

EXPERIENCIA DEL CONSORCIO FRAMATOME/SIEMENS EN LA SUSTITUCION DE LOS GENERADORES DE VAPOR

G. DORIMINI - T. LANDGRAF

Framatome S.A. y Siemens AG decidieron reunir sus esfuerzos para el suministro y montaje de generadores de vapor con objeto de poner a disposición de sus Clientes la totalidad de la experiencia acumulada por ambas compañías en este campo de actividad. Esta asociación incluye todo el alcance de suministro así como los servicios necesarios para planificar estos proyectos y la ejecución de todos los trabajos de los PSGV.

EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTOS

De 1990 a 1993, Framatome S.A. y Siemens AG adquirieron una gran experiencia en las sustituciones llevadas a cabo en 1983 en Obrigheim (Alemania), en 1989 en Ringhals 2 (Suecia) y desde 1990 hasta 1993 en Dampierre 1, Bugey 5 y Gravelines 1 (Francia). Los pedidos conseguidos por el Consorcio Framatome/Siemens para la realización de las sustituciones de GGV de Ascó I, II, Ringhals 3, Tihange 1 han consolidado la experiencia de ambas empresas y demostrado la capacidad para realizar conjuntamente estas grandes obras aportando cada empresa lo mejor de sus recursos humanos y técnicos.

MÉTODO DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS

La solución adoptada por FRAMATOME/SIEMENS para la ejecución de grandes proyectos en centrales nucleares en operación está basada en la amplia experiencia obtenida por las dos compañías durante muchos años. La metodología que se explica a continuación es común a todos los proyectos que generalmente necesitan cumplir con requisitos estrictos, tales como:

- Estudio de viabilidad y pre-planificación para cada etapa del proyecto, de

los suministros requeridos y de formación del personal, etc.

- Formación de un equipo de proyecto encabezado por ingenieros con experiencia en:

- Gestión global de proyectos,
- Coordinación global de ingeniería,
- Dirección de obra.

Estos ingenieros dirigen el proyecto completo desde el principio hasta el final para asegurar la transferencia del conocimiento adquirido con trabajos anteriores comparables así como la consistencia del trabajo a todo lo largo del proyecto.

- Formación de un equipo de ingeniería con la debida antelación, para preparar con detalle los procedimientos y las especificaciones de cada operario que realice un trabajo en la obra. Este equipo asimismo establece y diseña la cantidad óptima de equipos y herramientas necesarios para las actividades en obra.

El Cliente también queda asociado al trabajo realizado por la ingeniería del Consorcio facilitándose así la transmisión de todas las informaciones.

- Formación del equipo de proyecto que dirigirá la obra en estrecha colaboración con el personal del cliente de la Central.

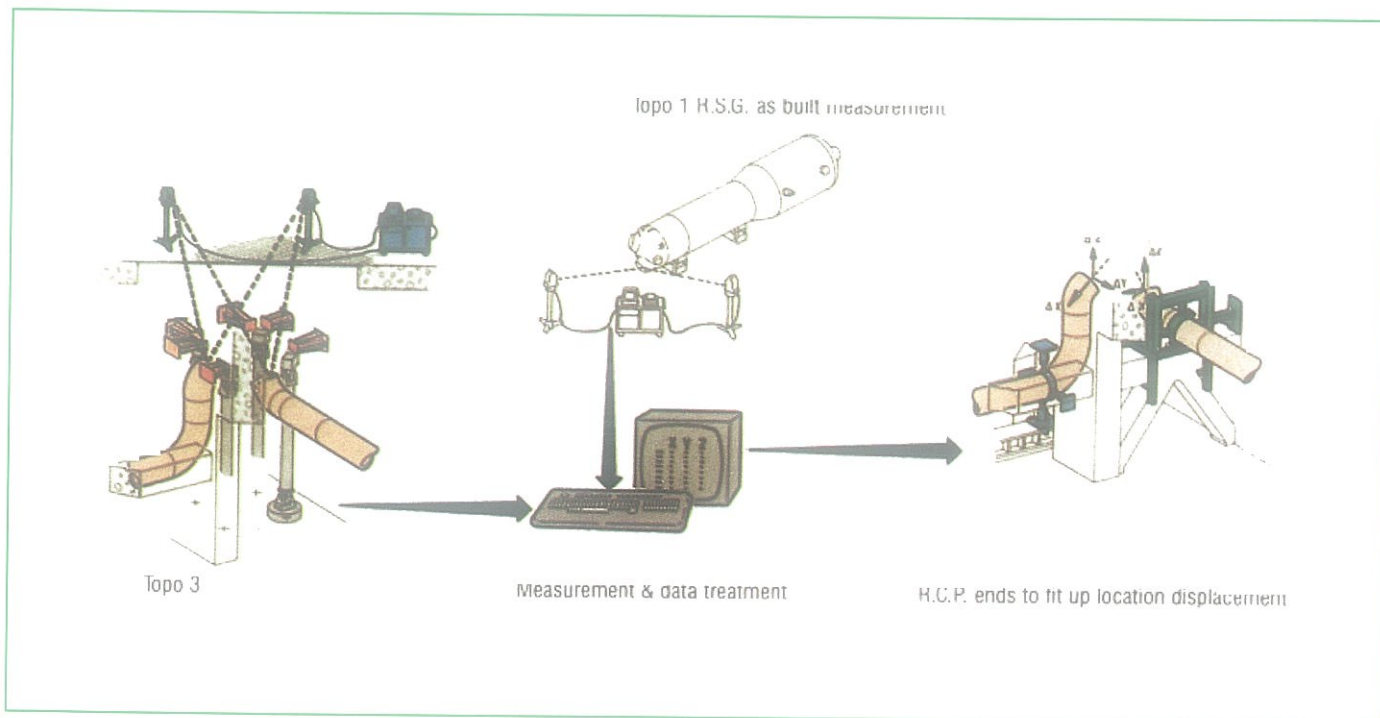
- Implementación de las herramientas y de los métodos standards con todo el detalle posible para asegurar la ejecución de un buen trabajo, disminuir riesgos y salvaguardar el camino crítico durante la sustitución de los generadores de vapor.

Esta actividad comprende entre otras las tareas siguientes:

- Inspección óptica de alta precisión por medio de teodolitos electrónicos asociados a métodos de cálculo de ajuste por ordenador.
- Procesos de fijación que permitan un desplazamiento controlado de las tuberías para el ajuste óptimo del nuevo generador de vapor en los lazos primarios existentes.

G. DORIMINI es Jefe de proyecto de sustitución de Generadores de Vapor de Framatome

T. LANDGRAF es jefe del proyecto de sustitución de generadores de vapor de C.N. Ascó. SIEMENS / KWU



Tipos de medida

- Soldaduras TIG con preparaciones de garganta estrecha, se trata de una técnica de soldadura moderna por control remoto que ofrece muchas ventajas, tales como uniformidad de la calidad de la soldadura, menor cantidad de material de aportación, menor tiempo de soldadura y menor exposición a la radiación.
- Herramientas de corte y soldadura

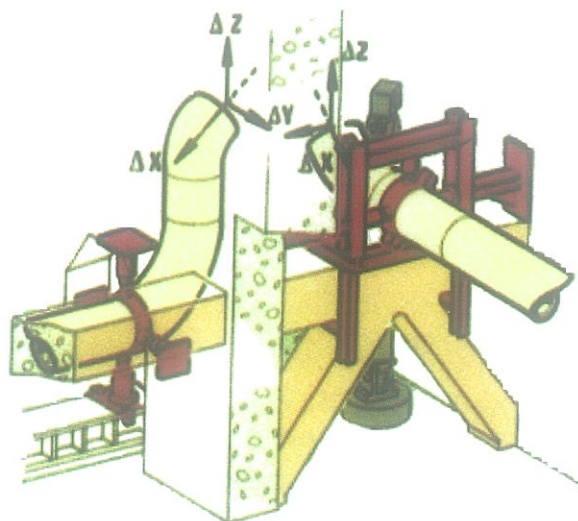
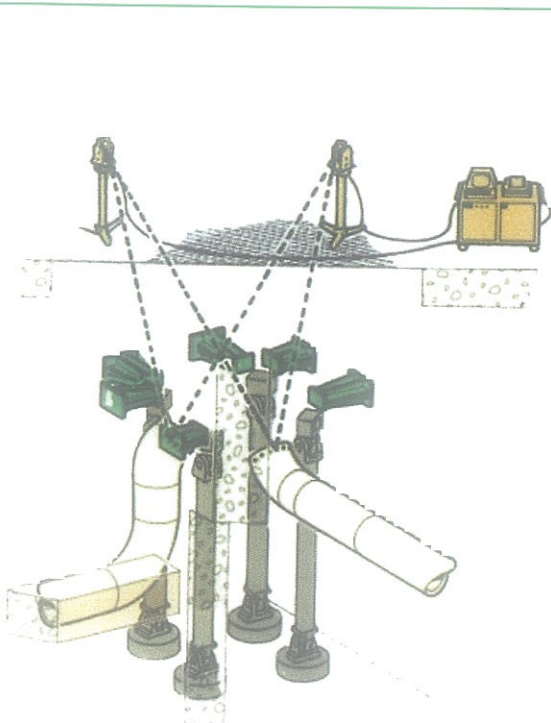
tales como fresadoras por control remoto, mecanización interna de las tuberías y herramientas de corte.

• Procesos de descontaminación mediante chorreado seco para descontaminar los extremos de las tuberías, lo que traduce en un alto grado de descontaminación, generación mínima de residuos, eliminación controlada del material, diseño compacto, menor ex-

posición a la radiación y la realización de soldaduras con superficies limpias.

El alcance de los trabajos suministrados por FRAMATOME/SIEMENS incluye además la formación intensiva y calificación en una maqueta de tamaño real.

La experiencia adquirida en proyectos similares ha mostrado que se trata de



▲ Movimiento de las tuberías a su posición final mediante soportes provisionales

◀ Esquema de medición topográfica

un factor vital que contribuye al éxito de los trabajos.

COMPROMISOS DEL SUBCONTRATISTA

FRAMATOME/SIEMENS soportan la totalidad de la responsabilidad en la ejecución global del proyecto y garantizan todo el alcance de suministro y servicios en cuanto a rendimiento, precios y plazos de ejecución.

Para ello, uno de los requisitos es disponer de los conocimientos y capacidades necesarios para manejar y ejecutar cualquier labor que pueda surgir en relación con el proyecto.

Cualquier subcontratista seleccionado para trabajar en el proyecto tendrá que haber demostrado previamente su calificación a través de actividades comparables realizadas en cooperación con FRAMATOME y/o SIEMENS, o tendrá que haber probado su calificación por medio de auditorías.

DURACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN

El período de tiempo requerido para la sustitución de los generadores de vapor es aproximadamente de 90 días desde la parada en caliente hasta la reconexión a la red, incluyendo los trabajos que en general quedan en el alcance de suministro del Cliente. Esta duración puede variar, tomando en cuentas el número de generadores de vapor a sustituir la importancia de las obras de ingeniería y todos los otros trabajos de mantenimiento que se deben efectuar durante este período de parada.

A continuación se describen los métodos y la experiencia tanto de FRAMATOME como de SIEMENS.

LA EXPERIENCIA DE FRAMATOME EN ACTIVIDADES DE PSGV.

Experiencia Básica

Desde 1984, FRAMATOME Nuclear Services ha estado involucrada en el campo de la sustitución de generadores de vapor desarrollando estudios de sustitución, procesos, técnicas y herramientas para su realización.

Como pronto se hizo evidente que tales sustituciones de generadores de vapor pudieran tener que llevarse a cabo en un elevado número de centrales en FRANCIA (todas las Unidades de 900

MWe están equipadas con tubos de Inconel 600 en los generadores de vapor), la política de FRAMATOME, con el apoyo de EDF, ha sido asignar una gran cantidad de recursos para trabajar en los diferentes aspectos.

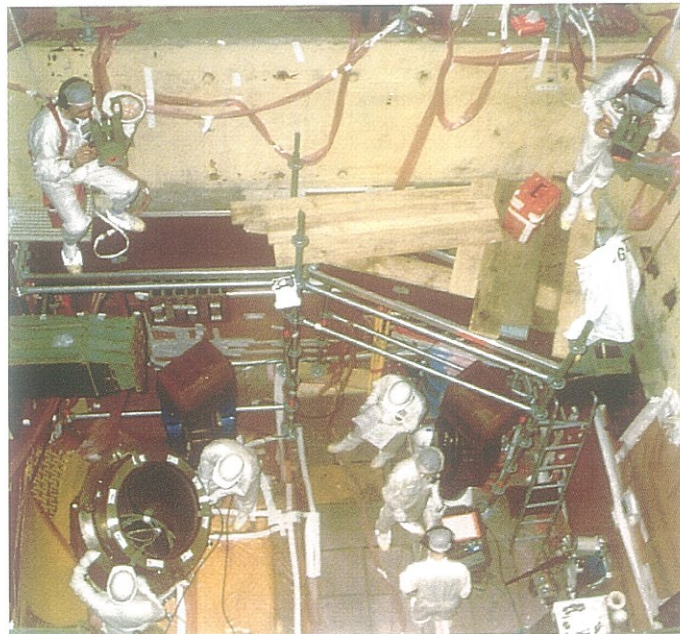
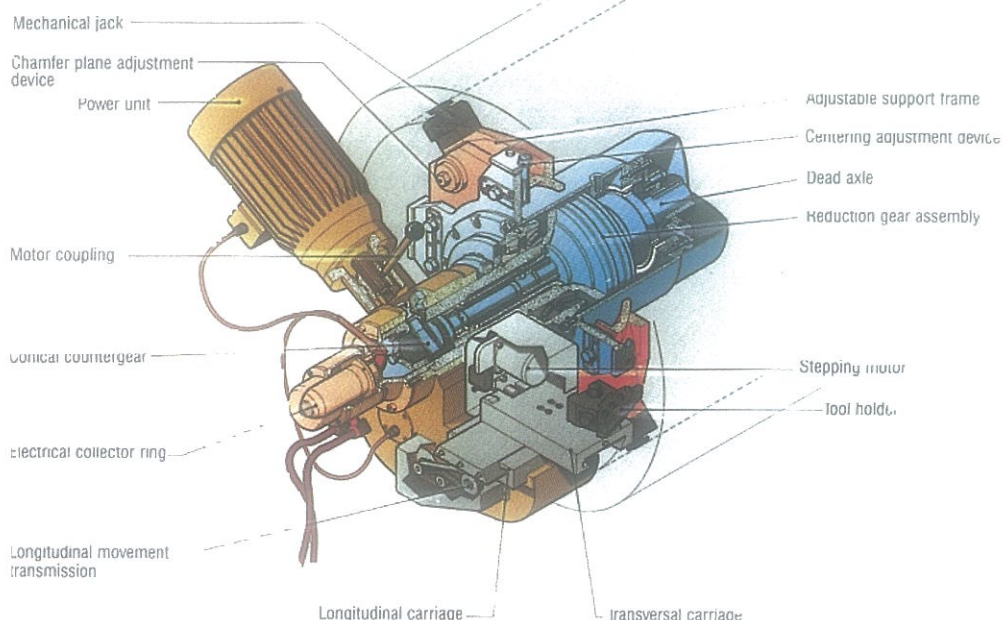
Para FRAMATOME, las actividades de preparación de la sustitución de generadores de vapor llevan aparejados cuatro aspectos principales:

- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle
- Fabricación del utillaje
- Formación y calificación de personal.

A continuación se presentan las características de los cuatro aspectos.

Algunos puntos clave se comprobaron en 1989 durante una aplicación en Penly 2 (unidad de 1300 MWe en construcción), para la ejecución e instalación y en Golfech/Chooz en 1992/93 de la soldadura en garganta estrecha.

FRAMATOME consiguió la adjudicación de un contrato de sustitución de generadores de vapor para Dampierre 1 (1990), Bugey 5 (1993) y Gravelines 1 (1994).



Más tarde, FRAMATOME fue contratada en firme para otras operaciones similares de sustitución (en total 30 generadores de vapor) a realizar en Francia en los próximos años.

Realización de estudios genéricos

Los estudios genéricos se realizaron entre 1985 y 1987, necesitando unas 30.000 horas de ingeniería. Estos estudios cubren la metodología de la sustitución del generador de vapor aplicado a la plantas más antiguas

de Fessenheim y Bugey y a la primera serie estándar de 900 MWe (CP1) así como a la segunda serie (CP2). Un total de 34 unidades.

Entre los distintos campos hacia los que se dirigieron estos estudios, se encuentran:

- circuito primario, con revisión y análisis de distintos escenarios (doble corte y multicorte),
- circuito secundario con revisión de las líneas del secundario, incluyendo corte, extracción, reinstalación, soldadura y pruebas,
- protección radiológica con estimación de la exposición a la radiación para cada escenario,
- planificación del trabajo,

El departamento de ingeniería de FRAMATOME definió el máximo desplazamiento permisible de tubería del primario de acuerdo con el informe de análisis de tensiones.

En conformidad con EDF, se eligió una tecnología y se llevaron a cabo estudios de ejecución que comprendían:

- procedimientos de operación, planes de calidad, procedimientos del emplazamiento, procedimientos de recualificación (ensayos hidráulicos, indicación del nivel del GV, etc.).

Desarrollo de utillaje

Basados en la tecnología seleccionada, se desarrollaron útiles y equipos durante 1986/1987 para:

- 1) fijación y ajuste de tuberías,
- 2) en un principio corte plasma y desde la PSGV de Bugey 5, corte mecánico,
- 3) mecanización, achaflanado,
- 4) equipo de soldadura TOV (TOV = TIG orbital video) para DA1 y soldadura en garganta estrecha para todas otras centrales,
- 5) volteado y extracción del GV

Después del estudio de diseño se creó, ensayó, optimizó y calificó un prototipo de cada uno de los utillajes y elementos.

Tras la calificación en un modelo a escala natural, se fabricaron utillajes industriales (2 unidades de corte por plasma, 3 unidades de mecanización, dos conjuntos de topometría, 7 unidades de soldadura, etc.).

Con el fin de obtener experiencia de campo complementaria, se sacó partido de que había plantas que todavía estaban en construcción en Francia. Se ensayó el utillaje y equipos durante la aplicación de la metodología de sustitución de GG.VV de FRAMATOME en Penly 2 en 1989. Los resultados confirmaron la calidad de su diseño y fabricación. El procedimiento de soldadura en garganta estrecha fue probado y calificado en Golfech 2 y Chooz B1 donde 12 soldaduras se realizaron sin ningún defecto.

Se desarrollaron y seleccionaron para

su ensayo simultáneo dos procesos para actividades de descontaminación:

- el proceso químico (proceso de descontaminación química suave) se implantó en un lazo en Dampierre 1 y en tres lazos en Bugey 5 y Gravelines 1;
- un proceso de electro-descontaminación se implantó en los codos de la tubería primaria de los otros dos lazos después de la extracción del GV viejo en Dampierre 1.

Para la descontaminación química suave, FRAMATOME ha desarrollado y calificado un tapón hinchable especialmente adaptado al proceso químico. El mismo tipo de tapón se utilizó con fines de apantallado durante cortes y soldaduras.

Operación en el emplazamiento de Dampierre 1

La primera operación de sustitución de generadores de vapor en Francia se llevó a cabo del 1 de Marzo de 1990 (fin de la descarga) al 19 de Mayo de 1990 (RCS dispuesto para pruebas hidráulicas).

De acuerdo con los requisitos de EDF, la mayoría de las actividades se realizaron en dos turnos de trabajo por día (cinco días por semana), excepto las de descontaminación, topometría y manipulación.

Durante esta operación, se ensayaron varias tecnologías: topometría y ajuste usando plantillas, sistemas de corte mecánico y plasma, procesos de descontaminación química suave y electro-descontaminación.

Se aprobó que el utillaje y procesos eran muy fiables, especialmente la tecnología de mediciones en 3D. Los buenos resultados obtenidos en relación con el acoplamiento de GG.VV. en Dampierre 1 y Penly 2 (lazo 4) han demostrado que la soldadura en garganta estrecha GTAW puede utilizarse en sustituciones de GG.VV basadas en un escenario de doble corte.

La exposición total a la radiación para la sustitución de GG.VV en Dampierre 1 fue de 2.12 hombreSv, habiéndose respetado en todas las operaciones el principio ALARA y utilizando el método DOSIANA.

Para las sustituciones de Bugey 5 y Gravelines 1, las experiencias fueron muy bajas:

- 1,8 hombreSv para BG5 (Bugey 5),
- 1,49 hombreSv para GR1 (Gravelines 1)

Reacondicionamiento / mejoras

Basados en la experiencia de Dampierre 1, FRAMATOME revisó todas las tecnologías utilizadas en el emplazamiento para mejorar su funcionamiento en el futuro.

Los puntos clave actualmente en desarrollo son:

- proceso de corte mecánico aplicado a la tubería del RCS,
- procedimiento de soldadura en garganta estrecha para la tubería del primario.

Se desarrollaron posteriormente nuevas herramientas y el proceso de soldadura en garganta estrecha se aplicó con éxito en Golfech 2 en 1991 (unidad de 1300 MWe en construcción) antes de ser aplicado hace poco tiempo para las sustituciones de generadores de vapor en Bugey 5 y Gravelines 1.

Todas las soldaduras ejecutadas con esta nueva tecnología se revelaron sin defectos.

Nuevos objetivos para la sustitución de GG.VV. estándar en FRAMATOME

Basado en los resultados de la sustitución de GG.VV en Gravelines 1, los nuevos objetivos para la sustitución de GG.VV estándar son los siguientes:

- Plazo: 39 días desde el inicio del corte hasta la disponibilidad de los circuitos listos para una prueba hidráulica,

- Exposición a la radiación: limitada a 1,5 hombreSv en las mismas condiciones de radiación que en Dampierre 1.

Además, en Europa, con su asociado SIEMENS, FRAMATOME obtuvo la adjudicación del contrato de sustitución de GG.VV en R1/3, ASCO 1/2 y TH1.

Todas estas sustituciones (excepto AS2) y 2 sustituciones en Francia se realizarán en 1995, es decir 5 sustituciones de GG.VV en un año.

LA EXPERIENCIA DE SIEMENS EN ACTIVIDADES DE SGV

Desde 1982, SIEMENS KWU Nuclear Service ha estado involucrada en el campo de la sustitución de generadores de vapor.

Habiendo encontrado problemas con los tubos de los generadores de vapor durante el último decenio, varias sociedades tuvieron que considerar la sustitución de generador de vapor como una opción viable a los métodos de reparación local tal como el taponado o el enmanguitado.

Dado su larga experiencia en el campo de la industria nuclear, la sociedad SIEMENS KWU Nuclear puede proponer a sus clientes contratos LLAVE EN MANO.

Para realizar los trabajos de ingeniería de manera óptima, se establecen equipos especiales para cada proyecto. Todos los especialistas están transferidos, para toda la duración del contrato, desde su departamento hasta el equipo. Los jefes de equipos

están formados para ser jefes de proyecto con una experiencia extensiva en el campo de los servicios nucleares.

Debido al hecho de que los miembros de equipos sólo trabajan en un proyecto y se encuentran en el mismo sitio, las interfaces del proyecto se identifican y establecen desde el mismo inicio del mismo.

Este aspecto del proyecto es muy importante y garantiza el éxito de una sustitución de GG.VV.

Desarrollo y calificación de las técnicas y equipos

Desde 1982, SIEMENS KWU Nuclear Service ha mejorado constantemente equipos y utillajes manteniéndolos siempre a la vanguardia de la tecnología. Las evoluciones de trabajo entre operadores, el utillaje optimizado y el equipo por control remoto fueron armonizados utilizando los elementos siguientes:

- mecanización interna de las tuberías primarias con máquinas de fijación interna y externa por control remoto.
- inspección óptimas por medio de fotogrametría o teodolitos directamente conectados con el computador.
- descontaminación de los extremos de tubería con un equipo de chorreado seco también por control remoto,
- soldadura de las tuberías primarias con un equipo de soldadura en garganta estrecha por control remoto,
- ejecución e instalación de la tubería primaria para controlar las tolerancias requeridas,
- reconexión de los armazones utilizando sistemas de fijación hidráulica para la restauración de las envolturas estructurales de GG.VV o para la restauración de las penetraciones estructurales por medio de sistemas de fijación hidráulica.

Todos los equipos y procesos enumerados arriba están calificados en conformidad con los códigos requeridos así como el personal.

Además, cada etapa del trabajo está simulada y los trabajadores están formados en maquetas de generador de vapor de tamaño real.

Esto permite asegurarse que el equipo utilizado respeta todas las interfaces con la planta y que el personal puede trabajar siguiendo perfectamente las condiciones especiales dentro del edificio de contención.

Experiencia

El ejemplo que sigue de sustitución de generador de vapor de BEZNAU 1

(1993), en Suiza, ilustra bien los resultados positivos de la experiencia acumulada durante un decenio.

Resumen de BEZNAU 1

Los dos generadores de vapor y secciones de las tuberías primarias (RCP) fueron sustituidos en BEZNAU en un tiempo récord. Sólo 44 días fueron necesarios para acabar la operación principal. La baja dosis colectiva de 1,1 hombre Sv también presenta un valor récord.

También en esta planta, fue necesario abrir temporalmente el edificio de contención para permitir un transporte de los generadores de vapor en una sola pieza.

El tiempo mínimo necesario para la sustitución y la reducida dosis asociada fueron posibles gracias a técnicas y metodologías ya probadas, aplicadas durante previos proyectos de sustitución de generador de vapor. Estas incluyen en particular:

- Apertura temporal en el edificio de contención para transporte,
- Montaje interior y exterior de los generadores de vapor por medio de grúas hidráulicas y puentes,
- Corte por control remoto y preparación de los bordes de soldadura de las tuberías primarias.
- Medición óptima de la implantación 3D de la tubería primaria y de la posición de los generadores de vapor,
- Descontaminación mecánica de los extremos de tubería restantes,
- Soldadura TIG automática en garganta estrecha, diez soldaduras en las tuberías primarias realizándose en sólo 22 días.

El éxito de este proyecto se atribuye sobre todo a la detallada planificación y a la cooperación entre las partes implicadas.

El funcionamiento comercial de la Central Nuclear de BEZNAU 1, que está equipada con un reactor de agua presurizada 364 MW de dos lazos de WESTINGHOUSE, empezó en 1969.

Ya en 1971, fue necesario taponar o enmanguitar ciertos tubos de generador de vapor. En 1985, NOK (Nordostschweizerische Kraftwerke) adjudicó a SIEMENS/KWU, con la compañía suiza SULZER THERMTEC, un contrato para el planning detallado de la sustitución de la parte inferior de cada generador de vapor con piezas ya disponibles en el emplazamiento. Todos los documentos requeridos fueron revisados y aprobados por la Autoridades suizas, de tal modo que el trabajo pudiera empezar después de un período de tres meses de preparación. Sobre la base de dos estudios realizados por WESTINGHOUSE y SULZER THERMTEC y verificados por NOK, se decidió que deberían instalarse nuevos generadores de vapor diseñados y fabricados de acuerdo con el estado del arte de

la tecnología. FRAMATOME obtuvo la adjudicación del contrato para la fabricación de los nuevos componentes.

Estudios e investigaciones detallados iniciados en 1989 revelaron que la manera más adecuada para sustituir estos componentes era extraer los generadores de vapor existentes del edificio de contención en una sola pieza y trasladar los dos nuevos generadores dentro del edificio de contención en una sola pieza. Esto significa que tiene que realizarse un apertura temporal de transporte en la sección cilíndrica del edificio de contención, ya que la esclusa de equipo disponible no es bastante grande para permitir que los generadores de vapor pasen en una pieza a través de la misma sin riesgo. El procedimiento para trasladar los generadores de vapor enteros, a través de una apertura de transporte temporal, dentro del edificio de contención era similar al procedimiento adoptado para la sustitución de G.V. de la central nuclear de RINGHALS 2 en Suecia en 1989.

La apertura en el edificio de contención tendría que efectuarse a nivel del suelo de servicio. Después de acabarse las operaciones de transporte y sacar los equipos de montaje y levantamiento del edificio de contención a través de esta apertura, tendría que cerrarse de nuevo. La integridad completa del edificio de contención deberá garantizarse tras la sustitución.

En agosto de 1990, el Consorcio que incluía Siemens AG/KWU y SULZER THERMTEC Ltd., bajo la dirección de Siemens AG/KWU, obtuvo la adjudicación de un contrato para una sustitución de G.V. El alcance de la responsabilidad del Consorcio, en relación con la sustitución de G.V. incluía:

- la especificación de ingeniería,
- el planning de todas las operaciones incluyendo la creación de toda la documentación necesaria,
- un planning detallado de todas las tareas,
- la generación de documentos de inspección requeridos y la obtención de las autorizaciones necesarias,
- compra y suministro de todas las materias y equipos requeridos,
- realización del trabajo,
- preparación y entrega de la documentación.

CONCLUSIÓN

La experiencia de sustitución de GG.VV. descrita aquí ilustra de manera concluyente que FRAMATOME S.A. y SIEMENS AG son totalmente calificados para realizar una sustitución de GG.VV. cuando se consideren los requisitos de calidad, de coste y de duración de parada de los Clientes.