

# PROYECTO DE REPARACIÓN DEL QK-01 DE CNA-1

Juan C. Pizzaferrí\*, Pedro Cabot



AR9800022

Central nuclear Atucha I-Nucleoeléctrica\* S.A.; Grupo Soldadura - Unidad de Actividad Ensayos Estructurales (ENDE) - Comisión Nacional De Energía Atómica (CNEA)  
Av. del Libertador 8250 - (1429) -Buenos Aires - Argentina  
e-mail: cabot@cnea.edu.ar

La reparación / mantenimiento del Enfriador del Moderador QK-01 de CNA 1 será un caso sobresaliente de reparación de un componente nuclear clase 1 en un ambiente de alta radiación, utilizando equipamiento sofisticado de acción remota. En este se describen características de diseño del componente, objetivos del mantenimiento, y las facilidades y procedimientos desarrollados en el marco del proyecto para realizar la tarea en cuestión.

The repair / maintenance of the CNA 1 QK-01 Moderator Cooler will be a leading case of the repair of a class 1 nuclear component in a high radiation environment; utilizing for the work, sophisticated remotely operated equipment. This paper describes: the component, the repair-maintenance objective, and the equipment-procedures developed for the intervention.

## 1-INTRODUCCIÓN

El QK-01 es uno de los dos intercambiadores iguales que tiene la planta para enfriar el agua pesada que actúa como moderador de la reacción nuclear en el reactor. Está montado en uno de los dos circuitos denominados circuitos del moderador.

Con posterioridad a la puesta en marcha producida después de la parada de reparación de algunos internos del reactor se detectó una reducción del caudal de agua pesada en el circuito N° 1. A fin de determinar las causas del problema se realizó, ingresando videocámaras por la cañería de entrada, una inspección del plenum de entrada al intercambiador. Se logró observar que cierta cantidad de tubos estaban parcialmente obturados por pequeñas chapas (que posteriormente fueron identificadas como restos de foil de zircaloy proveniente de la aislación de canales refrigerantes) que se entendió habían sido arrastrados por el flujo del moderador hasta quedar retenidos en la placa tubo.

En un primer intento por restituir las performances del componente se extrajo parte del material con telemanipuladores, sin embargo luego de varias experiencias se entendió que la técnica empleada tenía limitaciones, y que una limpieza profunda solo se podría lograr con la abertura de las tapas. Las dificultades previstas para restituir la performance del componente (ambiente de alta radiación, dificultades tecnológicas, altos requerimientos de calidad) marcaron la necesidad de desarrollo de un proyecto específico para limpiar e inspeccionar en una parada programada, o para taponar tubos en el caso de una emergencia.

El proyecto se formuló buscando reducir al máximo posible la exposición de personal, satisfacer demandas de calidad, y acotar costos.

## 2-CARACTERÍSTICAS DEL COMPONENTE

Se encuentra ubicado en el nivel -8.5 mts. del edificio del reactor, y tiene dos vías de acceso ubicadas a

4.5 mts y 0 mts. Sus dimensiones aproximadas son 12 mts. de largo y ~2 mts de ancho, (Fig. 1).

El caudal del moderador es alrededor de 750 ton/h por cada loop a una presión media de 115 bar, y temperatura entrada /salida de ~ 220/170 °C, mientras que el secundario circula con un caudal de 950 ton/h, a una presión de 45 bar, y el salto térmico es ~60°C.

Posee dos tapas de entrada/salida de ~1000 mm de diámetro y 1000 kg. de peso c/u, sujetas por medio de bridas que contienen 24 espárragos de 50 mm de diámetro y 680 mm de largo. Detrás de las tapas se encuentran las placas-tubo de acero plaqueado con inconel 600, que alojan los 1040 tubos "U" de incoloy de 12 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor por los que circula el agua pesada del circuito moderador. El agua liviana del secundario fluye por dentro la carcasa que cubre el componente.

Cada unión tapa-placa-tubo del primario por razones de estanqueidad posee un labio soldable de inconel-600 de 21 mm de diámetro y 1.8 mm de espesor de pared de geometría omega. La distancia más próxima tapa-tapa es ~100 mm, y entre tapa-brida es ~220 mm.

El caño de entrada es de acero DIN 1.4550 (tipo AISI 347), de ~ 260 mm de diámetro y 30 mm de espesor, el de salida del mismo acero pero de ~217 mm y 20 mm de espesor. El ramal de entrada posee derivaciones en "T" de las cuales la más próxima al frente de la tapa está a ~ 800 mm.

Las soldaduras de montaje del primario están ubicadas a ~200 mm del frente de las tapas, se trata de soldaduras de transición que unen las boquillas (inconel-600) de las tapas con la cañerías (DIN 1.4550).

Existen además sobre las tapas tubos de acero inoxidable de pequeño diámetro pero de cierto espesor, que cumplen la función de drenaje y venteo.

## 3-OPERACIONES ASOCIADAS AL MANTENIMIENTO/REPARACIÓN

El proyecto tuvo en cuenta todas las operaciones o tareas principales y auxiliares que implicará el mantenimiento. Entre las primeras se consideran:

- corte y soldadura de caños y tubos.
- remoción y montaje de tapas y espárragos
- corte y soldadura de labios omega
- limpieza e inspección
- taponamiento de tubos
- prueba hidráulica

Las secundarias o auxiliares comprenden: instalación de blindajes, pórticos y elementos de izaje, dispositivos de sujeción de caños, etc.

El presente trabajo se limita a describir y comentar el equipamiento y procedimientos que han sido preparados para la ejecución de las operaciones más complejas.

#### **4-CORTE Y SOLDADURA DE LOS CAÑOS DE ENTRADA Y SALIDA**

Como primera medida fue necesario definir la ubicación del/los corte/s del caño de entrada, que es el más "problemático" por sus ramificaciones. Luego de estudiar y analizar las distintas posibilidades, se llegó a la conclusión que lo más práctico era efectuar un solo corte, y que su ubicación debía estar a media distancia entre la junta de transición SS-inconel (caño-boquilla de la tapa) y la derivación "T" más cercana. Se descartó así la posibilidad de efectuar dos cortes para remover un sector de cañería y acceder de ese modo a mayor espacio para la remoción de la tapa y el trabajo posterior, o la de cortar sobre la soldadura de transición SS-inconel para evitar cortar/soldar el caño de inoxidable de grueso espesor.

Esa conclusión, que fue de fundamental importancia, permitió precisar los espacios disponibles para proyectar los equipos de corte/soldadura y de todo el equipamiento auxiliar de sujeción de caños, de soporte/transporte de tapas, etc.

La restricción impuesta por la radiación en el área de trabajo fue estimada durante la etapa de planificación en 10 Rem/hora. Bajo ese campo el tiempo de permanencia para una persona sin dosis acumulada en el trimestre podría llegar a menos de 15 minutos.

Calculando que en los caños a soldar cada pasada de soldadura demandaría entre 10-15 minutos, un soldador podría efectuar a lo sumo una pasada completa antes de tener que abandonar el lugar. Calculando además que se necesitarían entre 20-25 pasadas/junta, se requeriría como mínimo mantener listos, entrenados, y calificados, ~ 50 soldadores. A partir de ese análisis se llegó a la conclusión que la soldadura automática a pesar de su mayor costo de equipamiento y complejidad de operación resultaba la más conveniente para el caso.

Entre los procesos actuales el más desarrollado para soldar en forma automática y remota caños fijos en posición horizontal con calidad superior es el proceso TIG (GTAW), (Fig. 2). En consecuencia se adquirió un sistema automático orbital de última generación con todos los accesorios y facilidades para operar a distancia.

Se compone de una fuente de poder transistorizada, cabezales de soldadura, computadora, estación de monitoreo, y consola de operación portátil. La computadora (que integra la relación entre la fuente de poder y el cabezal) permite programar mediante un software específico ciclos de soldadura desde la raíz hasta la última pasada, registrar gran cantidad de procedimientos y modificaciones efectuadas en proceso, y ejecutar los parámetros preestablecidos. Dos cámaras montadas en el cabezal y un monitor ubicado en la estación de monitoreo permiten controlar el correcto comportamiento del arco, la alimentación del alambre, la piletta de soldadura, y la ubicación del electrodo. La consola portátil posibilita efectuar, si es necesario, reajustes en proceso para asegurar el mantenimiento de condiciones óptimas, (Fig. 3). La aplicación correcta del sistema asegura operaciones a distancia prácticamente ininterrumpidas y soldaduras de muy alta calidad.

En TIG orbital, la calidad de soldadura es muy dependiente del diseño, fabricación, y presentación (alineación y luz) de la junta. Las tolerancias de fabricación admisibles son muy ajustadas en consecuencia para el corte y preparación de biseles se adquirieron tornos portátiles orbitales de alta precisión que trabajan con herramientas de forma, y son accionados con motores hidráulicos. El equipo fue preparado para ser operado a distancia desde una estación de corte, por lo tanto con la ayuda de cámaras de zona y la estación de monitoreo podrá reducirse substancialmente el tiempo de exposición del personal más especializado, que quizá pueda limitarse nada más que a la supervisión del montaje y/o a la solución de algún imprevisto.

Ciclos y parámetros de soldadura fueron cuidadosamente seleccionados para cada pasada. La amplia versatilidad y precisión del sistema permitió obtener calidad y repetitibilidad de soldadura.

La pasada de raíz mereció especial dedicación, tanto para satisfacer estándares visuales y volumétricos, como para evitar cualquier problema de fisuración en caliente dada la mayor susceptibilidad que se atribuye a los aceros estabilizados al Nb. En ese sentido se elaboraron procedimientos diversos considerando distintos pulsos de corriente y de velocidad de avance, diseños de junta, alambres de aporte ER 308L/ER347, etc.

Dificultades previstas para la aplicación del gas de protección de raíz, fueron despejadas considerando la opción de utilizar papel y cinta adhesiva solubles en agua. A fin de reducir tiempo, costos, y asegurar la calidad y presión del gas de purga para la protección de la raíz, se decidió que el procedimiento se implemente utilizando esos elementos. Aplicando papel a un lado de la junta para sellar el lado caño, y papel sobre la placa tubo para sellar el lado tubos se espera reducir el volumen de purga y el riesgo de arrastrar humedad residual de los mismos. Como vía de entrada y lugar para el control de calidad y de presión del gas está previsto utilizar los tubos de drenaje ubicados en las tapas.

La pérdida de material producida por el corte (~ 3 mm) y la contracción axial que experimenta la junta por efecto de la soldadura (~ 5-6 mm) necesitaron ser compensadas por razones de proceso que no admite luz en la junta y para no introducir tensiones en el circuito (que se considera a los efectos prácticos fuertemente embriado). La compensación o corrección del problema se efectúa por un "build-up" o depósito de soldadura sobre la cara del lado tapa (colocada esta en posición horizontal) utilizando el cabezal original modificado y un procedimiento preparado para el caso. El depósito se efectúa capa sobre capa como una soldadura de forma hasta alcanzar después del biselado los ~9 mm requeridos. El depósito además de compensar las necesidades indicadas puede resultar beneficioso desde el punto de vista de la soldabilidad por formar una junta de material "fresco" sobre caños con tiempo prolongado en servicio

El desplazamiento de la cañería en la dirección axial necesario para crear el lugar para el montaje de la tapa se efectuará con un dispositivo hidráulico, que permitirá también una vez instalada controlar la recuperación elástica del sistema para cerrar gradualmente el gap de la junta.

En el plano transversal el movimiento o ajuste se producirá con un alineador-rigidizador mecánico especial que se fija sobre los caños sin interferir con la instalación y rotación del cabezal de soldadura. De esa manera la instalación del aro guía (tarea que demanda cierto tiempo) podrá ser hecha de antemano sobre el caño/boquilla de la tapa antes de su ingreso a la zona caliente.

La verificación preliminar de calidad de las soldaduras de cupones se realizó por una serie de exámenes no destructivos y ensayos mecánicos. La calificación final de los procedimientos posiblemente satisfaga requerimientos más estrictos que los establecidos en el código ASME correspondiente a componentes clase 1.

Para aumentar la confiabilidad en la reparación está previsto agregar al monitoreo visual y al control continuo de variables exámenes radiográficos en correspondencia con ciertos puntos intermedios de avance de las soldaduras.

#### **5-CORTE Y SOLDADURA DE TUBOS MENORES**

Además del corte/soldadura de los caños principales, la extracción/montaje de tapas impone el corte/soldadura de tubos que sirven el drenaje, venteo, instrumentación, etc. Se trata de tubos de acero inoxidable tipo DIN 1.4550 que tienen diámetros en el rango de 20/30mm y paredes de 3/6mm de espesor. La demanda de calidad y de reducción de dosis motivaron la adquisición de cortadoras/biseladoras de gran velocidad y precisión, y de cabezales orbitales pequeños de TIG automático. Los tubos que admiten soldadura sin chafflán y sin aporte son soldados con un cabezal orbital del tipo pinza ("close chamber") con una pasada, y los de mayor espesor que requieren preparación de junta con cabezales

que tienen capacidad de aporte de alambre, oscilación de torcha, y control de longitud de arco. En este caso el control del proceso se efectúa con cámaras de zona.

#### **6-REMOCIÓN Y MONTAJE DE TAPAS Y ESPÁRRAGOS**

La operación siguiente al corte de caños es la extracción de espárragos. Entre desenroscar las tuercas y el corte se optó, luego de considerar experiencias y dificultades previas, por esto último. El equipo desarrollado puede cortar todos los espárragos sin interrupción y sin intervención de personal, por medio de una fresa que ejecuta cortes parciales o totales en la secuencia deseada. El operador interviene en la instalación, que se realiza con relativa facilidad mediante la instalación de un aro sucesivamente sobre cada tapa, y en la remoción de los extremos cortados.

Espárragos nuevos de diseño similar al de CNA II, de más fácil instalación (mediante un equipo especial que tensiona cada espárrago por tracción sin aplicar torque), reemplazarán a los cortados.

El último paso, retiro/ reposicionado de las tapas, se efectúa sobre un carro que se desliza automáticamente sobre rieles en dirección transversal al recipiente desde las tapas al lugar donde se halla instalado el blindaje o viceversa. La precisión de la trayectoria del movimiento es esencial para evitar cualquier choque o rozamiento entre los labios y las juntas.

#### **7-CORTE Y SOLDADURA DE LOS LABIOS TIPO OMEGA**

Esta aplicación comprende el corte y soldadura de los labios de inconel 600 originalmente soldados con TIG manual.

El equipo para esta operación fue diseñado considerando que debía ser: combinado para el corte y la soldadura, suficientemente preciso y versátil para satisfacer los más altos estándares de calidad, fácilmente montable, operable y monitoreable a distancia.

Consta básicamente de un aro soporte y dos cabezales intercambiables para el corte y soldadura. Montado el aro se instala el cabezal de corte, finalizado esa operación se retira ese cabezal y sobre el mismo aro se monta el de soldadura.

El aro (en realidad se produjeron dos, uno por ramal), va instalado sobre la placa-tubo y permanece en el lugar hasta concluir ambas operaciones garantizando una trayectoria igual en ambos cabezales. Su fabricación surgió de la modificación de un torno orbital de biselado de juntas de caños de gran diámetro al que le fueron introducidas bisagras (dos medios aros) y se aligeró en peso.

Los cabezales fueron desarrollados especialmente. El de corte accionado por motores hidráulicos admite regulación de velocidad de avance circunferencial, profundidad de corte, y de velocidad de rotación de la fresa. El corte efectuado es de gran precisión y sin deformaciones.

El de soldadura cuenta con todos los mecanismos necesarios para la autorregulación automática de longitud de arco, la alimentación de alambre, y la oscilación del electrodo (alta versatilidad que solo puede ser lograda con un cabezal especialmente preparado por el poco espacio disponible). Dos cámaras color toman vistas localizadas anteriores y posteriores de la zona de trabajo. La programación y operación del sistema actúa con la misma fuente de poder, computadora, software, etc. que la empleada para el resto de los componentes, (Fig. 4).

La fresa de corte produce una ranura de bordes cuadrados de 2 mm de ancho, por lo tanto para el mantenimiento de la presión de gas de purga de soldadura se adaptó al cabezal de soldadura un mecanismo especial que adhiere en posición y despega automáticamente a medida que avanza el arco una cinta de alta resistencia mecánica-térmica y que prácticamente no deja residuos.

Para el ingreso y venteo de la purga el procedimiento considera agujerear dos pequeños orificios en la pared lateral del labio unido a la tapa cuando la misma se encuentra fuera de la zona de radiación. Finalizada la soldadura se retiran las agujas previamente instaladas en los agujeros y se sellan los mismos con una puntada TIG manual. El control de pureza y presión del gas de purga, factores que influyen en la oxidación o el soplado, tiene lugar mediante procedimientos e instrumentos adecuados.

La variaciones de longitudes de arco que podrían producir los restos irregulares de sobremonta de la soldadura original, no se producen en este caso por el AVC (arc voltage control) de alta velocidad de respuesta que posee el cabezal.

Aunque en los primeros intentos de soldadura la ranura del corte resultó un inconveniente, posteriormente y gracias al aporte de alambre, oscilación del cabezal, y software del equipo, se desarrolló un procedimiento que evita la necesidad de punteado manual previo para el arranque del arco y el cierre del "gap", es decir la operación fue preparada para ser desarrollada en su totalidad en forma automática.

La validación de los equipos y el desarrollo y calificación de los procedimientos se efectuó soldando labios "falsos" construidos a partir de caños de inconel 600 (del mismo espesor de pared y diámetro que los labios reales) conformados como aros. Los procedimientos de soldadura se calificaron de acuerdo a reglas y requerimientos establecidos en el código ASME para labios soldables de clase nuclear.

## 8-LIMPIEZA E INSPECCIÓN

Esta etapa abarca la remoción del material retenido en la boca de los tubos; y la limpieza general para la inspección con corrientes inducidas. En función de los resultados, la inspección con corrientes será complementada con un ensayo de helio.

La aplicación de fluoresceína, la opción normalmente más sencilla de identificación de pérdidas,

no resulta fácil en este caso: su aplicación requeriría aplicar un soporte de la placa tubo del lado primario (para contrarrestar la presión hidrostática producida por el medio del lado secundario) y asegurar la no existencia de movimientos que pudieran afectar la integridad de los tubos, etc. Además ese ensayo podría resultar poco confiable por la posición horizontal de los tubos.

Sin el blindaje producido por las mismas tapas el campo de radiación previsto enfrente del componente es muy alto, por lo tanto los trabajos a efectuar sobre la placa-tubo se ejecutarán utilizando un telemanipulador programable con tres grados de libertad x-y-z que se traslada sobre los rieles anteriormente indicados. La precisión de centrado de cada mecanismo instalado en el "tele" para determinada operación (sonda de corrientes inducidas, maquinado de juntas, instalación de tapones, etc.) se obtiene por medio de una computadora que realiza las correcciones necesarias de acuerdo a tolerancias preprogramadas en el software.

## 9-TAPONAMIENTO DE TUBOS

Luego de analizar los tres procesos aplicables, taponamiento mecánico, soldadura por explosión, y soldadura por fusión, se optó por este último.

El proceso por explosión no pareció ser ventajoso en este caso: el reducido diámetro de los tubos y el bajo espesor de ligamento significa una aplicación fuera de estándar que requiere el desarrollo de procedimientos y tapones especiales para asegurar no solo la soldabilidad del tapón sino también la integridad de la placa tubo. Además del inconveniente indicado, existe como en los otros procesos la necesidad de un premaquinado previo del tubo. Otros inconvenientes tenidos en cuenta fueron las regulaciones en cuanto al transporte/importación/uso de explosivos, y la falta de antecedentes de aplicación en componentes similares.

El taponamiento mecánico resulta atractivo por su bajo costo y su facilidad de aplicación, pero el torque que demanda el ajuste resultó ser un requerimiento difícil de satisfacer sin complicar el diseño del manipulador. Como se indicó tampoco se evita en este caso el escariado previo a la instalación (para introducir el tapón y/o satisfacer las tolerancias admisibles entre diámetros tubo/tapón). La escases de normativa adecuada para la calificación de los procedimientos, y de antecedentes suficientes sobre su performance en servicio fueron otros de los factores tenidos en cuenta a la hora de tomar la decisión.

El proceso seleccionado es una soldadura de sello de TIG orbital automático con aporte. Por razones de compatibilidad metalúrgica y propiedades mecánicas se seleccionó inconel 600 como material de tapones y ERNiCr 3 como alambre de aporte. El tapón se diseñó con cierto grado de conicidad y con un resalto en la superficie para facilitar su instalación/presentación, además con un agujero ciego roscado para el correcto centrado del cabezal de soldadura y para asegurar, de ser necesario, su extracción sin inconvenientes.

Proceso y procedimiento fueron probados en cupones de ensayo fabricados a partir bloques de acero DIN 20MnMoNi 55 plaqueados con inconel y tubos de 12 mm de diámetro soldados por TIG automático producidos en correspondencia con calificaciones y entrenamientos de soldadura tubo-placa tubo del enfriador del moderador de CNA II.

La operación completa de taponamiento comprende: limpieza por cepillado, maquinado superficial de la soldadura original, colocación del tapón, instalación del cabezal TIG (que mantiene presionado al tapón en posición), soldadura de una o más pasadas, y control de calidad por inspección visual mediante cámaras de zona. Está previsto ejecutar cada operación acoplando secuencialmente sobre el "tele" cada herramienta en la zona libre de radiación, y operando a una distancia aproximada de 30 mts.

#### **10-USO DE SIMULADORES.**

Se fabricaron dos simuladores escala 1:1, (Fig. 5). Uno de ellos de gran solidez y precisión, representativo de la placa tubo y las bridas, sirvió para prueba y ajuste de equipos y procedimientos automáticos, entrenamiento de personal, prueba y operación del telemanipulador, etc.

El otro representativo de todo el componente y su entorno, se usó en todo lo correspondiente a verificación de acceso y espacio disponible para montaje de equipos y demás facilidades requeridas para la operación, incluso el sistema rieles/carro de transporte de tapas, blindajes, bandejas colectoras de material, etc., y en gral. para familiarizar y entrenar personal en ambiente similar a la zona de trabajo.

#### **11-DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

El proyecto ha permitido obtener dentro de los plazos y costos preestablecidos el equipamiento y la ingeniería necesarios para efectuar la intervención del QK-01

Equipamiento y procedimientos descriptos en el presente han sido ensayados para probar su capacidad y confiabilidad utilizando simuladores, cupones, y materiales totalmente representativos del diseño del componente.

Las facilidades y las técnicas fueron desarrolladas con el propósito de satisfacer las demandas de calidad, efectuar el trabajo en el menor tiempo posible, y reducir a un mínimo la exposición a la radiación del personal. Queda por realizar como paso ineludible, previo al trabajo, un adecuado y riguroso entrenamiento de operadores/supervisores, y una revisión y validación final de equipos, procedimientos, y personal.

El objetivo del proyecto se alcanzó gracias al aporte y esfuerzo conjunto de INVAP, NASA, y CNEA. Una gran experiencia ha sido ganada en cuanto al desarrollo de ingeniería-equipamiento-organización para aplicaciones de altos requerimientos tecnológicos en ambientes radiactivos.

El éxito de la intervención significará sin duda un logro tecnológico a nivel internacional en el tema de

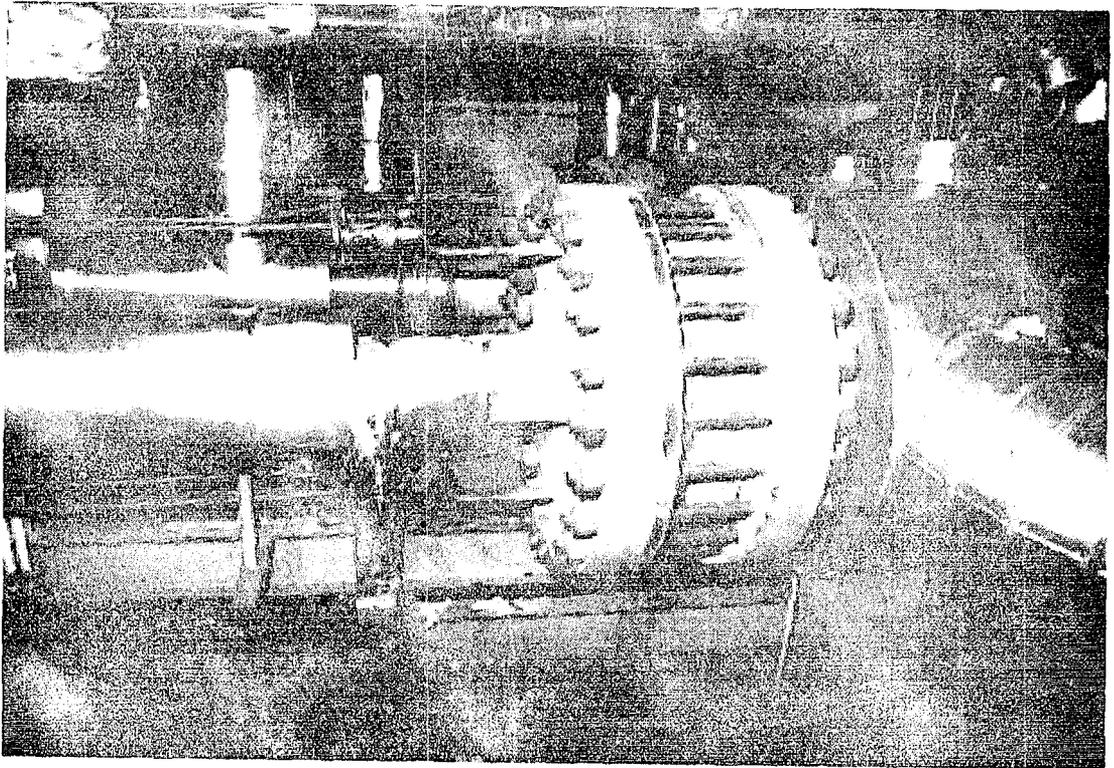
mantenimiento de instalaciones nucleares en servicio, y también podrá representar una muestra de eficiencia en términos económicos por el relativamente bajo costo del proyecto.

#### **AGRADECIMIENTOS**

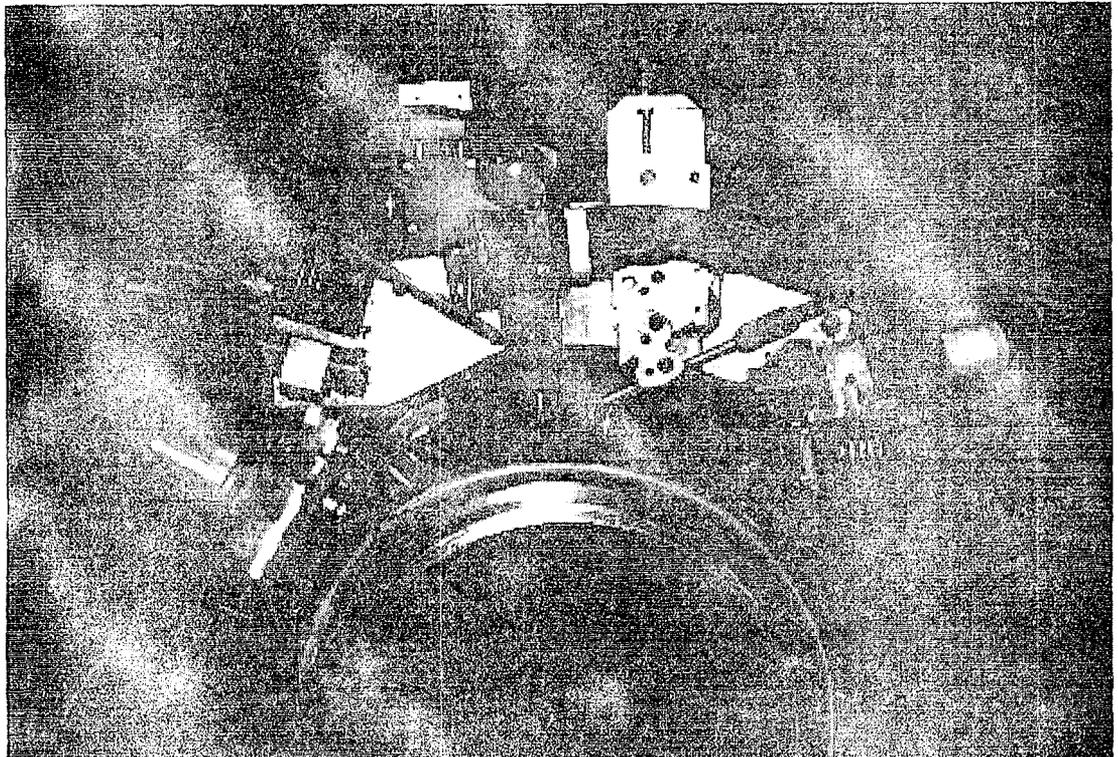
A los colegas de NASA, CNEA, INVAP por su contribución al desarrollo del proyecto, y a sus autoridades por permitir la publicación de este trabajo.

#### **REFERENCIAS**

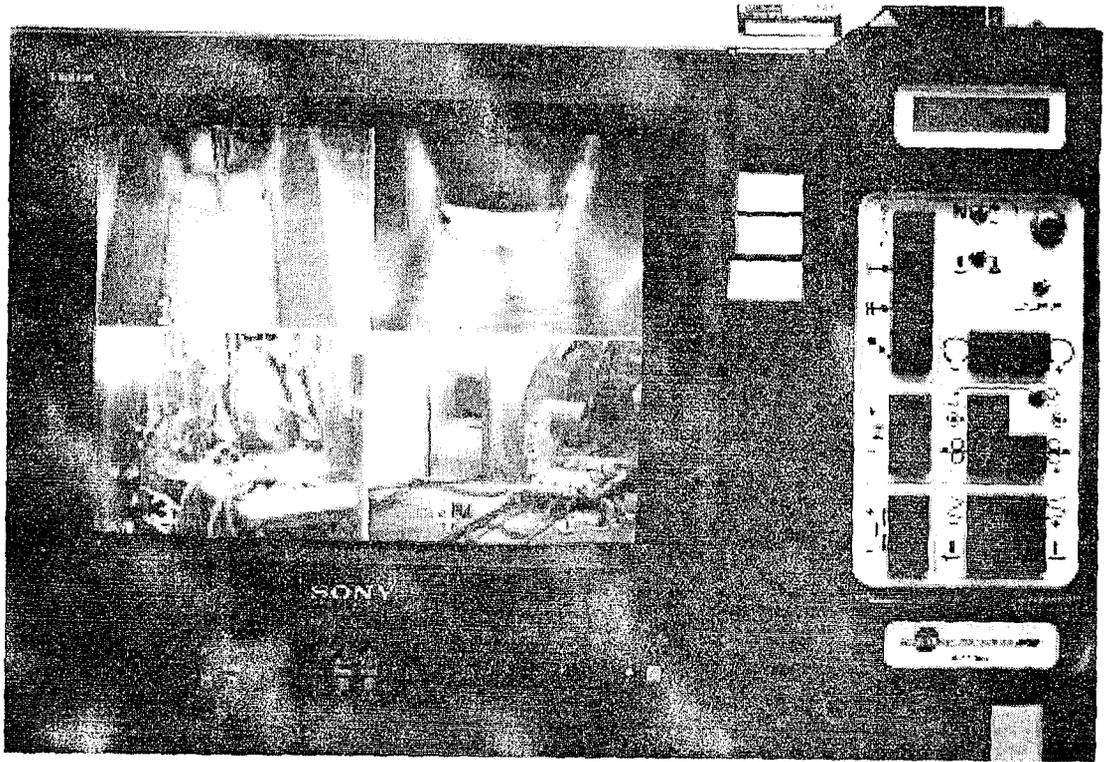
- 1-D. W. Hood, "Automated Welding of Nuclear Piping Systems", Proceedings of a Conference, Maintenance of Nuclear Power Plants, Atlanta-EEUU, 10/79.
- 2-R. Killing and R. Helwig, "Narrow Gap Welding of Austenitic Steels", Welding and Cutting 10/89
- 3-Arc Machines. Inc. "Pipe and Tube Automatic TIG Welding Joint Designs", Data Sheets, Los Angeles, EEUU 1995.
- 4-Yorkshire Imperials Metals, "Plugging of Tubes by Explosion Welding", Data Sheet, Leeds, England 1994.
- 5-R. Castro, J. de Cadenet, "Welding Metallurgy of Stainless and Heat Resisting Steels", Cambridge University Press.
- 6-JNT Inc. "Torque Seal Plugs", Data Sheets, New Jersey, EEUU 1995.
- 7-H. Castner, "What should you know about Austenitic Stainless Steel", Welding Journal, 4/93.
- 8-R. Fenn, "Welding Metallurgy of Stainless Steel, Welding Journal", 10/85.
- 9-S. Burkle, "Pipe Purgings", Welding Journal, 5/80.



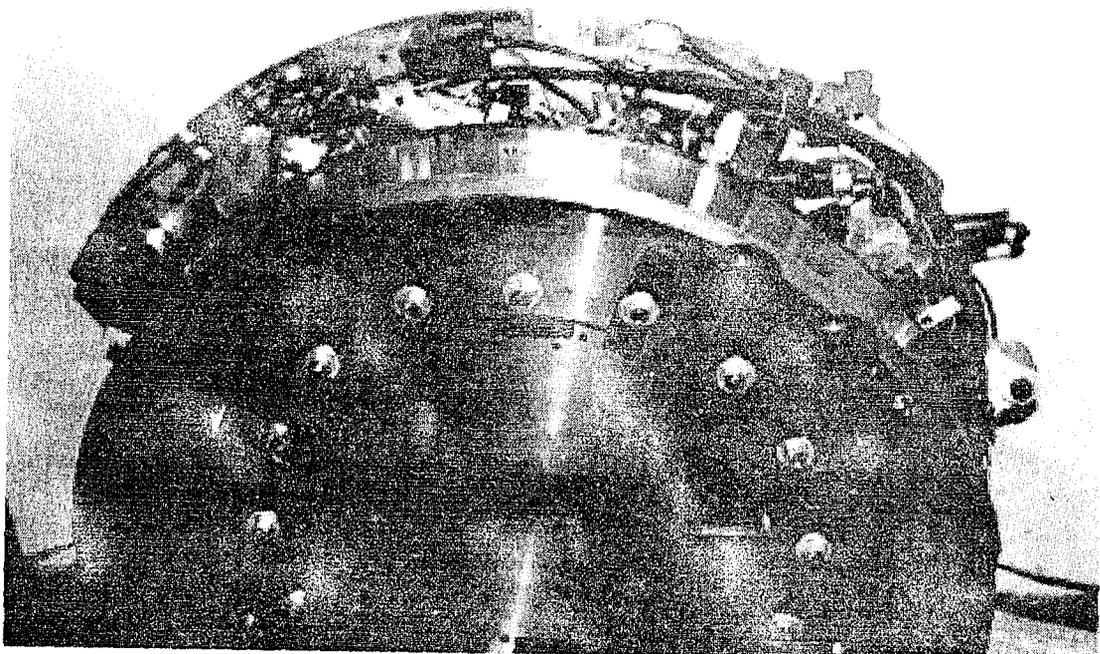
*Figura 1, Vista del QK-01 de CNA .*



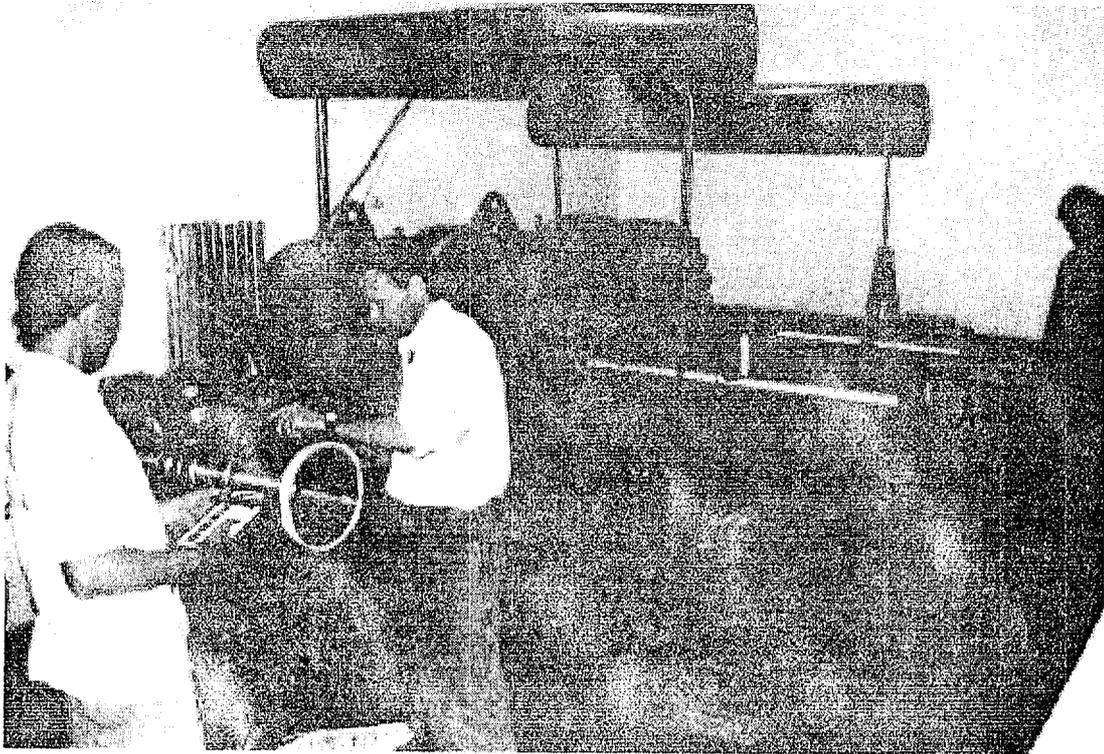
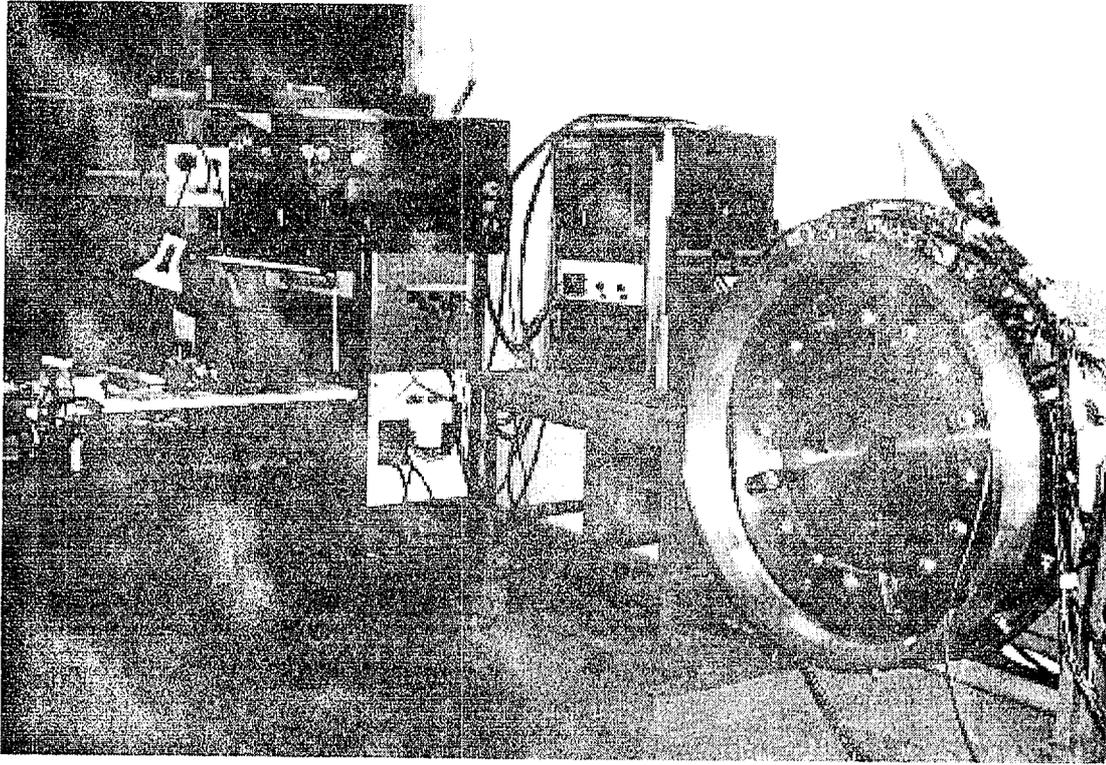
*Figura 2, Cabecal de soldadura de caños, desarrollo de procedimientos.*



*Figura 3. Monitor ( vista de soldadura y de areas de trabajo*



*Figura 4. Cabezal de soldadura de labios y simulador*



*Figura 5. Vistas de simuladores.*