

BLINDAJE Y PROTECCION

ANALISIS DE EXPOSICIONES OCUPACIONALES Y METODOS APLICADOS PARA REDUCIRLAS EN LA CENTRAL NUCLEAR «JOSE CABRERA»

Adrián GONZALVO, Tomás PEREZ y Pablo DIEZ

En este estudio se describen las dosis equivalentes, debidas a la exposición ocupacional. Los datos han sido recopilados y analizados por el Servicio de Protección Radiológica de la Central Nuclear «José Cabrera» y están referidos a los primeros trece años de funcionamiento. Para la clasificación del personal se ha distinguido entre personal de plantilla de la Central y personal contratado. Para la clasificación de los trabajos se ha distinguido entre trabajos de operación y de mantenimiento.

En orden a apreciar el significado actual de dosis ocupacional y siguiendo las recomendaciones del Consejo de Seguridad Nuclear (CNS), se han realizado dos estudios diferentes, uno de ellos incluye a todo el personal y el otro no incluye al personal que ha recibido menos de 100 mrem en el año de referencia.

INTRODUCCION

La Central Nuclear «José Cabrera» es del tipo PWR con un circuito único de refrigeración del reactor y con una potencia eléctrica bruta de 160 Mw.

La fecha de arranque fue en junio de 1968, aunque su explotación comercial se inició en 1969.

La producción eléctrica bruta se refleja en la figura 1 y las paradas programadas por recarga o mantenimiento, debido a la relación directa que existe entre estas paradas y el total de dosis acumuladas, quedan reflejadas en la figura 2.

SISTEMA DE CONTROL DOSIMETRICO INDIVIDUAL

El sistema consta de las siguientes etapas:

- Al acceder el personal a la central, se les proporcionan en el Control de Seguridad, dos tipos de dosímetros, uno de película y otro de termoluminiscencia. Este último tipo de dosímetro está siendo utilizado en la Central desde hace seis años.

- Para poder acceder a Zona controlada, se solicita al Servicio de Protección Radiológica (SPR) un Permiso de Trabajo con Radiaciones (PTR), donde se hace constar, entre otras cosas, el lugar y tipo de trabajo a realizar. A la vista de esto, el SPR provee al personal de uno o varios dosímetros tipo pluma. Estos dosímetros tienen diferentes rangos de medida y su utilización es función de las condiciones radiológicas de la zona donde se va a desarrollar el trabajo. Previamente a la entrada, el trabajador debe consignar en el libro de control del SPR, el núm. de dosímetro (s) utilizado, además de otros datos.

- A la salida de Zona Controlada, el SPR en presencia del trabajador, lee la dosis indicada en el dosímetro, el cual la anota en el libro de control y firma la conformidad de la lectura. El dosímetro (s) de pluma se deja en el control del SPR.

- Para cada trabajador existe una Ficha Dosimétrica Individual donde se registran las dosis a la totalidad del organismo y por exposiciones parciales, piel, cristalino, extremidades y otros órganos. Esta evaluación se hace mediante la lectura de los distintos tipos de dosímetro. Las dosis son diariamente registradas y añadidas a las recibidas con anterioridad en la mencionada ficha. De igual modo,

se anotan con carácter mensual las dosis acumuladas.

La determinación de dosis se puede evaluar, si las circunstancias lo requieren, en cualquier momento y se puede complementar esta determinación por los sistemas dosimétricos colectivos.

- Cuando el personal sale de la Central, los dosímetros se depositan en el control de Seguridad. Respecto al control de la dosimetría interna, los trabajadores son periódicamente chequeados en el Contador de Radiactividad Corporal, siendo los valores de dosis interna integrada obtenidos prácticamente insignificantes.

DOSIS EQUIVALENTES

A continuación se reflejan las dosis equivalentes recibidas por el personal de la central desde 1969 hasta 1981. Se estudian los siguientes parámetros:

- Dosis colectiva equivalente (figura 3).

- Dosis colectiva total del personal de Operación (figura 4). En este grupo va incluido el personal perteneciente a las Secciones siguientes: Producción, Química-Protección Radiológica e Ingeniería.

- Dosis colectiva total del personal de Mantenimiento (figura 4). En este grupo va incluido el personal perteneciente a las Secciones siguientes: Mantenimiento, Mecánico, Eléctrico e Instrumentación.

Aquellas personas que no forman parte de la plantilla de la Central, están incluidas en el grupo correspondiente a la Sección donde trabajan.

- Dosis colectiva equivalente del personal de plantilla (figura 5).

- Dosis colectiva equivalente del personal contratado (fig. 5).

- Número total de personas que han trabajado en la central (figura 6).

- Número de personas del personal de plantilla en Operación y Mantenimiento (figura 7).

- Dosis equivalente media (figura 8). Este valor se obtiene al dividir la dosis colectiva equivalente por el total de número de personas.

Es frecuente encontrar en evaluaciones dosimétricas un cierto número de personas que, debido a su lugar de trabajo o por otras razones, raramente re-

ciben alguna dosis durante el año. Obviamente estas personas reducen el valor de la dosis equivalente media, pero constituyen un grupo poco significativo. Con el fin de tener en cuenta a este grupo de personas en los parámetros anteriormente mencionados, éstos fueron recopilados y calculados por dos caminos: primero, incluyendo a todas las personas y segundo, excluyendo este grupo, que definido en términos cuantitativos, es el personal con una dosis igual o inferior a 100 mrem en el año de referencia, de acuerdo con las recomendaciones del CSN. En lo sucesivo, distinguiremos a este grupo como personal de dosis baja (PDB).

El último parámetro estudiado es la carga radiológica por energía producida (figura 9). La unidad empleada es (hom-bre-rem) (MWe-año).

A continuación se da una tabla comparativa entre los datos anteriores y estos mismos obtenidos, considerando solamente al personal con una dosis recibida al año mayor de 100 mrem.

Los parámetros en los cuales la diferencia es apreciable son:

- El número total de personas.
- El número total de personal contratado.
- El número total de personal de plantilla en operación y mantenimiento.
- La dosis equivalente media.

Como se puede ver, la diferencia es significativa en aquellos parámetros que están referidos a números de personas y prácticamente inestimable en las referidas a la dosis colectiva total. Esto es debido a que este personal contribuye al incremento del número de personas, mientras que debido a sus valores bajos de dosis, apenas contribuye al incremento de la dosis colectiva. Para la dosis media es obvio que se obtienen valores inferiores cuando se incluye a este grupo de personas.

De la tabla 4 se puede observar que la diferencia en la dosis equivalente media es realmente significativa. Por esta razón sería recomendable especificar, en cualquier estudio de dosis, si el grupo PDB ha sido o no incluido.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS

EVOLUCIÓN DE LA DOSIS COLECTIVA TOTAL

La dosis colectiva total se puede considerar como una función de tres factores:

- Número total de personas.
- Tiempo transcurrido desde el arranque.
- Número total de horas de parada.

La relación entre la dosis colectiva y el número total de personas se puede apreciar comparando las figuras 3 y 6. Se podría deducir una dosis media individual constante si la relación fuera estrictamente proporcional, pero en la

T I

Año	Incluyendo PDB	Excluyendo PDB	Diferencia en % sobre el total
1969	62	50	19,3
1970	80	63	28,7
1971	132	113	14,3
1972	185	164	11,3
1973	162	140	13,5
1974	155	112	27,7
1975	228	174	23,6
1976	216	178	17,5
1977	208	169	18,7
1978	349	288	17,4
1979	383	303	20,8
1980	297	256	13,8
1981	380	332	12,6

NUMERO TOTAL DE PERSONAS

T II

Año	Incluyendo PDB	Excluyendo PDB	Diferencia en % sobre el total
1969	3	2	33,3
1970	10	8	20
1971	46	37	19,5
1972	97	84	13,4
1973	74	59	20,2
1974	67	33	50,7
1975	132	82	37,8
1976	122	92	24,5
1977	105	84	20
1978	257	203	21
1979	292	217	25,68
1980	196	160	18,36
1981	274	237	13,50

NUMERO TOTAL DE PERSONAL CONTRATADO

T III

Año	Incluyendo PDB	Excluyendo PDB	Diferencia en % sobre el total
1969	59	45	18,6
1970	70	55	21,4
1971	86	76	11,6
1972	88	80	9
1973	88	81	7,9
1974	88	79	10,2
1975	92	92	—
1976	94	86	8,5
1977	99	85	14,1
1978	92	85	7,6
1979	91	86	5,5
1980	101	96	4,9
1981	106	95	10,3

NUMERO TOTAL DE PERSONAL DE PLANTILLA

práctica esto no es así. De todas formas, si se trazara una curva uniendo la parte superior de cada histograma se apreciaría que ambas curvas son esencialmente de la misma forma. Existe una discrepancia en 1977, donde un número análogo de personas dan una dosis colectiva apreciablemente menor. Esto es explicable por el hecho de que la parada por recarga fue muy corta ese año y las

T IV

Año	Incluyendo PDB	Excluyendo PDB	Diferencia en % sobre el total
1969	0,61	0,74	21,3
1970	0,64	0,79	23,4
1971	0,93	1,08	16,1
1972	0,88	0,99	12,5
1973	0,81	0,93	14,8
1974	0,66	0,88	33,3
1975	0,85	1,11	30,5
1976	1,09	1,3	19,2
1977	0,74	0,9	21,6
1978	1,12	1,35	20,5
1979	0,87	1,10	26,4
1980	1,15	1,34	16,5
1981	1,28	1,46	14

DOSIS MEDIA EQUIVALENTE EN REMS

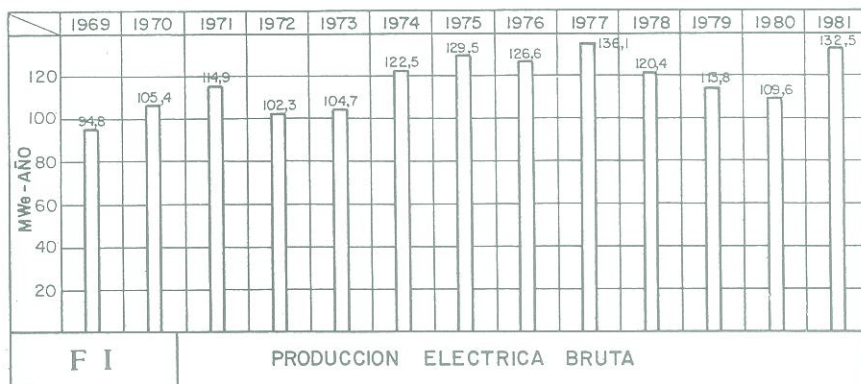
paradas por reparaciones, prácticamente inexistentes.

El factor del tiempo transcurrido desde el arranque se traduce en términos de incremento de dosis debido al aumento de los campos de radiación moti-

vados por la acumulación de contaminación en el circuito de refrigeración del reactor y en sus sistemas auxiliares.

Respecto a la relación entre la dosis colectiva y el número de horas de parada, se puede establecer una relación di-

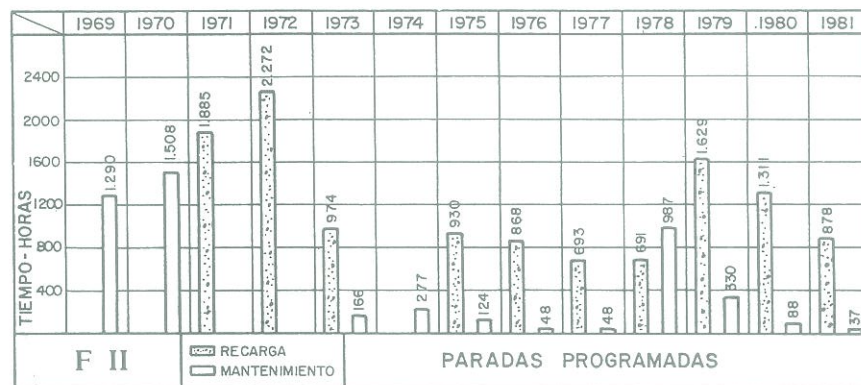
recta. Esto es notable especialmente en paradas para reparaciones en Zona Controlada, tal es el caso de la parada de 1978 por reparaciones en el Generador de Vapor. No obstante, se aprecia en el año 1981 un aumento en el número de personas y en la dosis colectiva equivalente, sin correspondencia en las horas totales de paradas. Esto es debido fundamentalmente a un incremento de operaciones de mantenimiento de sistemas auxiliares que no requirieron la parada de la planta (reparaciones del sistema de tratamiento de desechos, desmineralizadores y cambio de bastidores de almacenamiento de combustible irradiado).



DISTRIBUCION DE LA DOSIS COLECTIVA TOTAL

De la figura 4 se puede deducir que la fracción de la dosis colectiva que corresponde al grupo de mantenimiento se ha incrementado con el tiempo, y con especial significación en los últimos años.

Con referencia a la distribución entre el personal de plantilla y contratado de la central (figura 5), se aprecia que la fracción correspondiente al último grupo se ha incrementado con el tiempo. Esto es debido a un aumento en el número de trabajadores contratados, fundamentalmente para trabajos de mantenimiento.



EVOLUCION DEL NUMERO DE PERSONAS

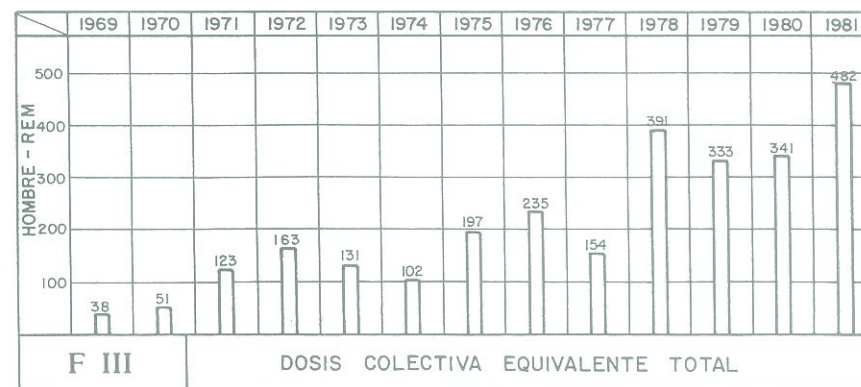
En la figura 6 se puede observar que el número de personal de plantilla ha variado muy poco en el período considerado, mientras que el número de personal contratado ha sido muy bajo durante los primeros años de operación y se ha visto incrementado posteriormente por las causas anteriormente mencionadas.

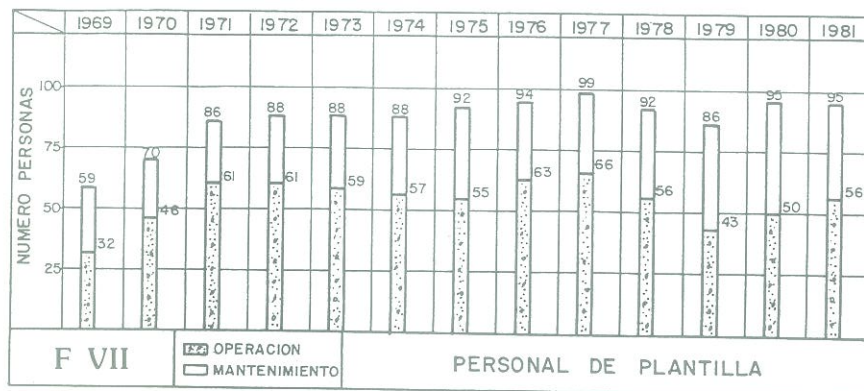
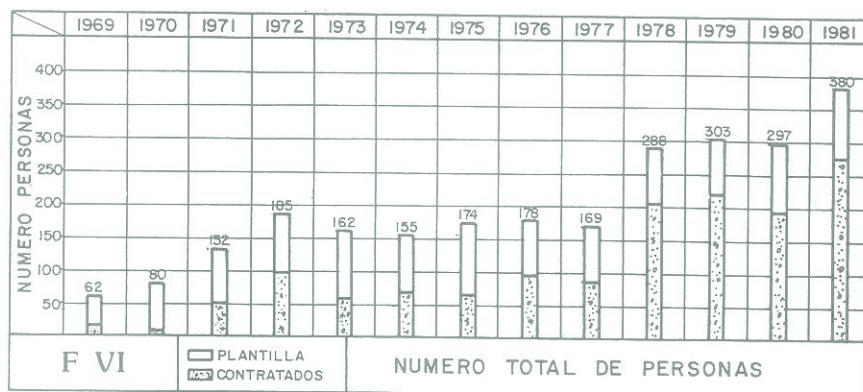
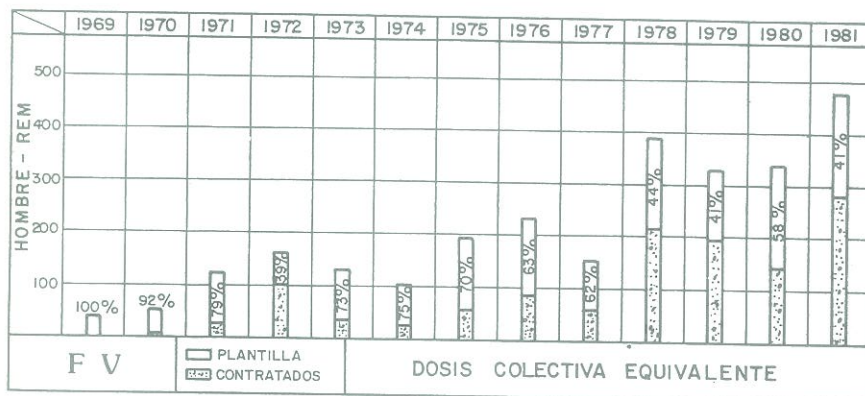
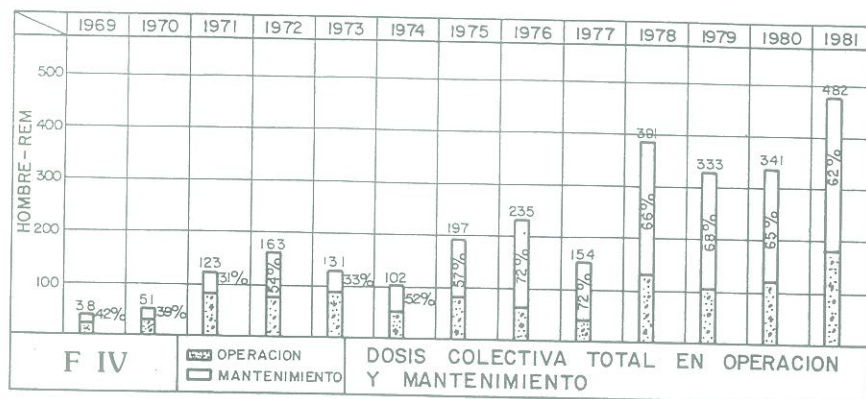
EVOLUCION DE LA DOSIS INDIVIDUAL MEDIA EQUIVALENTE

Esta evolución se puede apreciar en la figura 8. Ha permanecido por debajo de 1 rem/año hasta 1975 y por encima en los años siguientes excepto en 1977. El objetivo del programa de reducción de dosis es alcanzar de nuevo valores inferiores a 1 rem por persona y año.

CARGA RADIOLOGICA POR ENERGIA PRODUCIDA

Los valores de este parámetro (hom-bre-rem) x (MWe-año) está representado





en la figura 9. Se observan tres zonas. La primera corresponde al intervalo 67-70 con valores del orden de 0,5, la segunda de 1971-1977 con valores del orden de 1,2 y la tercera de 1978-1981 con valores del orden de 3.

El valor de la primera zona se explica considerando que en los primeros años de funcionamiento de la planta no hubo paradas por recarga y la mayoría de las paradas por mantenimiento fueron en zonas no radiactivas.

Los valores de la segunda zona están relacionados con el comienzo de las paradas por recarga, con el consiguiente aumento de la dosis colectiva.

En cuanto a la última zona, se debe a la acumulación de las paradas por recarga y trabajos extraordinarios de revisiones y mantenimiento preventivo e inspecciones de equipos en zonas radiactivas.

PROGRAMA DE REDUCCION DE DOSIS

El programa de reducción de dosis tiene dos aspectos. Uno es el establecimiento del criterio ALARA, y el otro es el uso de máquinas y herramientas más sofisticadas que permitan un ahorro de la exposición ocupacional.

El programa en la Central Nuclear «José Cabrera» puede ser resumido en los siguientes términos:

CRITERIO ALARA

Es el criterio básico para el establecimiento del programa de limitación de dosis, sus objetivos son:

- Todas las exposiciones deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

- No debe ponerse en práctica nada que no introduzca los límites recomendados, manteniendo una tolerancia que permita futuros desarrollos.

Para conseguir estos objetivos se estudia la aceptabilidad o no de una operación o actividad mediante un análisis coste-beneficio, cuyo propósito es garantizar que el detrimento total (carga radiológica estimada, costes para lograr un determinado nivel de protección, restricciones en el acceso o uso de determinadas áreas y equipos, etc.) sea pequeño en relación con el beneficio que representa la adopción de la actividad propuesta.

Estos estudios conducen en la práctica a:

- Suprimir todas las exposiciones innecesarias.
- Actualización y modificación de los procedimientos de trabajo con radiaciones.
- Limitación de los accesos a Zona Controlada.
- Programas estadísticos para conseguir una completa compaginación del blindaje, el tiempo y la distancia, tendientes a la reducción de dosis.

Esto se ha reflejado en las siguientes modificaciones:

- Nuevo sistema de embidonado.
- Modificación en los sistemas de apertura y cierre de los filtros, así como su ubicación.
- Nuevo sistema evaporador-concentrador.
- Maquetas para entrenamiento del personal.

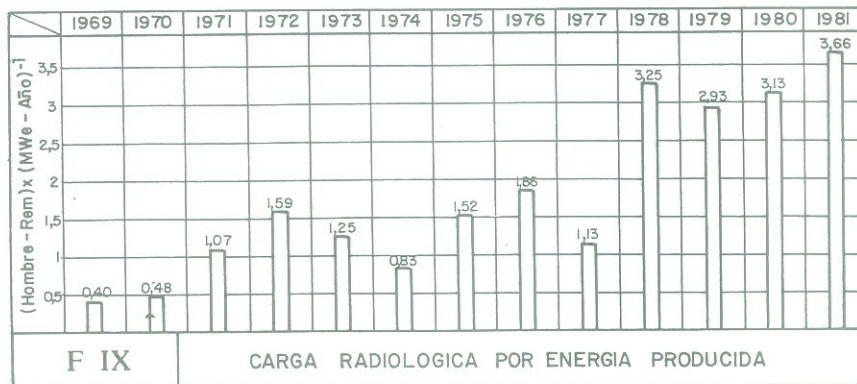
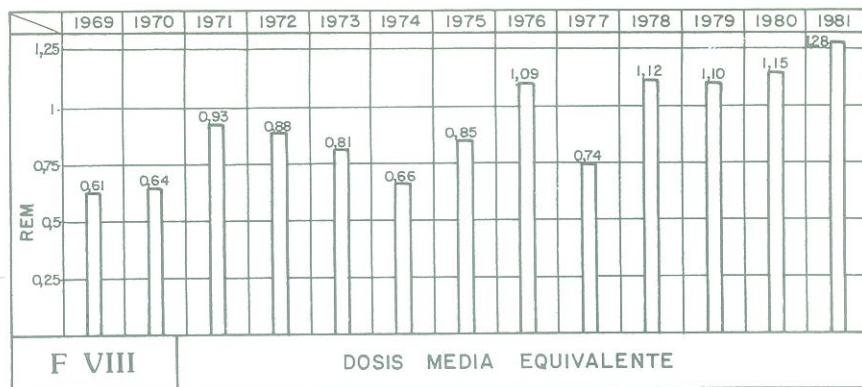
MAQUINAS Y HERRAMIENTAS

En primer lugar, se ha incrementado el número de blindajes, tanto fijos como portátiles, que han sido instalados en la Central. Entre ellos están:

- Diseño específico para la central de blindaje para los internals inferiores.
- Blindaje de filtros, tanques, etc.

Refiriéndose estrictamente a las máquinas y herramientas, se puede mencionar:

- Plantilla X-Y para el marcaje de los tubos del Generador de Vapor en lugar del marcaje manual que era el método utilizado anteriormente.



- Un nuevo sistema mecánico para la inspección Eddy Current Test de los tubos del Generador de Vapor.

Este sistema permite la inspección completa de una rama, suprimiendo de una manera muy significativa la entrada del personal.

Con estas modificaciones realizadas, en el año 1979, el total de las dosis como consecuencia del Eddy Current Test, se redujeron un 30 % aproximadamente.

- Puesta en servicio de una nueva herramienta para el cambio de aditamentos (barras de control y mezcladores de flujo) de los elementos combustibles.

- Sistema fijo de medición de niveles de radiación en determinados puntos de alta radiación, con indicación a distancia.

- La construcción de una maqueta de las cámaras de agua del Generador de Vapor para entrenamiento del personal que tiene que trabajar dentro de las cámaras.

REFERENCIAS

Archivo del Servicio de Protección Radiológica de la Central Nuclear «José Cabrera».
CIPR 26 - 1977.

**Las Empresas que trabajan
en el campo de la ENERGIA están en contacto
con nosotros para vender sus productos**

ANUNCIARSE EN

NUCLEAR ESPAÑA

**se traduce en conseguir
una comunicación directa**