



Francisco FERNANDEZ CALVO, facultativo de Minas. En la actualidad ocupa el cargo de jefe de ensayos no destructivos en la empresa Equipos Nucleares, S. A. Inicia su experiencia en 1960 en la fabricación de automoción, pasando en 1975 a formar parte de la plantilla de la recién creada empresa Equipos Nucleares, como jefe de Radiología. Es supervisor de la Instalación Radiactiva y nivel III en ensayos no destructivos por la AECC y ASNT. TC-1A.

UNA INSTALACION DE RAYOS X DE ALTA ENERGIA, PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

INTRODUCCION

La casi totalidad de Códigos o Normas exigen, para verificar la bondad de productos como fundiciones o soldaduras, destinados a fabricaciones nucleares, un examen radiográfico de acuerdo con una técnica aprobada y unos criterios de aceptación o rechazo indicados de antemano.

El hecho de utilizar, para la fabricación de estos componentes, espesores de acero muy superiores a los empleados en cualquier otro tipo de fabricación, obliga a los fabricantes a poseer instalaciones radiactivas de alta energía, como es el caso de Equipos Nucleares, S. A., que cuenta, entre otras fuentes radiactivas, un acelerador lineal de electrones, con una energía de radiación de 8 MeV y una intensidad de radiación de 2.000 Rad/min.m resolviendo así uno de los problemas que este tipo de fabricación presenta.

En los ensayos no destructivos, el uso de técnicas radiográficas de alta energía tiene un poco más de cuarenta años.

Durante este período se han venido desarrollando diferentes fuentes de rayos X de alta energía, para detectar defectos en grandes secciones de materiales; pero la intensidad de radiación de las primeras fuentes (generador Van de Graaf, betatrón, etc.) era muy escasa, aunque se consiguieron energías de hasta 25 MeV en los betatrones.

La aparición comercial de los aceleradores lineales de electrones, hace treinta años, ofrece un aumento substancial de la salida de rayos X, haciendo practicable la radiografía en espesores de acero de hasta seiscientos milímetros de espesor.

ANTECEDENTES

Cuando, en la década de los setenta, España decide la fabricación de los componentes primarios de las centrales nucleares que contemplaba en aquel entonces el PEN, Equipos Nucleares, S. A., se creó para cubrir este objetivo, contando para ello con instalaciones de la más avanzada tecnología, que por aquellos años existían en el mercado mundial.

La instalación radiactiva, que fue necesario instalar, cuya ingeniería de construcción estuvo a cargo de una empresa española, es, hoy todavía, la mejor dotada de Europa y una de las mejores del mundo, así reconocido por muchas personas de diferentes países, expertos en el tema.

Se inició su construcción en el año 1976 y en febrero de 1977 se utilizaba a plena producción, con personal entrenado y cualificado en Italia y Estados Unidos, ya que en España no existían instalaciones radiactivas con cierta similitud a la que se iba a poner en funcionamiento; casi dos años fueron necesarios para el adecuado entrenamiento, cualificación y certificación del personal que debía desempeñar sus funciones en la instalación radiactiva. Más de doce mil toneladas de hormigón fueron necesarias, en la construcción de la casamata, para obtener un blindaje adecuado a tan altas energías de radiación e intensidad, así como un pilotaje adecuado del terreno para poder soportar piezas de hasta mil toneladas de peso.

Las grandes dimensiones de las piezas que deberían ser examinadas, así como el principal aspecto de seguridad, aconsejaron ubicar la instalación

separada de los talleres, aunque se valorara también el inconveniente del transporte de dichas piezas hasta la instalación.

DESCRIPCION

La instalación consta de una sala de radiografiado, donde se realizan los ensayos, de una longitud de 25,3 m, una anchura de 15,5 y una altura de 19 m.

Las paredes sobre las que incide directamente el acelerador tienen un espesor de 2,5 m, y las de protección para la radiación secundaria de 1,6 m; con una apertura de puerta para entrada de piezas de 8 m de ancho por 9,5 m de altura y un peso total de 380 toneladas de hormigón.

Las piezas son trasladadas desde los talleres de fabricación, en carros vertebrales, viradores o plataformas giratorias, de tal forma que estas piezas pueden ser giradas o desplazadas para un examen al cien por cien.

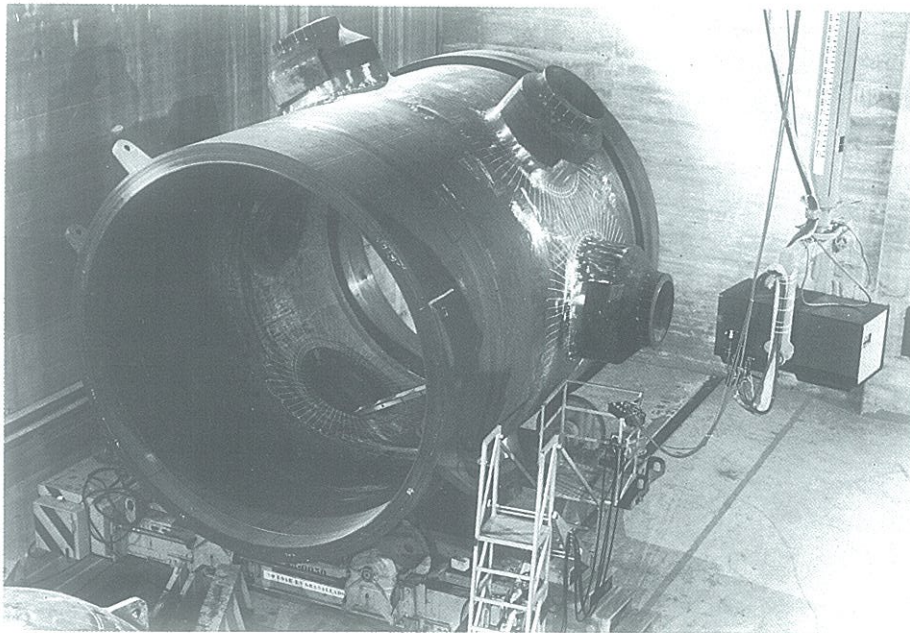
En esta sala se encuentra la cabeza del acelerador, equipos de rayos X, y los sistemas de seguridad, así como el sistema de renovación de aire para la eliminación del ozono. El techo consta de una placa de hormigón de un metro de espesor, para blindaje.

La cabeza del acelerador se encuentra suspendida de un puente grúa y un brazo telescópico especial, que le permite todos los movimientos precisos para poder radiografiar diferentes piezas en diversas posiciones. El sistema lleva los enclavamientos necesarios para que el haz de rayos X emitido por el acelerador pueda dirigirse perpendicularmente a las paredes primarias (y no a las otras dos), y para garantizar una distancia superior a los 3,5 m de aquellas paredes sobre las que incide directamente el haz.

Asimismo, en la sala de radiografiado existen los sistemas de seguridad precisos para impedir que funcionen los equipos si hay una persona en el interior del mismo, o si no están cerradas todas las puertas; alarmas, pulsadores de emergencia, etc. se encuentran también instalados en el interior de este recinto.

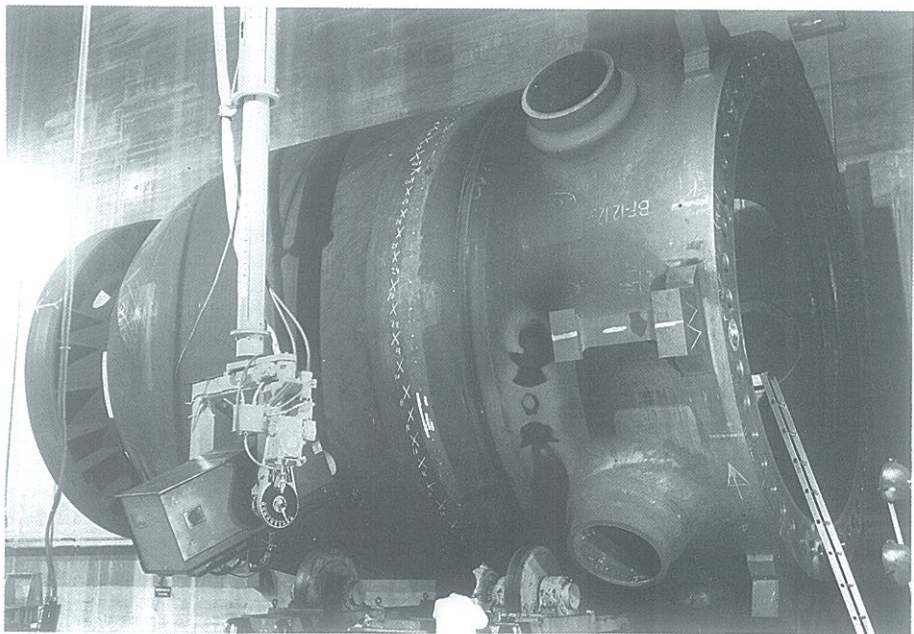
El acceso del personal a la sala de radiografiado se efectúa a través de un pasadizo en laberinto, practicado en la pared que separa dicha sala de la de control.

Los anexos de la instalación constan fundamentalmente de sala de control de los equipos desde donde se verifican las exposiciones a las piezas a radiografiar, laboratorio de procesado automático de películas y sala de lectura de radiografías, donde se verifica la calidad radiográfica obtenida y se diagnostica el examen de las piezas.



Radiografiado de toberas en la vasija PWR de CN Vandellós II

Radiografiado de la unión final de la vasija PWR de CN Trillo I



Cuentan estos anexos, también, con una sala blindada de un metro de espesor de hormigón, para almacén de los isótopos utilizados en gammagrafía, así como de un archivo especialmente diseñado para el mantenimiento de las películas ya diagnosticadas y que es preciso mantener durante tiempos similares a los de funcionamiento de la central (cuarenta años), por lo que está dotado de climatización adecuada, así como de sistema automático contra incendios y en mobiliario blindado. Esta instalación radiactiva, clasificada como de 2.ª categoría por las vigentes leyes, cuya construcción fue autorizada en 1976 y su puesta en marcha en

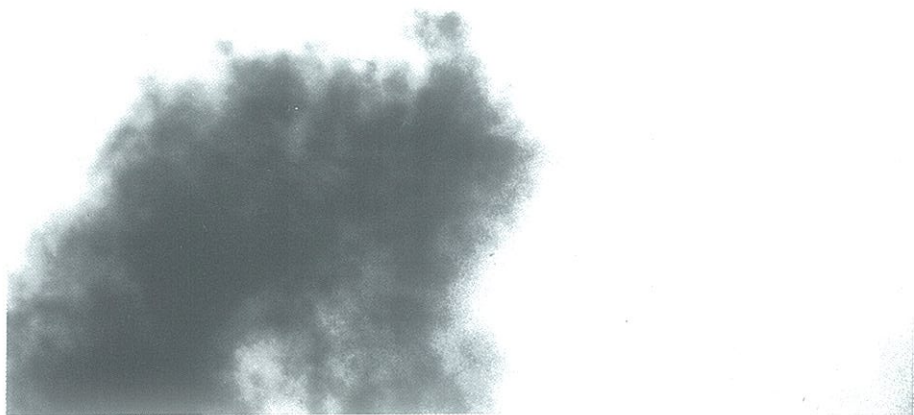
1977 por la Dirección General de Energía, posee los adecuados sistemas de seguridad para evitar los posibles accidentes en el manejo de estas fuentes radiactivas de tan alta energía, figurando en el correspondiente Estudio de Seguridad de la instalación, así como en el Reglamento de Funcionamiento y en el Plan de Emergencia.

El control de dosimetría personal realizado por CIEMAT, a todo el personal profesionalmente expuesto, en el transcurso de diez años, siempre ha dado un resultado no superior al fondo, lo que demuestra la alta eficiencia, tanto de los sistemas de seguridad como del blindaje instalado.

POSIBILIDADES

Con una instalación radiográfica de este tipo, es posible radiografiar espesores en acero de hasta 500 mm y obtener una calidad de imagen de al menos 2-2T (ASME), pues el hecho de tener una alta intensidad de radiación y una pequeña mancha focal (1,25 mm), permiten la utilización de películas radiográficas de alta sensibilidad, siendo los tiempos de exposición muy cortos, no influyendo significativamente en la productividad del examen.

Todos los códigos y normas de radiografía industrial, exigen un espesor mínimo para una determinada energía de radiación; en el caso de un acelerador lineal, con una energía de 8 MeV, éste es de aproximadamente 50 mm de acero; con equipos de rayos X convencionales, es posible cubrir este otro rango de espesores, con lo que tenemos prácticamente cubiertas todas las necesidades que puedan surgir. El empleo de isótopos radiactivos para gammagrafía es utilizado también en casos de difícil accesibilidad, aunque es bastante infrecuente su utilización, ya que la calidad radiográfica que se obtiene, cumple, sólo con dificultades, las exigencias técnicas; en ocasiones, sin embargo, es la única solución.



F I

F II

F III



F I Indicación no aceptable en una fundición de 150 mm de espesor (detalle de una radiografía)

F II Indicación no aceptable en una soldadura de 120 mm de espesor (detalle de una radiografía)

F III Indicación no aceptable en una soldadura de 140 mm de espesor (detalle de una radiografía)

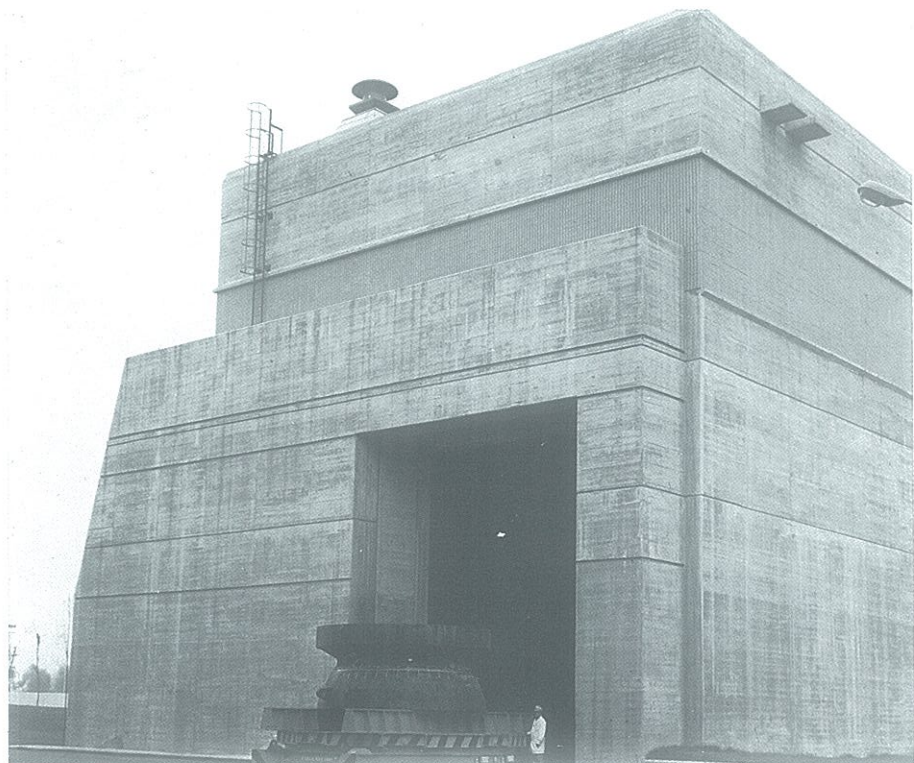
TRABAJOS REALIZADOS

En el transcurso de estos diez años de funcionamiento, el trabajo fundamental ha sido el radiografiado de uniones soldadas y fundiciones para componentes de centrales nucleares, tales como vasijas, generadores de vapor, presionadores, tubería primaria, etc., con destino a España, India, Alemania, Argentina y otros países, siendo evaluadas las radiografías, además de por Equipos Nucleares, por inspecciones externas. También se han efectuado radiografías en trabajos diversos, para España, Francia, Reino Unido, Italia, India, etc., como elementos para centrales térmicas convencionales, fabricación offshore, siendo ésta la de principal incidencia.

Más de cien mil radiografías, en este período de diez años, se han obtenido y evaluado de acuerdo con diversas normas o códigos extranjeros y exigencias de los clientes respectivos, estando siempre la calidad radiográfica obtenida, dentro de las especificaciones aplicables para cada caso.

Durante este período, unas veinte personas, algunas de ellas de países Iberoamericanos, han tenido, en esta instalación, el entrenamiento adecuado para obtener los niveles de cualificación exigidos por las normas, recibiendo los suficientes conocimientos técnicos, teóricos y prácticos. Así mismo,

Vista exterior de CASAMATA para acelerador lineal de electrones. Pieza entrando para su examen radiográfico.



en esta instalación han recibido clases prácticas, en cursos modulares que

Equipos Nucleares ha impartido a nivel nacional, más de cincuenta personas.