instalación de los nuevos:

- En el exterior de la contención, en línea con el hueco del muro, se levantarán una plataforma de trabajo y un sistema de rodadura sobre cimientos temporales. La parte superior de la plataforma estará aproximadamente

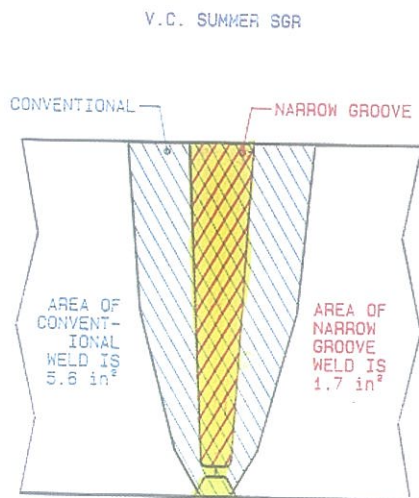
a la misma altura que la parte inferior del hueco en el muro de contención. La plataforma tendrá la longitud suficiente para aceptar la longitud total de un GV. Sus características generales están representadas en la figura IV.

Se montarán dos pórticos corredizos encima de la plataforma, y encima de ellos se colocarán sistemas de gato hidrocable para colgar tanto los GG.VV. antiguos como los nuevos. El sentido de movimiento del pórtico será longitudinal por la plataforma sobre vigas de rodadura que continuarán a una distancia de unos 25 metros más allá del extremo de la plataforma, frente al edificio de contención. La parte de las vigas de rodadura que sobrepasa el extremo de la plataforma será soportada mediante columnas y cimientos temporales.

El remolque se deslizará por debajo de los pórticos una vez trasladados éstos por el borde de la plataforma. Con el remolque y los pórticos en esta posición, los pórticos podrán levantar o bajar los generadores de vapor hasta o desde el remolque. El remolque de transporte será del tipo hidro de plataforma de 14 ejes, remolcado por un gran tractor de cotrapeso, teniendo capacidad de izar, bajar y nivelar la carga mediante su sistema de suspensión hidráulica.

Dentro de la contención, en la zona del hueco, las obstáculos tales como un muro de hormigón, conductos, escaleras y otros varios serán eliminados temporalmente, o cambiados de sitio de forma permanente durante la parada de recarga de combustible de 1995. Un suelo temporal será diseñado y fabricado, colocándolo encima de la cavidad del reactor para proporcionar una gran plataforma de trabajo al nivel de operación.

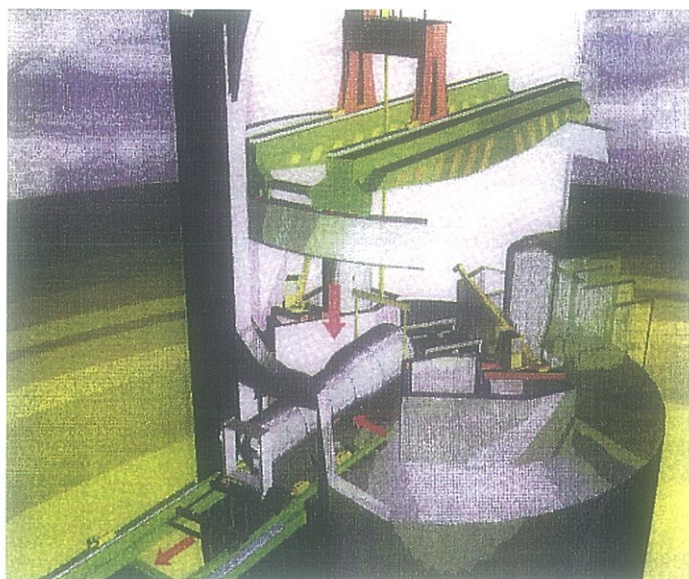
F II



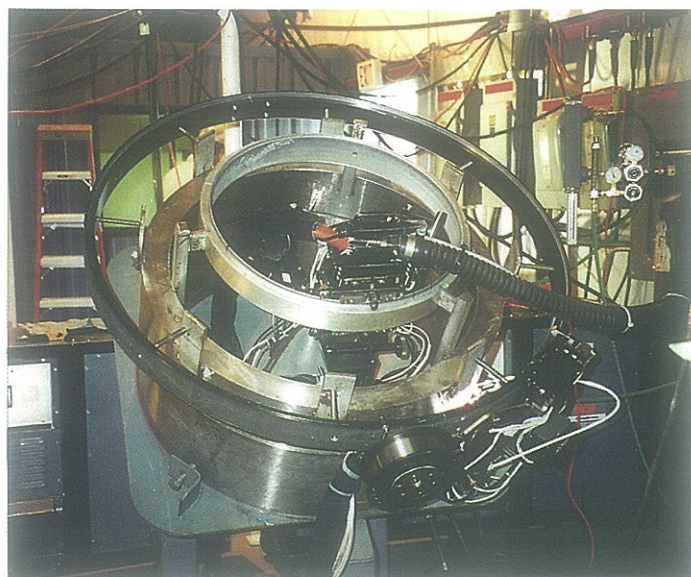
CROSSSECTIONAL AREAS OF WELDS:

CONVENTIONAL = 5.6 SQ.IN. = 100%
NARROW GROOVE = 1.7 SQ.IN. = 30%

NARROW GROOVE
SUPERPOSED WITH
CONVENTIONAL WELD



FIV y FV



Una vez abierto el hueco en el muro de contención, se prolongarán las pistas de rodadura desde la plataforma exterior hasta dentro de la contención, pasando por encima de la cabeza del reactor hasta el borde de la cavidad del reactor.

Se levantará un pórtico portátil encima de la grúa polar. Este pórtico se utilizará para montar una carretilla de construcción encima de la grúa polar. La carretilla tendrá una base corredi-za que permita distribuir la carga por las vigas de la grúa polar conforme avance por ellas. La altura de la carretilla permitirá levantar el GV entre las vigas de la grúa polar para poder salvar los muros de bioblindaje. Se colocará un sistema de elevación por gato de hidrocable encima de la carretilla para levantar las vasijas de los GG.VV. antiguos y nuevos.

Antes de su uso, se realizarán pruebas

de carga del remolque de transporte mediante la colocación de chasis y pesos de ensayo, haciéndole recorrer el trayecto considerado. El remolque con la carga de ensayo pasará por debajo de los pórticos exteriores, y éstos levantarán el chasis y pesos de ensayo, colocándolos en la pista de rodaje de la plataforma exterior. Luego se introducirán los pesos de ensayo en la contención a través del hueco. A continuación, se izará la carga tanto como sea posible, por medio de la carretilla de construcción, y la carretilla y puente serán desplazados hasta el final de su recorrido. Entonces se volverá a bajar la carga de ensayo, y se sacará de la contención.

Una vez retirados los tubos del circuito de refrigeración, demás tuberías y otros obstáculos, comenzará el proceso de extracción de los GG.VV. antiguos.

El Generador de Vapor se fijará a la viga de elevación de la carretilla de construcción, soltándolo de sus soportes y sujeciones temporales. Se levantará hasta que

salve el muro de bioblindaje, trasladándolo después al centro de la grúa polar. La figura V refleja el GV en posición horizontal.

Se trasladará el GV tan cerca como sea posible al hueco, bajándolo y sujetándolo a un carro que se utilizará para girar el GV. La sujeción del GV a este carro permite el giro, tanto horizontal como vertical del GV, necesario para poder salvar todos los obstáculos dentro del camino de montaje interior. Al sacar el carro de la contención, se bajará el GV. Cuando el GV esté horizontal, será colocado encima de unos carros para trasladarse por la pista de rodadura. Se desengancharán el carro y carretilla de construcción, se tirará del GV hasta sacarlo de la contención y colocarlo debajo de los pórticos, a los que se enganchará para ser izado; se trasladará por el extremo de la plataforma hasta el centro del remolque de

transporte donde será bajado a unos soportes de almacenamiento en el remolque. Se desengancharán los pórticos. Se sujetará el GV al remolque y se trasladará al edificio de almacenamiento de GG.VV. antiguos.

Una vez extraídos los tres GG.VV. de la contención y habiéndolos depositado en el edificio de almacenamiento de GG.VV. antiguos, se iniciará el proceso de instalación de los nuevos GG.VV. Se colocarán los nuevos GG.VV. de forma que permitan la colocación del remolque de transporte por debajo para poder levantarlos. Básicamente, el proceso de instalación de los GG.VV. nuevos es el inverso del de extracción de los antiguos.

CIERRE DEL MURO DE CONTENCIÓN

Una vez instalados los Generadores de Vapor nuevos y sacados los equipos de montaje interiores del edificio de contención, se iniciará el cierre del hueco del muro de contención.

El primer paso será el de la instalación del liner. El liner (sea nuevo o viejo) será colocado, ajustado y soldado. Tras la terminación de la soldadura del liner, se realizará el ensayo no destructivo (NDE) correspondiente.

En paralelo con los trabajos del liner, comenzará la instalación de las armaduras. Se empalmarán nuevas barras de acero a los extremos de las barras de acero existente utilizando el mismo proceso de soldadura "cadweld" utilizado en la construcción original. Existe un total aproximado de 400 empalmes a realizar en las ocho capas de redondos de 57,3 mm de diámetro. Una vez instaladas todas las barras, comenzará la instalación del forjado, y después se vertirá hormigón en la apertura, curar el hormigón hasta la resistencia de diseño.

A la vez que se cierra el hueco en el muro de contención, se llevará a cabo el desmontaje y retirada de los equipos, materiales y andamios temporales.

Una vez terminadas todas las soldaduras de las tuberías de los Generadores de Vapor, se realizarán las pruebas hidrostáticas de los lados primario (RR) y secundario, seguidas por la instalación del nuevo aislamiento térmico en los nuevos generadores de vapor y los sistemas de tuberías.

A la vez que se terminan los trabajos de aislamiento, se devolverá el edificio de contención a su condición previa a las operaciones de sustitución y se procederá a la recarga del reactor.

Antes de las pruebas de arranque y tras la terminación de los trabajos de hormigonado del hueco del muro de contención, se realizará una prueba de escape y otra de integridad estructural para garantizar que el muro del edificio de contención se encuentra en su condición previa a la sustitución.