



Comissão Nacional de Energia Nuclear-Brasil
Organismo Internacional de Energia Atômica



***CURSO REGIONAL DE CAPACITACION
SOBRE LOS SISTEMAS NACIONALES DE
CONTABILIDAD Y CONTROL DE
MATERIALES NUCLEARES***

11 a 22 de Abril de 1988
Rio de Janeiro

Experiencia extraída en el desarrollo del Programa de
Prueba de comportamiento de un sistema de contención
y vigilancia en la Central Nuclear Embalse

Ing. Mirta Lidia Arestín (CNEA)

INTRODUCCION

A partir del mes de Abril de 1983 se establecieron, mediante intercambio de notas entre el Gobierno Argentino y el Organismo Internacional de Energía Atómica, las condiciones que permitieron iniciar un programa de pruebas de comportamiento de un sistema de contención y vigilancia en la Central Nuclear Embalse. Este programa fue concebido para analizar el comportamiento de los componentes del sistema, con el propósito de determinar si su grado de confiabilidad era aceptable como para permitir su introducción como método rutinario de aplicación de salvaguardias. La duración inicial del programa fue prevista en un año, al cabo del cual se llevaría a cabo una evaluación conjunta.

Sin embargo, a la luz de la experiencia obtenida durante el primer año, la Secretaría del OIEA solicitó primero una prórroga y luego dos más, debido a que los resultados no alcanzaban las cifras objetivo de confiabilidad. Además, durante el desarrollo del programa, algunas de las partes integrantes del sistema fueron sustituidas, a solicitud de la Secretaría y con el acuerdo argentino. La última prórroga del programa ha extendido su duración hasta el 31 de Diciembre de 1988. En función de los resultados que se obtengan, serán tomadas las decisiones que se estimen corresponder.

Una vez concluida la evaluación conjunta, si los resultados fueran satisfactorios para las partes, el sistema de contención y vigilancia podría ser usado con propósitos rutinarios de aplicación de salvaguardias en la Central. Por lo tanto, debemos asumir que el sistema fue diseñado con la intención de contribuir con los objetivos de las salvaguardias, es decir:

- i) la detección oportuna de la desviación de una cantidad significativa de material nuclear de las actividades nucleares pacíficas, y
- ii) la disuación de tal desviación por el riesgo de la detección temprana.

1. Requerimientos fundamentales del sistema de contención y vigilancia (C/V) del Programa de Prueba

1.1 Requerimientos fundamentales para el OIEA.

Para satisfacer efectivamente los objetivos de las salvaguardias previamente mencionados, el sistema de C/V debería cumplir con los siguientes requerimientos:

i) Alcance adecuado:

Se debería cubrir cada uno de los caminos de desviación.

ii) Sensibilidad:

El sistema de C/V debería ser suficientemente sensible como para detectar la desviación de una cantidad significativa de material nuclear.

iii) Detección oportuna:

La detección de una desviación de material nuclear debería producirse poco tiempo después de que tuviera lugar.

iv) Eficacia:

El diseño del sistema debería ser tal que ante la falla de un equipo no se redujera significativamente la probabilidad de detección.

v) Indicación de interferencia:

Todos los equipos que formen parte del sistema deberían diseñarse con resistencia a la interferencia del valor de sus parámetros.

1.2 Requerimientos fundamentales de CNEA.

Para ser aceptado con fines de salvaguardias el sistema de C/V debería cumplir con los siguientes criterios:

i) No interferir:

El sistema no debería interferir la operación normal de la Central Nuclear Embalse (CNE).

ii) Efectividad:

El diseño del sistema debería ser tal que permitiera al OIEA en todo momento (excepto en casos de fuerza mayor) arribar a conclusiones en materia de salvaguardias.

iii) Confiabilidad:

Cada uno de los componentes del sistema debería alcanzar las cifras objetivo de confiabilidad.

iv) Probabilidad de falsa alarma:

La probabilidad de falsa alarma debería ser tan baja como sea posible, y en ningún caso mayor de 0,05%, de modo tal que se redujera la probabilidad de arribar a una conclusión errónea en materia de salvaguardias.

1.3 Alcance del presente texto.

El presente texto está comprendido por las siguientes secciones:

- Sección 2 Breve descripción de la CNE
- Sección 3 Manejo de combustible en la CNE
- Sección 4 Descripción de los equipos del sistema de contención y vigilancia del Programa de Prueba
- Sección 5 Actividades desarrolladas por personal del OIEA en cada misión del Programa de Prueba
- Sección 6 Ingreso y egreso de componentes del Programa de Prueba en la República Argentina

2. Breve descripción de la CNE

Esta descripción está enfocada para lograr una mejor comprensión de la aplicación del Programa de Prueba en la CNE.

2.1 Edificios.

La CNE consta principalmente de tres edificios interconectados, a saber: edificio del reactor, edificio de servicios y edificio de turbinas, existen además una serie de edificios secundarios, como la casa de bombas, el edificio de los generadores Diesel, administración, etc. Desde el punto de vista de las salvaguardias son importantes los edificios del reactor y de servicios dado que en ellos se aloja material (D₂O) y material nuclear.

El edificio del reactor es únicamente accesible a través de la esclusa principal de pasaje de equipos y de la esclusa de emergencia.

En el edificio de servicios están ubicados, entre otras instalaciones de servicio general, la sala de control, el recinto de almacenamiento de combustible fresco y los recintos de almacenamiento de combustibles irradiados, comprendidos por el recinto S-101 Pileta principal de combustible irradiado, S-102 Pileta de recepción y S-103 Pileta de combustible defectuoso.

2.2 Reactor.

2.2.1 Descripción básica.

El reactor consiste primordialmente de la calandria que posee 380 canales horizontales conteniendo el moderador/reflector de agua pesada. Cada canal presurizado puede alojar 12 elementos combustibles, refrigerados con agua pesada.

En la Figura 1 se puede observar un esquema del reactor y de los canales de combustible.

2.2.2 Control de la reactividad.

El reactor está equipado con absorbedores de neutrones líquidos y sólidos para lograr una parada del reactor. El "shutdown" rápido se logra incertando las 28 barras de cadmio o inyectando veneno líquido en el moderador. El reactor también está equipado con barras de ajuste para optimizar el flujo de neutrones y proveer exceso de reactividad, y conjuntos de control zonal que ajustan el nivel de flujo de neutrones en diferentes zonas del núcleo. Para medir el flujo de neutrones se utilizan detectores de flujo.

2.2.3 Sistema primario de transporte de calor (SPTC).

La función del SPTC es eliminar el calor producido por la fisión del uranio contenido en el combustible, para ello se diseñaron dos circuitos que proveen flujo refrigerante bidireccional a través del núcleo, de tal modo que el flujo circula en direcciones opuestas en canales adyacentes. El sistema primario de transporte de calor, en su parte esencial, incluye las bombas de circulación, los colectores, los tubos de entrada y salida de cada canal de combustible, los generadores de vapor y el presurizador.

En la Figura 2 se presenta un diagrama de flujo simplificado del sistema primario de transporte de calor.

2.2.4 Elementos combustibles

Cada elemento combustible está formado por 37 barras combustibles, que constan de 19 pastillas sinterizadas de UO_2 natural cada una, las barras están selladas en ambos extremos de una vaina de Zircaloy.

Las 37 barras combustibles están soldadas a dos placas de extremo para formar un elemento combustible. Los elementos están separados por espaciadores partidos soldados por "brazing" a las barras combustibles (Fig. 3). Cada elemento contiene 21,2 kg de óxido de uranio natural con un contenido de 18,7 kg de uranio. Cada elemento es relativamente liviano en peso (23,5 kg) y el combustible nuevo puede manejarse manualmente.

El núcleo del reactor alberga 4.560 elementos combustibles repartidos en 380 canales (12 elementos por canal).

Cada elemento combustible posee un número de serie que permite su identificación.

3. Manejo de combustible en la CNE

En la Figura 4 se muestra la secuencia de manejo de combustible.

3.1 Manejo de combustible fresco.

El combustible fresco se recibe, se inspecciona por personal de la CNE, y se almacena en el edificio de servicio, cuando la operación del reactor así lo requiere se transfiere al edificio del reactor a través de la esclusa principal de pasaje de equipos.

El combustible fresco se carga manualmente en los magazines de los puertos de combustible nuevo, los que penetran dentro de las salas de mantenimiento de las máquinas de recambio.

3.2 Recambio de combustible.

El equipo para recambio del combustible durante la operación del reactor consiste en dos máquinas de recambio (M/R) idénticas, no blindadas, que son operadas remotamente. Las máquinas de recambio están normalmente almacenadas en dos esclusas de mantenimiento para las M/R, y están suspendidas en rieles. Cada par de rieles conecta con un puente en cada frente del reactor. Las esclusas de mantenimiento de la M/R están separadas del reactor por medio de puertas de blindaje motorizadas y cuando están cerradas, permiten

el acceso a las M/R mientras el reactor está operando a plena potencia.

Mientras están en la esclusa de mantenimiento, las M/R pueden enclavar en el puerto de combustible nuevo para aceptar combustible nuevo, en el puerto de mantenimiento para mantenimiento o en el puerto de combustible irradiado para descargar combustible irradiado.

Las operaciones con el reactor se hacen por control remoto. Una de las M/R se enclava con el puerto de combustible nuevo y acepta, por ejemplo, 8 manojos de combustible nuevo. Las puertas de blindaje se abren y las máquinas se desplazan por los rieles hasta los puentes de la M/R en cada frente del reactor. Los puentes se levantan de manera que las máquinas quedan ubicadas a cada extremo del canal de combustible seleccionado. Por lo tanto el desplazamiento se realiza exclusivamente sobre un plano fijo paralelo a la cara del reactor.

Ambas máquinas de recambio avanzan hasta su posición y se enclavan con el adaptador terminal del canal de combustible para formar una unión segura y a prueba de filtraciones con el canal. Se retiran los tapones en las embocaduras de las máquinas y cada máquina es presurizada a la misma presión que existe en el adaptador terminal. Las máquinas de recambio retiran los cierres de los canales de combustible, almacenándolos en su depósito. La máquina en el extremo aguas arriba del canal de combustible retira el tapón de blindaje e introduce combustible nuevo en el canal desde su depósito. La máquina aguas abajo retira el tapón de blindaje y recibe el combustible agotado, que también es almacenado en su depósito. En cada posición del depósito se pueden recibir dos elementos combustibles. Cualquiera de las dos máquinas puede cargar o recibir combustible, según la dirección del flujo de agua pesada en el canal que se está recambiando, normalmente el recambio se realiza en la dirección del flujo.

Cuando se ha introducido el número de elementos combustibles necesario, se reponen los tapones de blindaje y los cierres de los canales y se revisa si los cierres tienen filtraciones. Las máquinas reponen los tapones en las embocaduras, se las retira de los adaptadores terminales para llevarlas a las esclusas de mantenimiento de las máquinas de recambio o a otro canal de combustible para otra operación de recambio.

Al volver a las esclusas de mantenimiento, la máquina que contiene el combustible irradiado lo descarga por el puerto de combustible irradiado.

Normalmente se realizan por día varias operaciones de recambio, y en cada una de ellas se introducen 8 elementos combustibles en una máquina de recambio, mientras que se descargan 8 elementos combustibles en la otra.

3.3 Manejo de combustible irradiado.

Como ya se ha mencionado, el combustible irradiado se descarga de la máquina de recambio al puerto de combustible irradiado, entra en el elevador de descarga ubicado en el recinto de combustible irradiado, realiza un recorrido en aire y luego desciende por medio de un carro sumergido en agua que transporta el combustible a través del canal de transferencia hacia la pileta de recepción. En la pileta de recepción el combustible se aloja en bandejas que pueden contener 24 elementos cada una, estas bandejas se transfieren a través de una abertura a la pileta de almacenamiento donde finalmente se apilan para formar las jaulas, cada jaula completa tiene 19 bandejas con 24 elementos combustibles cada una (456 elementos combustibles en cada jaula).

Los elementos combustibles defectuosos se colocan en latas en el recinto de transferencia de combustible irradiado; los elementos combustibles así enlatados para disminuir la contaminación, se transfieren a la pileta de combustible defectuoso.

4. Descripción de los equipos del sistema de contención y vigilancia del Programa de Prueba

El sistema de contención y vigilancia está formado por los siguientes equipos:

- circuito cerrado de televisión
- cámaras filmadoras
- contadores de elementos combustibles
- monitores SI/NO
- sistema de sellos
- verificador de elementos combustibles irradiados

Para la ubicación de los equipos del Programa de Prueba ver Figura 5.

4.1 Circuito cerrado de televisión (CCTV).

El circuito cerrado de televisión inicialmente instalado en la CNE consistía en 8 cámaras de TV, un disco de video y 8 grabadores de video cassette, un monitor, detectores de movimiento, una unidad de control del temporizador y una Unidad de Procesamiento Central. Este CCTV era un diseño canadiense concebido para centrales CANDU 600 MW, luego de evaluar su comportamiento durante el período de operación correspondiente a Mayo de 1983 - Octubre de 1983, el OIEA elaboró un Informe Provisional correspondiente a este período, donde se arribó a la conclusión que la confiabilidad del CCTV era inaceptablemente baja, o bien, para lograr una confiabilidad razonable (90%), el período entre misiones del OIEA en la CNE debería ser 5 días, lo cual resultaba inadmisiblemente breve.

Por lo tanto en este Informe Provisional, se recomendaba la sustitución del CCTV. El Informe Provisional comprendía la evaluación del comportamiento del sistema de contención y vigilancia instalado en cuatro centrales nucleares dotadas de reactores CANDU de 600 MW. A pedido de las autoridades argentinas el OIEA elaboró posteriormente un informe correspondiente exclusivamente a la CNE, donde se confirmaban las recomendaciones del Informe Provisional.

Por lo tanto, con el acuerdo de las autoridades argentinas, el OIEA inició la operación del nuevo CCTV el 26-01-84.

Actualmente, el CCTV está formado por ocho cámaras de TV y ocho grabadores de intervalo prefijado (GIP). Cada cámara de TV envía las imágenes a un GIP y esta información es grabada en un video cassette.

Los grabadores de intervalo prefijado están instalados en una sala de la CNE cuyo acceso está restringido a personal del OIEA y a personal de la División Control de Materiales Nucleares (DCMN) de CNEA que acompaña a personal del Organismo en cada misión en la Central, esta reglamentación sólo se exceptuaría en caso de emergencia.

La consola que alberga los GIP está precintada, con precintos convencionales del OIEA y la sala en su conjunto permanece cerrada con llave. En los períodos de ausencia de personal del OIEA y de la DCMN esta llave permanece bajo la custodia de personal de Seguridad Física de la Central.

En esta sala los inspectores del OIEA realizan la revisión de los videocassettes en presencia de personal de la DCMN, teniendo la posibilidad de esclarecer todo movimiento u operación no rutinario registrado por el CCTV.

Las cámaras de TV están distribuidas del siguiente modo:

Cámara TV1	Frente de la calandria lado N
Cámara TV2	" " " " " S
Cámara TV3	Sala de mantenimiento de la M/R lado N
Cámara TV4	" " " " " " S
Cámara TV5	Pileta principal de combustible irradiado
Cámara TV6	" " " " " "
Cámara TV7	Pileta de recepción
Cámara TV8	" " " "

El CCTV así concebido permite la vigilancia de la ruta que toma el combustible irradiado durante la transferencia desde los canales de combustible en la calandria hasta la salida a las piletas, ya que, mediante el CCTV pueden observarse todos los movimientos de las máquinas de recambio, ambos frentes de la calandria y las tres piletas de combustible irradiado.

Las cámaras TV1, 2, 3, 4, tienen un montaje especial que permite su extracción por razones de mantenimiento, a través de conductos ubicados en el último nivel de la Central, ya que las cámaras TV1 y 2 son inaccesibles cuando el reactor se encuentra en operación.

Si bien el comportamiento del CCTV ha mejorado considerablemente aún no se han alcanzado las cifras objetivo de confiabilidad.

Este hecho junto con las modificaciones que el OIEA ha manifestado tener intención de introducir hacen necesaria la continuación del Programa de Prueba.

4.2 Cámaras filmadoras.

Las cámaras filmadoras originalmente instaladas en la CNE, de diseño canadiense, poseían sensores de radiación y de movimiento que permitían el funcionamiento de las cámaras si se producían esos eventos, de ese modo se reducía al mínimo la necesidad de ver lo filmado.

Luego de realizar la primera evaluación del comportamiento de estas cámaras filmadoras, el OIEA arribó a la conclusión que las características adicionales de las cámaras filmadoras CANDU no compensaban la considerable pérdida de confiabilidad frente a las cámaras Minolta gemelas.

Por lo tanto, con el acuerdo de las autoridades argentinas el OIEA reemplazó las cámaras CANDU por las Minolta gemelas en Mayo de 1984.

Inicialmente el OIEA había instalado cuatro cámaras filmadoras (CF) con la siguiente distribución:

- CF1 Puerto de combustible nuevo
- CF2 " " " "
- CF3 Pileta de recepción (combustible irradiado)
- CF4 " " combustible defectuoso (combustible irradiado)

Con el acuerdo de las autoridades argentinas el OIEA instaló posteriormente tres cámaras filmadoras adicionales a fin de complementar el nuevo sistema de CCTV en las siguientes ubicaciones:

- CF5 Pileta de recepción (combustible irradiado)
- CF6 Pileta de recepción (combustible irradiado)
- CF7 Pileta principal de almacenamiento (combustible irradiado)

Con la CF6 se logra una mejor cobertura de una de las puertas de acceso a la pileta de recepción y con la CF7 se vigila en mejores condiciones la puerta de salida en caso de emergencia de la pileta principal de almacenamiento.

Las cámaras filmadoras así distribuidas permiten la vigilancia del área de puerto de combustible nuevo y de las tres piletas de combustible irradiado.

En algunos casos el sistema de vigilancia es redundante ya que la pileta principal de almacenamiento y la pileta de recepción están vigiladas por el CCTV y por las cámaras filmadoras, lo que evita la pérdida de vigilancia si falla uno de los dos sistemas.

Las películas de las cámaras filmadoras se manejan de acuerdo al "Procedimiento para el tratamiento de las películas de vigilancia MFX en la Argentina", este procedimiento contempla el revelado y la revisión de las películas en el Laboratorio OIEA/CNEA, que inició su operación en Marzo de 1987.

Las cámaras filmadoras han alcanzado la cifra objetivo de confiabilidad en la CNE, especialmente debido a la política del Organismo de sustituir las cámaras antes de que se produzca la falla, una vez que las cámaras superan los 30.000 cuadros.

4.3 Contadores de elementos combustibles (CEC).

Los contadores de elementos combustibles irradiados registran cada uno de los movimientos de combustible irradiado entre el reactor y la piletta de almacenamiento de combustible irradiado.

En la CNE se han instalado dos CEC, cada contador consiste de cuatro detectores Geiger, ubicados en proximidad al puerto de combustible irradiado, en la zona de descarga en aire, y de dos cerramientos con resistencia a interferencia que contienen los dispositivos electrónicos de procesamiento de datos y los cargadores de baterías, ubicados en la zona de puerto de combustible nuevo atravesando la esclusa principal de pasaje de equipos, esta zona es de fácil acceso simplificando así el mantenimiento de los contadores.

El espaciado de los contadores Geiger está determinado por la longitud del elemento combustible de manera tal que se puede diferenciar la transferencia de uno o dos elementos, como así también la dirección de la transferencia (reactor a piletas o piletas a reactor).

Cada detector Geiger se encuentra en un colimador de plomo y uranio empobrecido; el colimador tiene un alojamiento para el Geiger y una abertura de colimación cuya geometría está determinada por los requisitos de blindaje de manera tal de obtener en el instante de la transferencia de material irradiado una indicación clara que identifique el paso del combustible. Además existe una tasa de exposición umbral de disparo de los detectores, cuyo valor está por encima de la tasa de exposición existente en esta zona.

La unión entre el procesador electrónico de datos y los detectores Geiger se efectúa por medio de conductos que penetran el contenimiento en el área de transferencia de combustible nuevo (el contenimiento es de hormigón armado y tiene un espesor de 1,20 m), estos conductos permiten el reemplazo de los detectores Geiger desde la zona de combustible nuevo si así fuera necesario, ya que cuando el reactor está operando no es posible acceder a la zona de descarga de combustible irradiado donde están instalados los detectores Geiger.

El contador de elementos combustibles posee las siguientes funciones:

- Registra el número de elementos combustibles irradiados y herramientas activas (si la actividad de las herramientas produce una tasa de exposición mayor que la tasa de exposición umbral producida por la fuente de radiación Gamma (Co-60) de los detectores) que se transfieren a la pala del mecanismo de transferencia de combustible.
- Registra el día y la hora de dicha transferencia.

Estos registros poseen además un código numérico cuya interpretación permite conocer si la transferencia fue de uno o dos elementos combustibles, como así también su dirección. También se previó en el diseño del contador, el registro de errores secuenciales, con códigos diferentes, que tienen la finalidad de indicar movimientos no rutinarios del combustible (por ejemplo, una operación manual, un combustible "atascado", etc).

El procesador electrónico de datos imprime toda esta información en una cinta de papel o "print-out" y todo el conjunto permanece cerrado con precintos del OIEA a disposición de los inspectores del Organismo, cuando así lo requieren.

4.3.1 Problemas surgidos en los contadores de elementos combustibles.

Como antes se mencionó los errores secuenciales (ES), previenen por diseño la detección de movimientos no rutinarios de combustible; en este sentido el término "error" no es apropiado, porque lo que detecta es una secuencia no rutinaria del combustible.

En la CNE se produjeron dos tipos de errores secuenciales, a saber:

- Los que no están relacionados con el movimiento del combustible irradiado.
- Los que están directamente relacionados con el movimiento del combustible irradiado.

4.3.1.1 Errores secuenciales no relacionados a movimiento de elementos combustibles.

Este tipo de ES surgieron desde el inicio del Programa de Prueba (Mayo/83) y recién pudieron solucionarse parcialmente en No-

viembre de 1983. En los primeros dos informes de evaluación del Programa de Prueba elaborados por el OIEA, se menciona que estos ES eran causados por la corrosión del conector LEMO alojado en la vaina impermeable bajo los enchufes del piso del conjunto.

El producto de la corrosión ocasionó un cortocircuito aleatorio en la espiga de señal desde la espiga del conector de alimentación eléctrica del Geiger de más de 500 V, con la consiguiente producción de una corriente eléctrica en el circuito de entrada del Geiger. Estas corrientes, por ser aleatorias, no se produjeron en el orden característico de una descarga normal de combustible irradiado, de modo que la microcomputadora del contador diagnóstico un movimiento no rutinario de combustible, o error secuencial.

En el intervalo de tiempo en que se producía el ES, el contador quedaba inhabilitado de detectar una descarga de elementos combustibles, dado que existía pérdida de función. No obstante, la CNE en ese entonces estaba iniciando su operación y sólo había realizado una descarga de combustible que fue detectada correctamente.

Los ES de este tipo volvieron a aparecer en Marzo, Abril y Mayo de 1984, por este motivo el OIEA decidió el reemplazo del cable y el conjunto de la cabeza del Geiger N°3, con lo cual se redujo considerablemente la cantidad de ES de esta naturaleza.

4.3.1.2 Errores secuenciales relacionados con el movimiento de elementos combustibles.

El sistema electrónico del contador de elementos combustibles se diseñó para que observara una secuencia de activación de los detectores Geiger con movimientos normales de elementos combustibles; también se previó que observe estos movimientos dentro de un intervalo de tiempo. Si se cumplen ambas condiciones, secuencia e intervalo, el sistema imprime un código estándar (22-2); si una o ambas condiciones no se cumplen, en el "print-out" se registra un ES, bajo un código numérico diferente.

Posteriormente, el OIEA pudo determinar que la radiación dispersa da lugar a la aparición de este tipo de ES, ya que se produce el disparo prematuro del Geiger N°3 y contribuye a la desconexión del conjunto lógico del contador; la radiación dispersa puede hacer también que descargas simples se cuenten como dobles.

En la CNE apareció este tipo de ES recién en Marzo de 1984.

Otro tipo de fenómeno que da lugar a este tipo de ES es la migración de plomo hacia la ventana del colimador del Geiger N°2. El resultado de la migración de plomo es un blindaje adicional entre el combustible irradiado y el Geiger N°2. Ocasionalmente, con combustibles de bajo quemado, la corriente del Geiger N°2 resulta muy baja para activar sus circuitos conexos. La presencia del elemento combustible no es detectada por el conjunto lógico del contador, en consecuencia, se produce un ES.

Este fenómeno ha generado ES en los contadores de elementos combustibles de la CNE en numerosas ocasiones, por lo que el OIEA tiene previsto efectuar perforaciones en los colimadores de los Geiger N°1,2 y 3 para insertar camisas de acero inoxidable y solucionar de este modo la migración de plomo; esta reparación tendrá lugar durante una parada del reactor, ya que el recinto donde están instalados los conjuntos Geiger no es accesible cuando el reactor está operando.

4.3.1.2 Baja carga en las baterías.

Se produjeron dos pérdidas de función importantes debido a baja carga de las baterías, la primera fue descubierta en la misión del 04 al 06 de Diciembre de 1984 con una duración de seis días y la segunda se descubrió en la misión del 12 al 14 de febrero de 1985 con una duración de doce días. Si bien es cierto que en la primera de estas dos fallas no hubo descarga de elementos combustibles, por parada del reactor, también es cierto que si realmente se hubiera producido movimiento de elementos combustibles el contador no los habría detectado ya que durante este intervalo el contador tenía pérdida de función.

4.4 Monitores SI/NO

Los monitores SI/NO son dosímetros fotoluminiscentes que permiten detectar radiación. En situación rutinaria, la lectura de estos dosímetros sólo debe arrojar los valores normales de radiación de fondo.

Se instalaron cuatro monitores SI/NO distribuidos del siguiente modo: uno en cada uno de los puertos de combustible nuevo y de reserva de la máquina de recambio y en la pileta principal de combustible irradiado se instalaron otros dos monitores SI/NO en el sistema de purificación del agua, controlando el eventual paso de piezas de elementos combustibles a través de esta cañería.

Según lo declarado por el OIEA en los informes de evaluación del Programa de Prueba (el último informe recibido por CNEA corresponde al período Mayo/85-Mayo/86), los resultados obtenidos muestran que los monitores SI/NO de la CNE han indicado únicamente niveles bajos de radiación, siempre por debajo de 25 mGy. El límite de alarma es 300 mGy.

4.5 Sistema de sellos.

El OIEA tenía prevista la instalación de sellos ultrasónicos a unidades de contención.

Las unidades de contención consisten cada una en dos pilas de 19 bandejas de alto que actúan como barreras naturales, apoyadas en una base común, éstas deberían estar sujetas por una barra vertical en cuya parte superior se debería instalar un precinto ultrasónico.

En el informe sobre los resultados de Programa de Prueba correspondiente a Mayo/84-Mayo/85, el OIEA menciona que tenía previsto realizar ensayos sobre el terreno en una central canadiense con reactor CANDU de 600 MW a comienzos de 1986, en los siguientes tipos de sellos:

- sello ultrasónico ARC, verificable in situ.
- sello tipo x, no verificable in situ, que consiste en una versión de acero inoxidable resistente a la corrosión del precinto estándar del Organismo tipo E.

El OIEA manifestó haber sufrido algunas demoras en los ensayos de los sellos ultrasónicos sobre el terreno, de modo que hasta la fecha no hay ningún sistema de precintado del combustible irradiado en la CNE.

4.6 Verificador de elementos combustibles irradiados.

Este verificador es un dispositivo óptico utilizado para visualizar la radiación Cerenkov del combustible irradiado.

El problema que surgía con el diseño inicial del verificador, consistía en la necesidad de eliminar la iluminación en la zona de piletas (lo que en muchos casos es inaceptable para el operador por razones de seguridad), donde se requería su uso, porque este dispositivo no diferenciaba la longitud de onda de la radiación gamma de la longitud de onda de la luz visible, este inconveniente

niente ha sido superado con un nuevo diseño, que aún no se ha utilizado en la CNE.

4.7. Medidas de contención.

4.7.1 En el último nivel del edificio del reactor el OIEA ha aplicado precintos con indicación de interferencia convencionales en todas las tapas de los orificios de pasajes de equipos.

Estos orificios fueron necesarios en el momento en que se realizó el montaje de la CNE y actualmente el OIEA ha aplicado medidas de contención a este eventual camino de desviación de material nuclear.

Estos orificios están ubicados en los siguientes recintos:

R003	dos precintos
R004	dos precintos
R007	ocho precintos
R008	ocho precintos

Como se mencionó en el punto 4.4 precedente, además se aplicaron precintos en: cada uno de los puertos de combustible nuevo (dos), cada uno de los puertos de reserva de la máquina de recambio (dos) y en el sistema de purificación de agua de la pileta principal de combustible irradiado (dos).

4.7.2 También el OIEA ha aplicado precintos en cada uno de sus equipos, pero en este caso fundamentalmente con la finalidad de que el valor de sus parámetros no sea modificado, ya que los precintos tienen indicación de interferencia.

En estas condiciones se hallan los siguientes equipos:

- cuatro gabinetes que alojan los procesadores electrónicos de datos y las baterías de los contadores de elementos combustibles.
- ocho tapas de los conductos de inserción de los detectores Geiger.
- siete cámaras filmadoras.
- cuatro tapas de los conductos por donde se puede acceder a las cámaras de TV ubicadas frente a la calandria y en la sala de mantenimiento de la máquina de recambio.

- una consola que alberga los ocho grabadores a intervalo prefijado y una puerta de almacenamiento ubicada detrás de la consola que contiene las baterías del CCTV que constituyen el suministro alternativo de energía en caso de corte de energía Clase III en la CNE.

5. Actividades desarrolladas por personal del OIEA en cada misión del Programa de Prueba.

El OIEA ha efectuado anualmente 10 misiones en relación con el Programa de Prueba en la CNE hasta el presente; en cada misión el personal del OIEA es acompañado por personal de la DCMN de CNEA.

Inicialmente además de los inspectores del OIEA asistía a cada misión personal de la División de Desarrollo y Servicios Técnicos del OIEA, que ayudaba a capacitar a los inspectores en el empleo del sistema de C/V (especialmente el CCTV y el contador de elementos combustibles) y para efectuar reparaciones en el sistema de C/V.

Actualmente, dado que los inspectores del OIEA han adquirido experiencia sólo es necesaria la asistencia de personal de la División de Desarrollo y Servicios Técnicos cuando es necesario efectuar reparaciones específicas en alguno de los equipos del sistema de C/V.

En el transcurso de cada misión los inspectores del OIEA desarrollan las siguientes actividades:

- i) Control de las cámaras filmadoras y reemplazo de las películas. Como se mencionó precedentemente estas películas son reveladas y revisadas en el Laboratorio OIEA/CNEA.
- ii) Control de los contadores de elementos combustibles.
- iii) Reemplazo de los Monitores SI/NO.
- iv) Revisión de los ocho video cassettes que registran las imágenes de las cámaras de TV grabadas por los grabadores de intervalo prefijado.
- v) Control de la información registrada en los dos print-out de los contadores de elementos combustibles, comparándolos con los registros de movimientos de elementos combustibles de la CNE.

- vi) Control del circuito cerrado de televisión.
- vii) Renovación de los precintos del OIEA.
- viii) Confección del "System Fault Report", informe de fallas del sistema.

Es necesario aclarar que cada vez que el OIEA concurre a la CNE para efectuar una misión del Programa de Prueba, realiza además una inspección de salvaguardias, por lo tanto, a la actividad previamente mencionada se agrega la actividad de inspección, constituida por la auditoría de los registros contables y operativos de la CNE y una vez por año la Verificación del Inventario Físico.

6. Ingreso y egreso de componentes del Programa de Prueba en la República Argentina

A partir de Enero de 1987 CNEA ha implementado un procedimiento para el ingreso y egreso de componentes en la República Argentina con las Naciones Unidas, haciendo uso del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo.

Este procedimiento permitió remontar inconvenientes que producían demoras, demostrando ser muy efectivo desde su puesta en práctica.

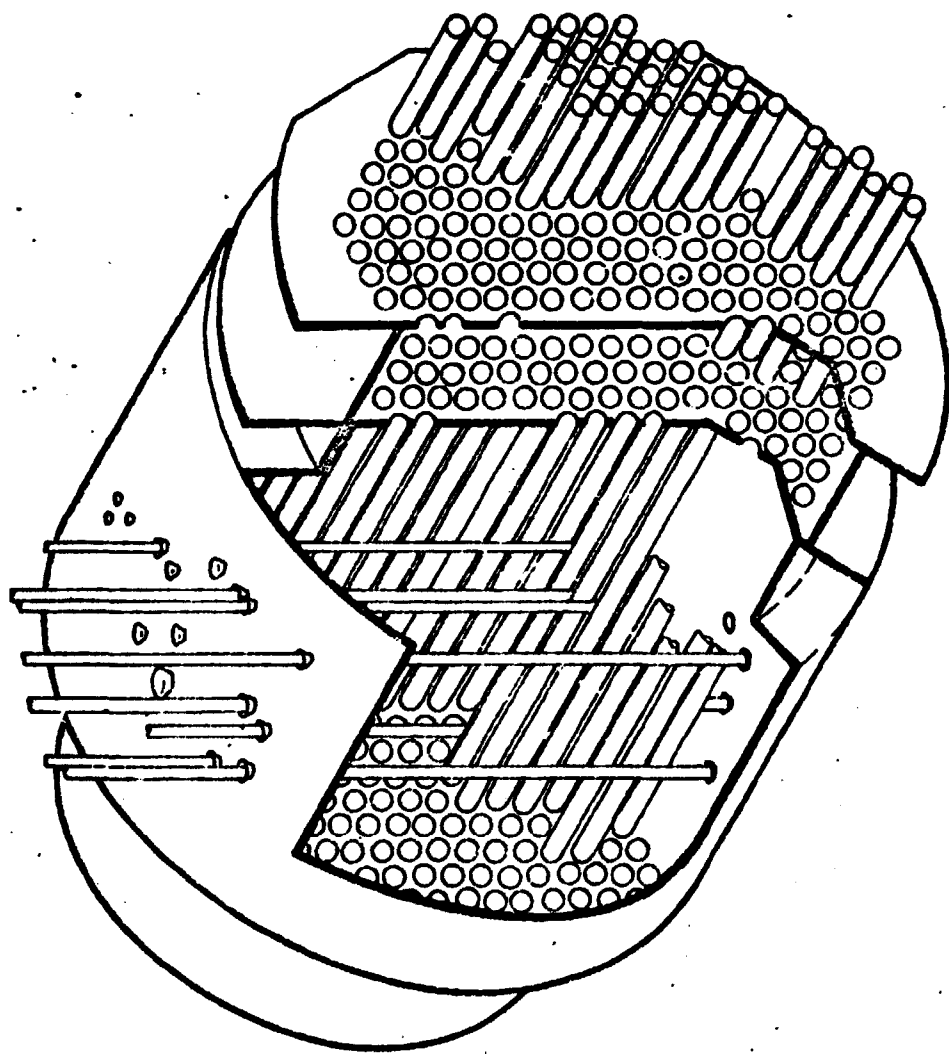
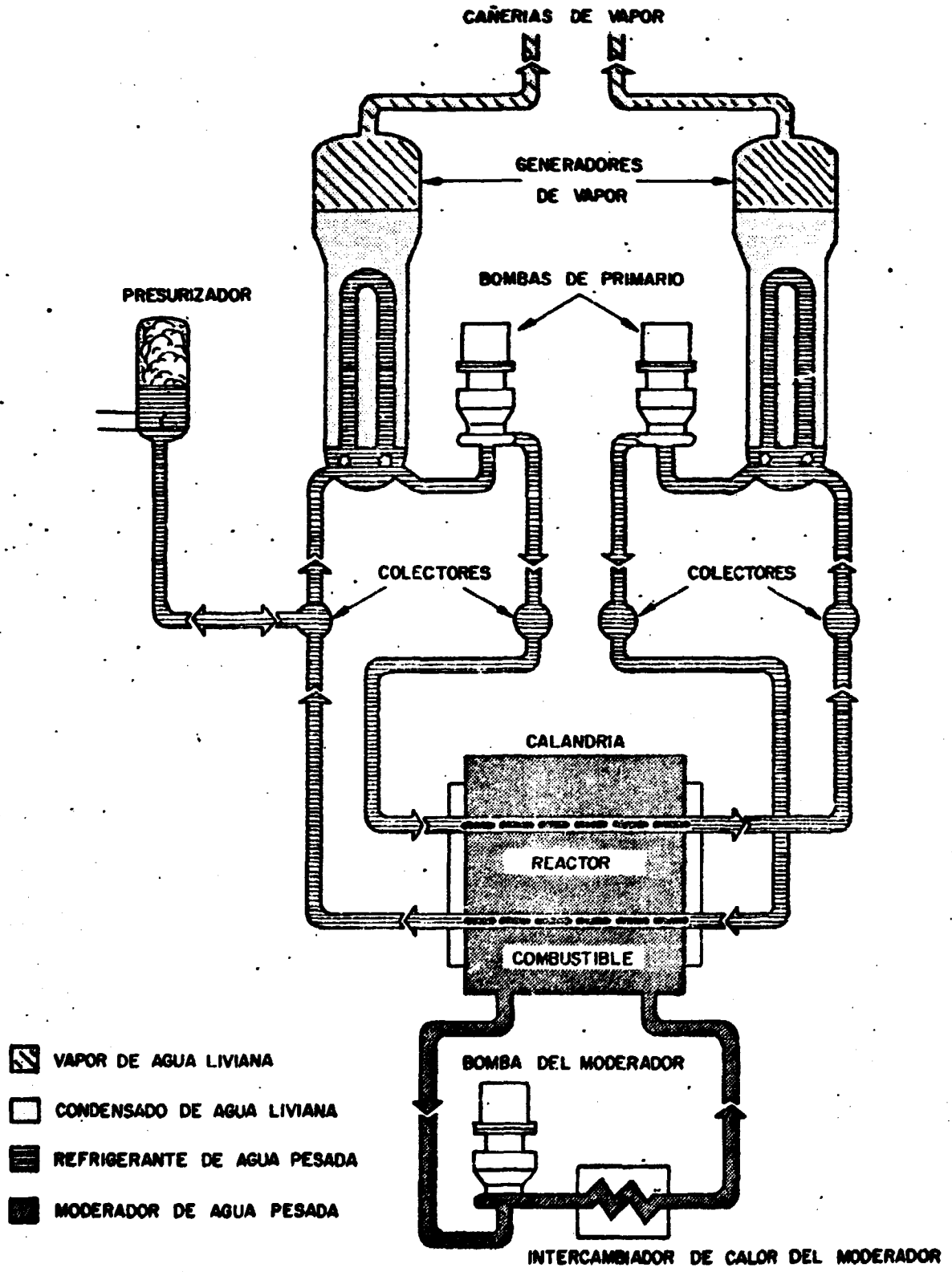


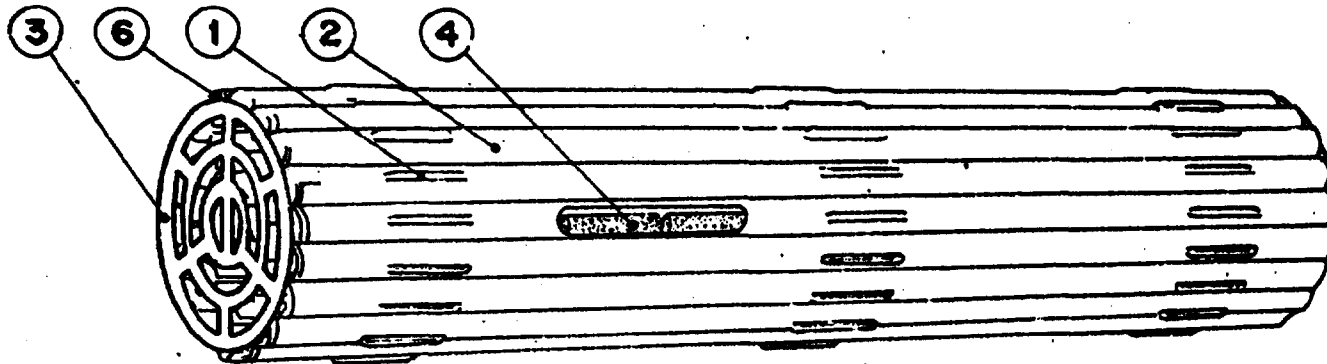
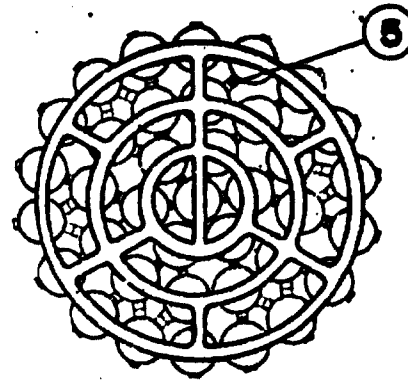
Figura 1 - REACTOR



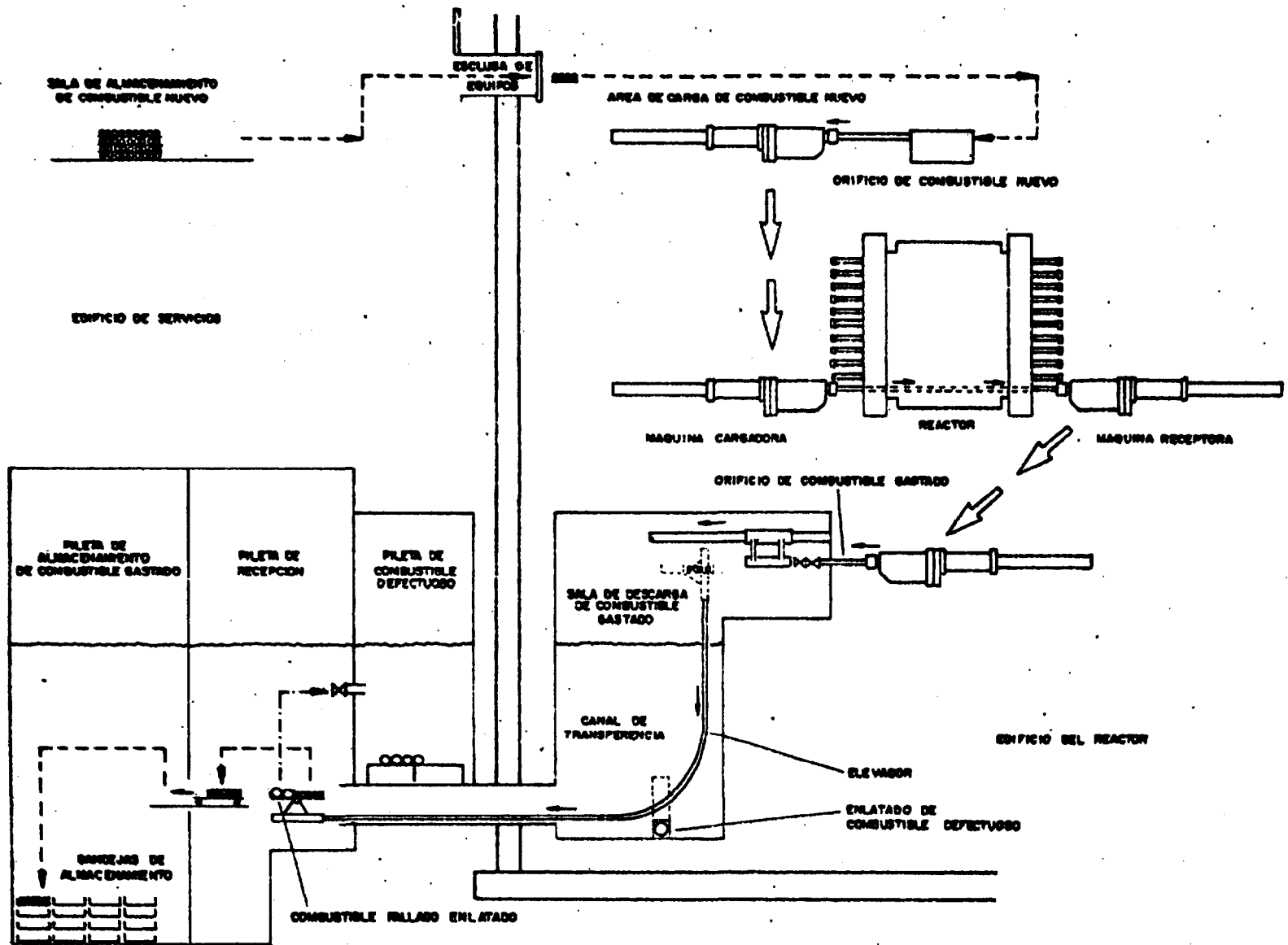
SISTEMA PRIMARIO DE TRANSPORTE DE CALOR

FIGURA_2

- 1 - PATINES DE ROZAMIENTO DE ZIRCALOY
- 2 - VAINA DE COMBUSTIBLE - ZIRCALOY
- 3 - PLACA DE EXTREMO - ZIRCALOY
- 4 - PASTILLAS DE DIOXIDO DE URANIO
- 5 - ESPACIADORES ENTRE BARRAS
- 6 - TAPONES DE EXTREMO



**Figura 3 - ELEMENTO COMBUSTIBLE
(37 BARRAS)**



SECUENCIA DE MANEJO DEL COMBUSTIBLE

FIGURA_4

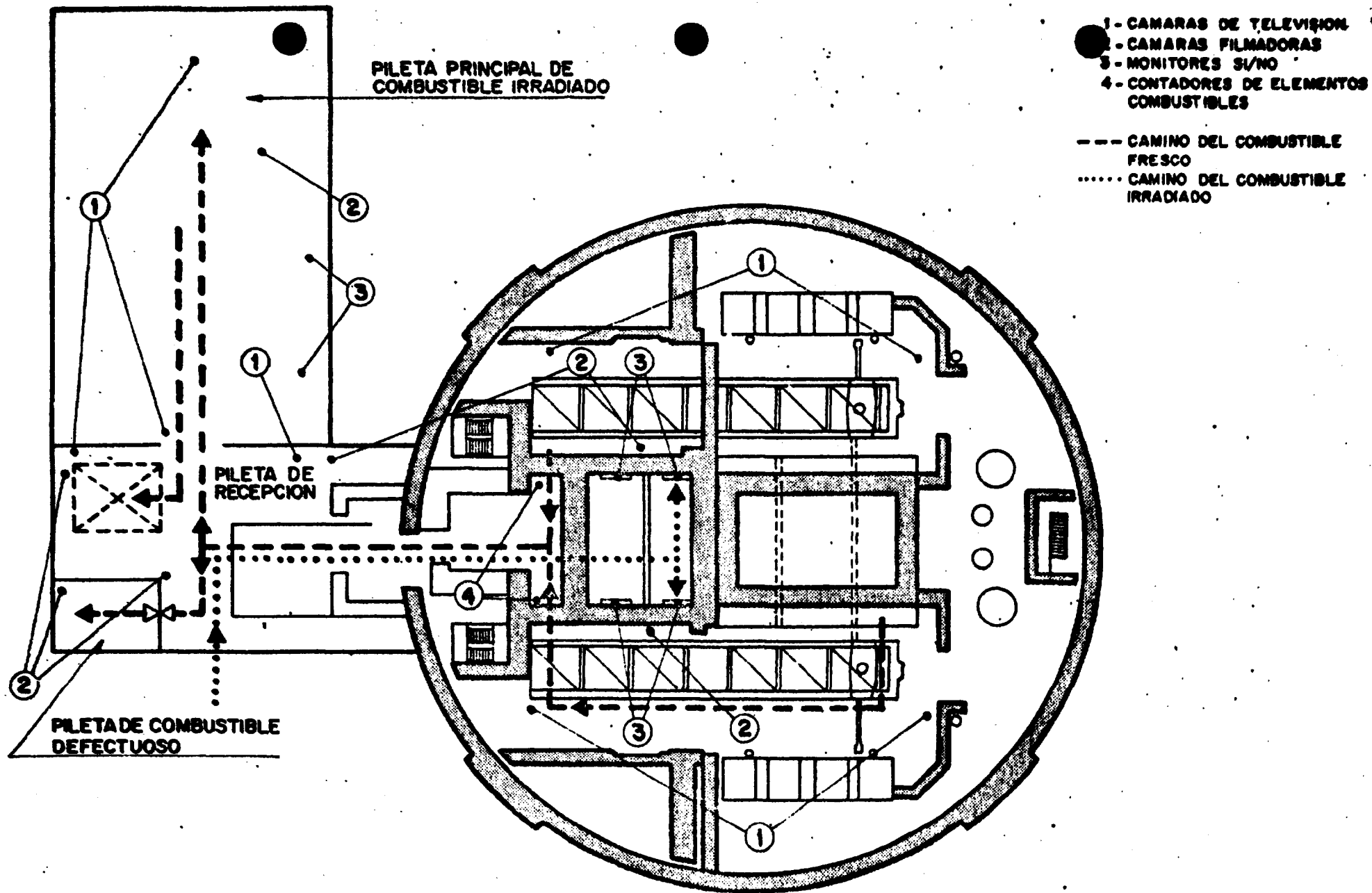


FIGURA 5 - UBICACION DE LOS EQUIPOS DEL PROGRAMA DE PRUEBA