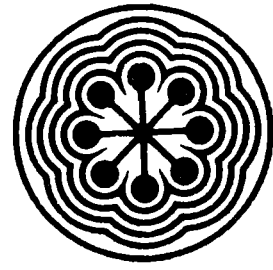




MX0600222

185  
Ej. 1

**instituto nacional de investigaciones nucleares**



METODOLOGIA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE  
CONTAMINACION EN LAPICES DE Co-60 PROCEDENTES  
DEL CONEA (ARGENTINA) PARA LA RECARGA...

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES**

**INFORME TECNICO**

**IT- GSR - 92 - 004**

**METODOLOGIA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE CONTAMINACION EN  
LAPICES DE Co-60 PROCEDENTES DEL CONEA ( ARGENTINA ) PARA LA  
RECARGA DEL IRRADIADOR GAMMA DEL ININ.**

**J. EDUARDO VILLAREAL BARAJAS**

**LUIS ESCOBAR ALARCON**

**ARTURO ANGELES CARRANZA**

**H. SIMON CRUZ GALINDO**

**DEPARTAMENTO DE PROTECCION RADIOLOGICA**

**GERENCIA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA**

**JULIO DE 1992**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

INFORME TECNICO

IT - GSR - 92 - 004

METODOLOGIA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE CONTAMINACION EN  
LAPICES DE Co-60 PROCEDENTES DEL CONEA ( ARGENTINA ) PARA LA  
RECARGA DEL IRRADIADOR GAMMA DEL ININ.

J. EDUARDO VILLAREAL BARAJAS

LUIS ESCOBAR ALARCON

ARTURO ANGELES CARRANZA

H. SIMON CRUZ GALINDO

DEPARTAMENTO DE PROTECCION RADIOLOGICA

GERENCIA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA

JULIO DE 1992

**METODOLOGIA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE CONTAMINACION  
EN LAPICES DE CO-60 PROCEDENTES DEL CONEA ( ARGENTINA )  
PARA LA RECARGA DEL IRRADIADOR GAMMA DEL ININ.**

J.E. Villarreal, L. Escobar A., A. Angeles C. y S.H. Cruz.

Gerencia de Seguridad Radiológica

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

Sierra Mojada 447 - 2 piso Col. Lomas de Barrilaco

CP 11010 México D. F.

**Resumen.** En el presente informe se describe la metodología empleada para identificar la fuente de contaminación detectada en un embarque con  $5.0 \times 10^{15}$  Bq de Co-60 procedente de Argentina, así como la solución planteada para resolver el problema. Se presentan a manera de conclusión las experiencias más relevantes aprendidas en el proceso.

**1. Introduccion.**

Desde 1980 opera en en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares ( ININ ), la única instalación en México que ofrece servicios de irradiación en forma comercial. Para este servicio se cuenta con un irradiador marca Nordion, Modelo JS 6500 con capacidad para  $3.7 \times 10^{16}$  Bq (  $1 \times 10^6$  ; Curies ), con una fuente tipo placa rectangular formada por lápices tipo C-188.

La demanda del servicio se ha incrementado, por lo que se implementó un programa de recargas que inició a partir de diciembre de 1990. Como parte de este programa, el

dia 11 de enero de 1992, fue desembarcado en el Puerto de Veracruz un contenedor F168-34 procedente de la Comisión Nacional de Energía Atómica ( CONEA ), Argentina con  $5.0 \times 10^{15}$  Bq ( 135,135 Curies ) de Co-60 distribuidos en 13 lápices. El mismo día de su arribo y conforme al procedimiento de recepción correspondiente, se procedió a realizar una prueba de fuga al contenedor con el material radiactivo, de acuerdo a lo establecido en la norma ISO/TR 4826 - 1979 apartado 2.1.3, la muestra obtenida fue analizada por el laboratorio de la Jefatura de Análisis Nucleares y Ambientales ( JANYA ) en el Farallon, Veracruz, obteniéndose como resultado, 32,298 Bq totales de Co-60; adicionalmente al análisis realizado por JANYA, se duplico el mismo en el Centro Nuclear midiéndose 35,406 Bq totales de Co-60. El día 13 de enero de 1992 se realizó una segunda prueba de fuga al contenedor con el material radiactivo obteniéndose un resultado de 17,082 Bq totales de Co-60. Debido a que las actividades medidas superan el límite establecido por la norma antes mencionada y por el Reglamento General de Seguridad radiológica ( SEMIP noviembre de 1988 ) y con el fin de determinar si se trataba de contaminación de los lápices, canastilla, contenedor, o bien si alguno o algunos de los lápices presentaban escape de material radiactivo, se procedió a establecer un plan de trabajo que permitiera identificar la magnitud y naturaleza del problema, el cual se describe a continuación.

## 2. Plan de trabajo.

El plan de trabajo propuesto, se presenta esquematizado en la figura 1, y consiste básicamente de lo

siguiente:

- i) Realizar lavados del interior del contenedor ( ver figura 2 ) utilizando una solución de agua con Etilen Diamin Tritotetracetato Disodico (EDTA) al 2% en peso, durante 2 horas, después de las cuales se drena la solución en bidones de 6 litros de capacidad. Esta solución se homogeniza por agitación y posteriormente a partir de ella se prepara un recipiente Marinelli de 0.5 litros, etiquetándose con la información correspondiente para su identificación y procediéndose a su conteo y análisis isotópico utilizando un sistema de espectrometría gamma.
  
- ii) En caso de observarse que disminuye la contaminación respecto al valor inicial, proceder a realizar nuevamente la prueba de fuga según la norma.
  
- iii) Si la contaminación no disminuye, efectuar una prueba al contenedor de manera similar a lo descrito en el punto i) usando agua desmineralizada en lugar de EDTA, por 48 horas. Si el resultado obtenido es menor a 600 Bq se procederá a introducirlo a la piscina del irradiador. En caso contrario se regresa al proveedor.
  
- iv) Si la contaminación es menor a 600 Bq, proceder a separar los lápices de la canastilla y del contenedor, para realizar pruebas por separado de estos componentes. Para efectuarlas, es necesario introducir el contenedor en la piscina del irradiador.

- v) Bajar el contenedor con el material radiactivo al fondo de la piscina para proceder a retirar los lapices, colocarlos en una canastilla limpia para posteriormente el contenedor y la canastilla de transporte retirarlos de la piscina.
  
- vi) Realizar prueba de fuga al contenedor con la canastilla de transporte para determinar si existe contaminación en estos componentes
  
- vii) En función del resultado obtenido en el inciso anterior, se plantearan las alternativas de solución.

### 3. Resultados obtenidos

La primera etapa del plan de trabajo se inicio el dia 16 de enero de 1992, realizandose un lavado por dia al contenedor con el material radiactivo, finalizando estos el 24 de febrero de 1992.

Los resultados de los lavados con EDTA se presentan en la figura 3. Como se observa los valores de la actividad variaron de manera no predecible, en un intervalo que va de 3,331 Bq hasta un valor máximo de 658,590 Bq. Es claro que la contaminación no disminuyó, tendiendo en algunos casos a incrementarse de manera notable, lo cual pudo deberse a la acción del EDTA que removió la contaminación.

Siguiendo con el plan de trabajo planteado, el dia 24 de febrero se realizó el lavado con agua durante 48 horas al contenedor, midiéndose 204 Bq  $\pm$  6% de Co-60, lo cual resultó menor a 600 Bq, que era el límite establecido para

proceder a introducir el contenedor en la piscina del irradiador sin riesgo para la instalación. El día 25 de febrero, se introdujo el contenedor a la piscina, procediéndose a extraer del interior del mismo, los lápices de Co-60 colocándose estos a su vez en una canastilla limpia preparada previamente para este propósito, una vez hecho esto se retira el contenedor con la canastilla ya sin material radiactivo de la piscina y se efectúa la prueba de fuga al contenedor con la canastilla, obteniéndose como resultado  $95.4 \text{ Bq} \pm 13.8\%$  de Co-60, de tal manera que el problema se redujo a contaminación o fuga de alguno ó algunos de los lápices.

#### 4. Procedimiento para la identificación del problema en los lápices.

Una vez determinado que la contaminación no se localizaba en la canastilla ni en el contenedor, se procedió a determinar el origen de la misma en los lápices.

Para este propósito se siguió un procedimiento ( ver diagrama de flujo de la figura 4 ) consistente en:

- i) Realizar un tallado sobre la superficie de cada uno de los lápices, utilizando para ello una fibra sintética, unida a un bastón metálico de cuatro metros de longitud, que permitía efectuar el tallado, desde la superficie de la piscina, apoyando los lápices en forma horizontal sobre una mesa de trabajo colocada en el fondo de la misma.

Esto se realizó con el objeto de eliminar la posible contaminación superficial removible que tuvieran los lápices, además de limpiar la superficie obscurecida por



la acción del EDTA en los lavados ya descritos.

ii) Posteriormente, realizar pruebas de fuga a cada uno de los lápices por separado, siguiendo el procedimiento descrito en el punto 5.

iii) Si la actividad medida en las pruebas de fuga de cada uno de los lápices es menor o igual a 185 Bq, se procede a utilizarlos en la recarga.

iv) Si el resultado de la prueba de fuga de alguno de los lápices es mayor que 185 Bq, se procederá a realizar otro tallado seguido de su correspondiente prueba, efectuándose esta operación un máximo de tres veces.

v) En caso de que después de los tres tallados, alguno de los lápices no cumpla con la norma ISO/TR 4826 - 1979, se devolverá al proveedor.

##### **5. Pruebas de fuga.**

Para la realización de las pruebas de fuga se diseñó y construyó un dispositivo que permite aislar los lápices y además recuperar la solución utilizada en las mismas y en los lavados realizados. En la figura 5 se muestra un esquema del dispositivo utilizado.

La prueba de fuga consistió en inyectar una solución de agua y EDTA ( al 2% en peso ) por la parte superior del dispositivo, utilizando una manguera de plástico reforzada de cinco metros de longitud. La solución permaneció durante 4 horas dentro del dispositivo, después de las cuales

fue recuperada inyectando aire a presión por la misma manguera de inyección, drenándose por una manguera conectada a la parte inferior del dispositivo. La solución se colectó en recipientes de 20 litros. Posteriormente a cada prueba efectuada, se lavó el dispositivo utilizando agua desmineralizada, con el objeto de remover la posible contaminación residual del mismo. El agua de lavado fue colectada en un recipiente similar al utilizado para las pruebas de fuga. Durante la realización de la prueba de fuga es importante tomar las siguientes precauciones:

- i) Evitar que las mangueras queden completamente rectas, tratando que estas tengan la forma mostrada en la figura 6.
  
- ii) Tratar que las mangueras siempre esten llenas de agua, evitando en la medida de lo posible que contengan solo aire.
  
- iii) No dirigir el extremo de las mangueras hacia el personal que colabora en la realización de la prueba de fuga; la razón de estas precauciones, es evitar tener un "hueco" en el blindaje que ocasione la salida de un haz de radiación a el area de trabajo.

#### **5.1 Resultados de las pruebas de fuga.**

El 28 de febrero de 1992 se inicio con las pruebas de fuga a cada uno de los 13 lápices finalizando esta actividad el 2 de marzo de 1992, obteniéndose los resultados mostrados en la figura 7. Como puede observarse, a excepción del lápiz identificado con el número de serie 021, todos

presentaron actividades por debajo de los 50 Bq. El lápiz 021 presentó una actividad de 1,306.2 Bq  $\pm$  6.8 %, valor que supera lo establecido en la misma norma

#### **6. Tratamiento del lápiz fugado.**

Siguiendo con el procedimiento de trabajo, se realizó un segundo tallado del lápiz 021 con el objeto de reducir la posible contaminación superficial. Posteriormente se le realizó una segunda prueba de fuga, obteniéndose 173.4 Bq  $\pm$  12.3 % . Dado que este valor no superó el límite de 185 Bq, pero era muy cercano, se decidió realizarle un tercer tallado, y una tercera prueba de fuga, la cual dió como resultado 218.1 Bq  $\pm$  14.8 % . Debido a ello, se realizó un cuarto tallado con su prueba de fuga correspondiente resultando 174.3 Bq  $\pm$  12.3%. En virtud de que este ultimo valor no superó el límite se determino utilizar este lápiz para la recarga.

Los lápices de la recarga quedaron distribuidos en el bastidor conforme al esquema mostrado en la figura 8, la posición del lápiz 021 se presenta en la misma.

#### **7. Seguimiento posterior.**

Los valores obtenidos de las pruebas de fuga realizadas en el lápiz 021 sugieren la existencia de escape de material radiactivo del encapsulado del lápiz( ver figura 9 ) ó bién contaminación transferible que se desprendía de la superficie del lápiz al realizar los tallados y por efecto del EDTA al efectuar las pruebas de fuga. Se decidió entonces dar un seguimiento de la concentración de Co-60 en las

resinas de la planta de tratamiento de agua, observandose un incremento en la actividad de las mismas, de tal manera que se opto por realizar un seguimiento de la concentración de Co-60 al agua de la piscina a partir del 26 de marzo.

Los resultados de la actividad de las muestras de agua de la piscina, obtenidas en un período de 6 semanas se muestran en la figura 10. Como puede observarse, el nivel de contaminación comenzó a incrementarse después de realizarse la recarga alcanzando un valor máximo de  $66 \text{ Bq/l} \pm 9.2 \%$  el día 30 de marzo. Es importante aclarar que era difícil tomar las muestras de agua en los mismos puntos de la piscina, de tal manera que se opto por muestrear en 6 puntos de la misma, 3 de ellos a cada lado de la fuente, reportandose el valor promedio de las concentraciones de Co medidas en las muestras.

Una vez detectado el incremento de contaminación, se sospechó que el lápiz 021 continuaba presentando problemas, de tal manera que se procedió a realizarle una nueva prueba de fuga ( 30 de marzo ) siguiendo los procedimientos anteriormente descritos. EL resultado fue una actividad de  $922,500 \text{ Bq} \pm 5.6 \%$  , esto apoyó la hipótesis planteada inicialmente de que podría existir escape de material radiactivo del lápiz 021, por lo que el mismo 30 de marzo se procedió a confinarlo en el contenedor F-168 que tuvo que introducirse en la piscina. Para asegurarse que este era el único lapiz problema, se continuó con la observación del agua de la piscina. La contaminación se redujo de manera gradual hasta los valores de referencia que se tenían antes de iniciar las labores asociadas con la recarga como se observa en la figura 10. El 11 de abril se retira el contenedor con el lapiz 021 de la piscina para ser devuelto

al proveedor. El 29 de abril se cambian resinas y filtros de carbon de la planta de tratamiento de agua, de tal manera que el dia 1 de mayo el irradiador se encuentra en condiciones de operación normal.

## **8. Conclusiones**

El manejo de fuentes radiactivas selladas con problemas de contaminación ó escape de material radiactivo, requiere de una infraestructura muy amplia, desde un taller para la fabricación de piezas y dispositivos especiales hasta un sistema de espectrometría gamma que permita realizar mediciones con precisión de algunos Bequerelios, además de las instalaciones para el manejo de los desechos radiactivos generados tanto liquidos como solidos. Todo esto representa una restricción importante para la aplicación de la metodología presentada en este trabajo. Por ello es importante que cuando se presente este tipo de problemas en una institución que no cuente con la infraestructura descrita, se acuda de inmediato a un proveedor externo, que puede ser el mismo fabricante de material radiactivo. Además, es también recomendable que este tipo de problemas se prevea en los contratos de adquisicion de material radiactivo.

Las experiencias aprendidas más importantes en la solución de este problema fueron las siguientes:

- i) La importancia fundamental de contar con valores de referencia derivados de un programa de seguimiento del comportamiento de la concentración de actividad, tanto en el agua de la piscina, como de los embarques de material radiactivo.

ii) La necesidad de seguir un procedimiento que permita descartar una a una las hipótesis planteadas a partir de las condiciones iniciales.

iii) Realizar las pruebas de fuga con EDTA debido a su mayor eficiencia para determinar contaminación, esto es valido pues la misma norma lo sugiere.

iv) El sistema de tratamiento del agua de la piscina del irradiador deberá estar preparado para retener contaminación y de esa manera limpiar el agua de contaminantes radiactivos, derivados de un posible problema.

v) Tener un control sobre los niveles de radiación de las resinas, carbón activado ó elementos utilizados en las plantas de tratamiento del agua para remover contaminantes, ya que éstos son un excelente indicador de problemas asociados con la hermeticidad o contaminación superficial de los lápices.

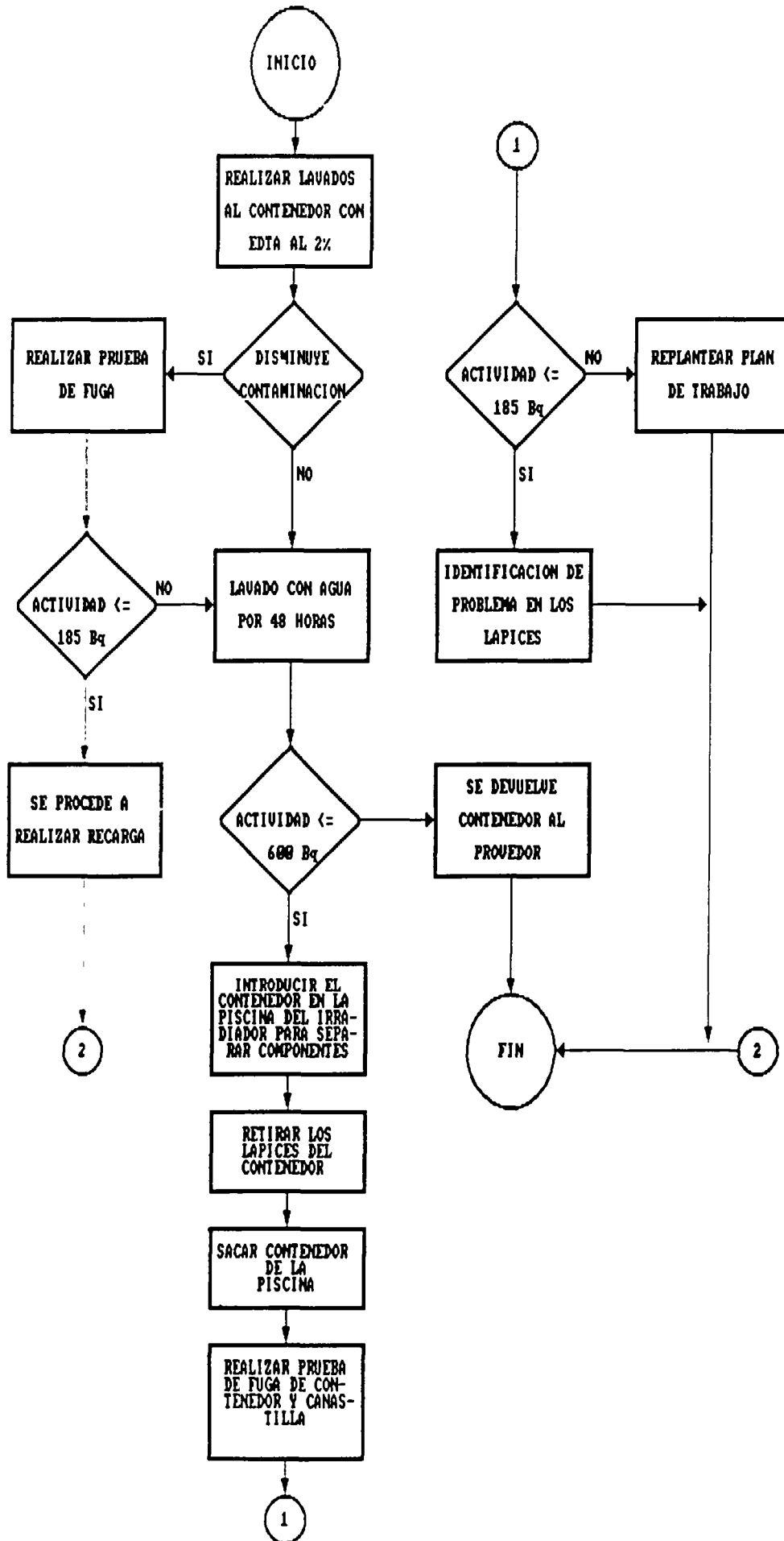
vi) Aún cuando lo indicado en un procedimiento o norma permita tomar una decisión, por ejemplo el valor 185 Bq, es importante establecer ó adquirir un criterio que analice todas las consecuencias derivadas de apegarse al procedimiento ó norma.

#### **Agradecimientos.**

Agradecemos al Fís. Javier Reyes Lujan y al Dr. Arturo Cervini Lorandini, por sus sugerencias y comentarios, los cuales contribuirán a mejorar el manuscrito original.

## 9. Referencias

- 1.- Sealed radioactive sources - Leak test methods ISO/TR 4826-1979.
- 2.- Radiation Safety of Gamma and electron Irradiation Facilities, Safety Series No 107, IAEA, mayo de 1992.





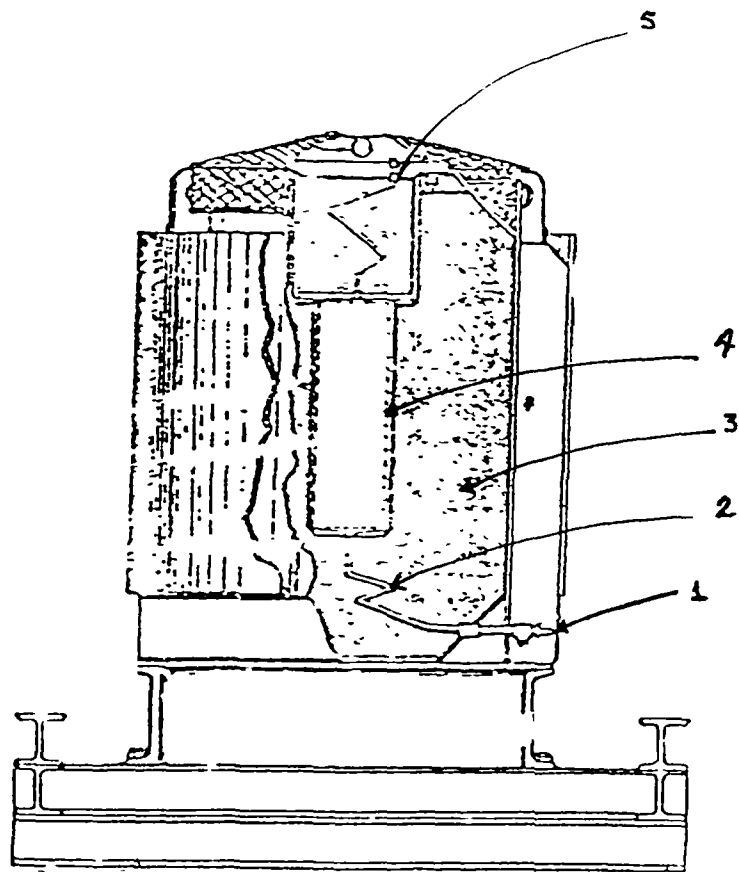


Figura 2. Corte transversal del contenedor; 1, desague;  
2, tubo de desague; 3, blindaje; 4, cavidad que  
aloja la canastilla con los lapices; 5, orificio  
de venteo.

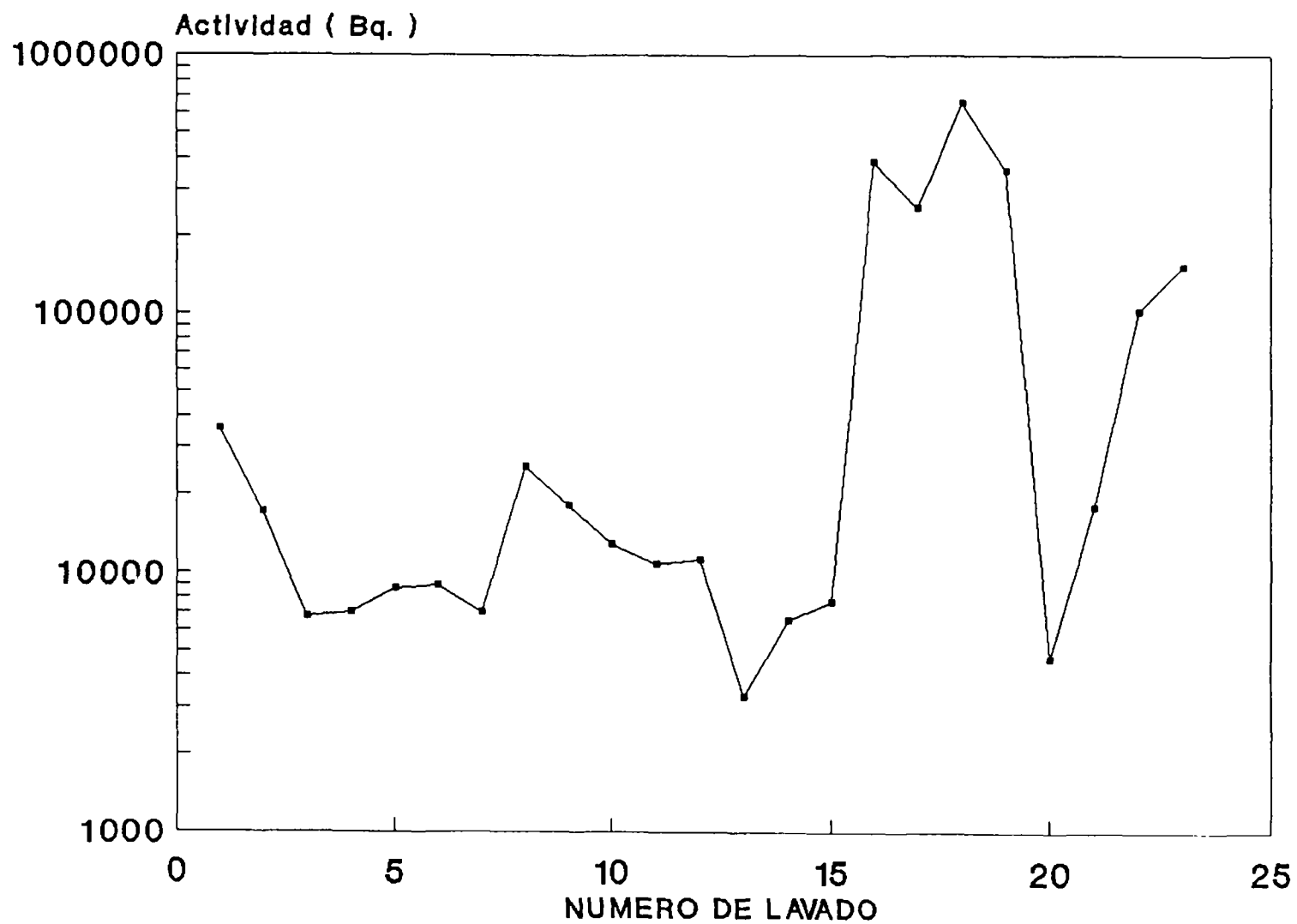


Figura 3.- Actividad de Co-60 en muestras obtenidas de lavados del contenedor con EDTA al 2%

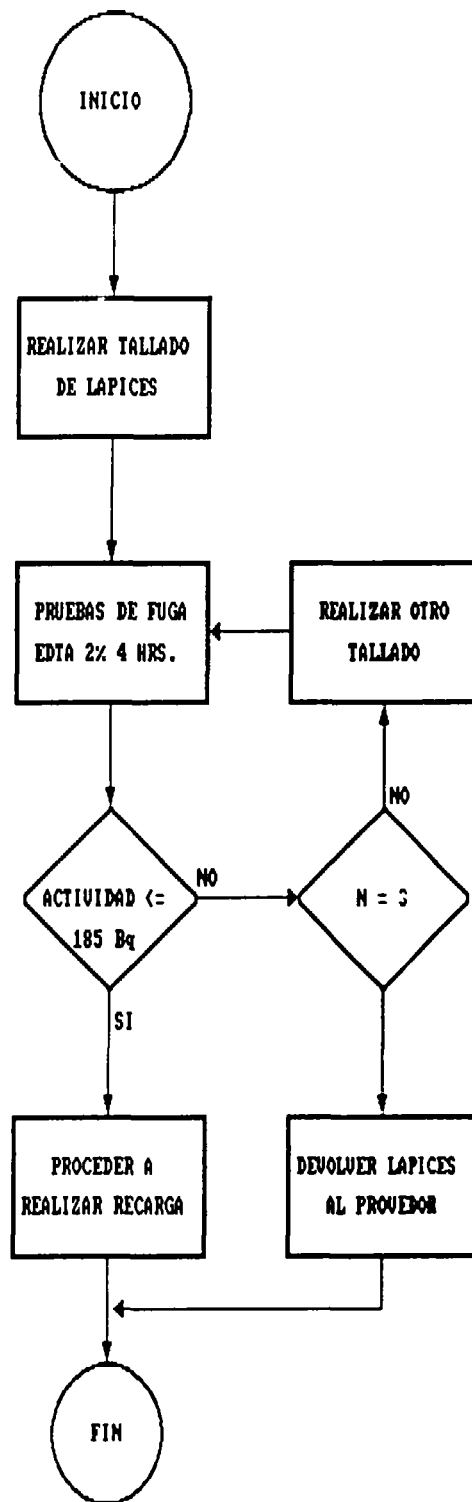


FIGURA 4.- Procedimiento para la identificación del problema en los lapices

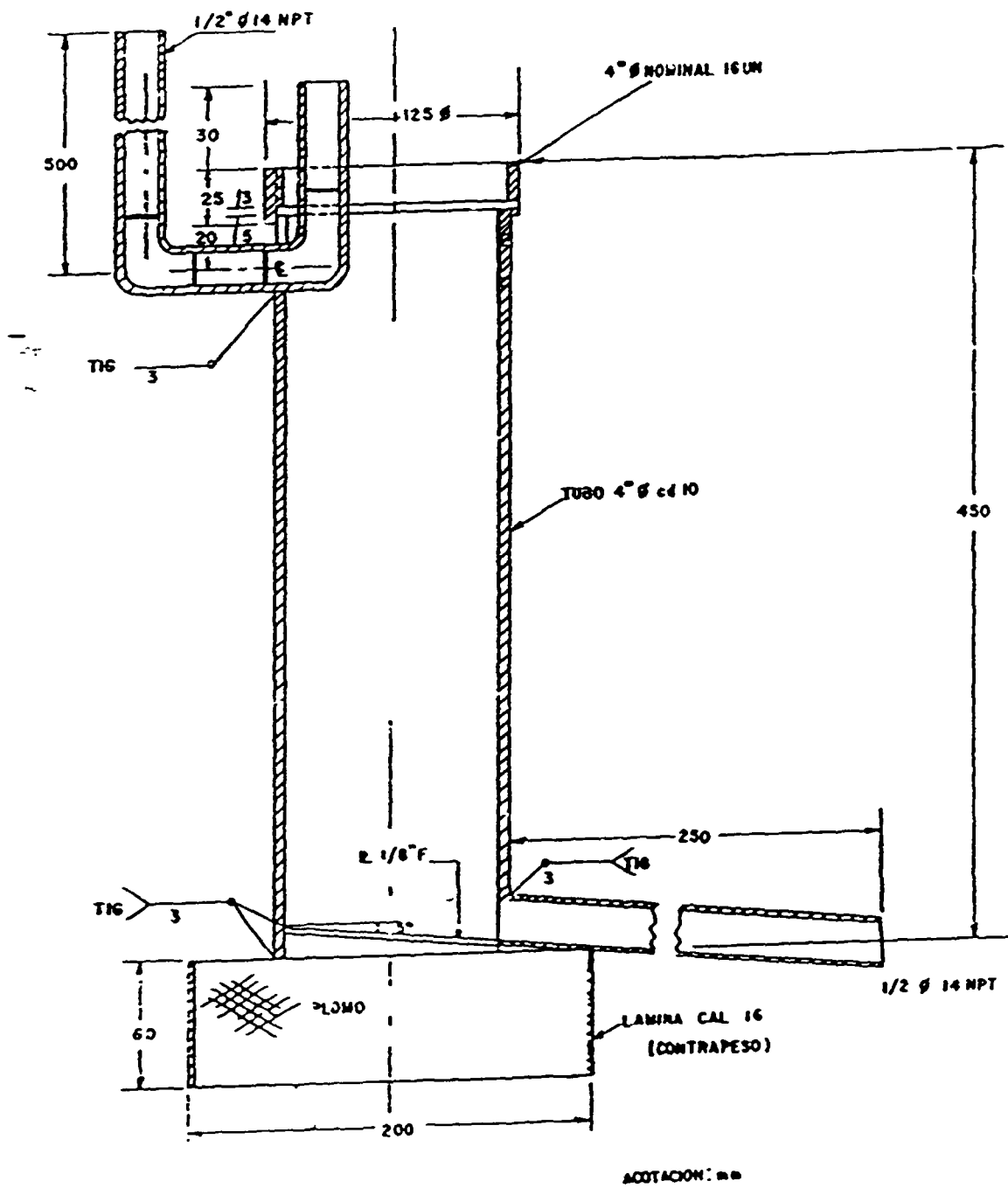


Figura 5. Dispositivo utilizado para realizar las pruebas de fuga a los lapices.

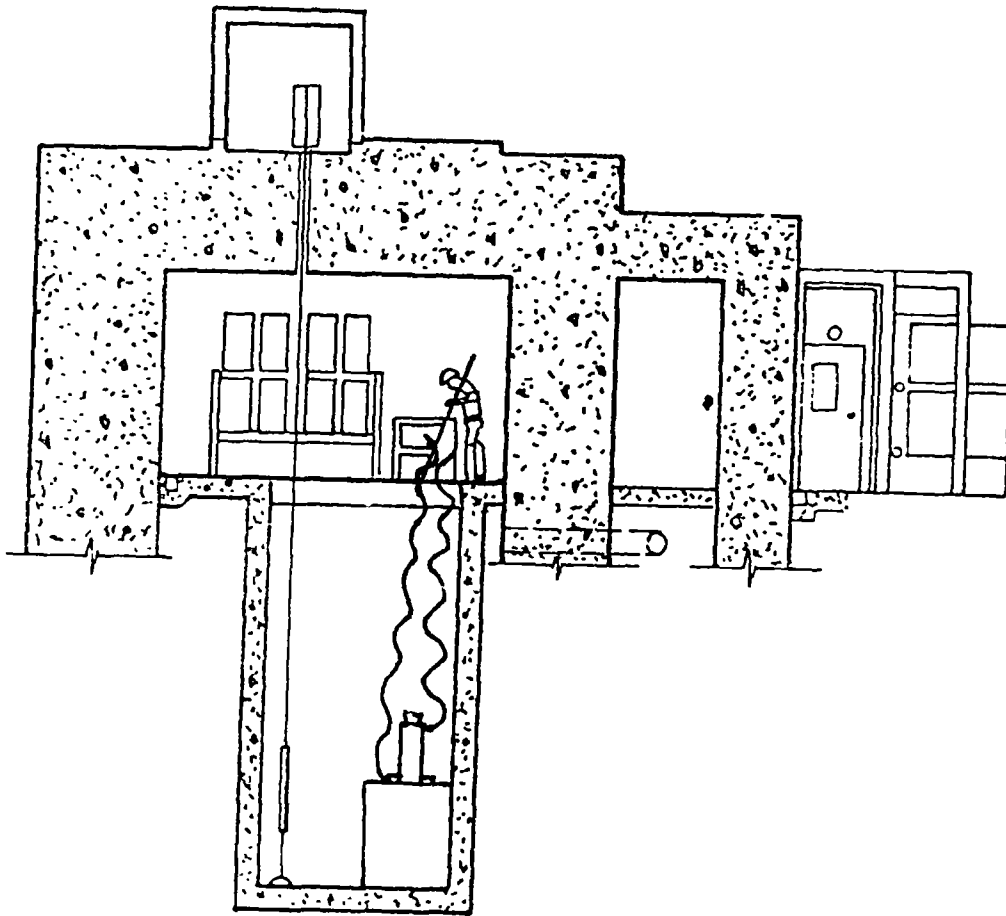


Figura 6. Diagrama de la realización de las pruebas de fuga.

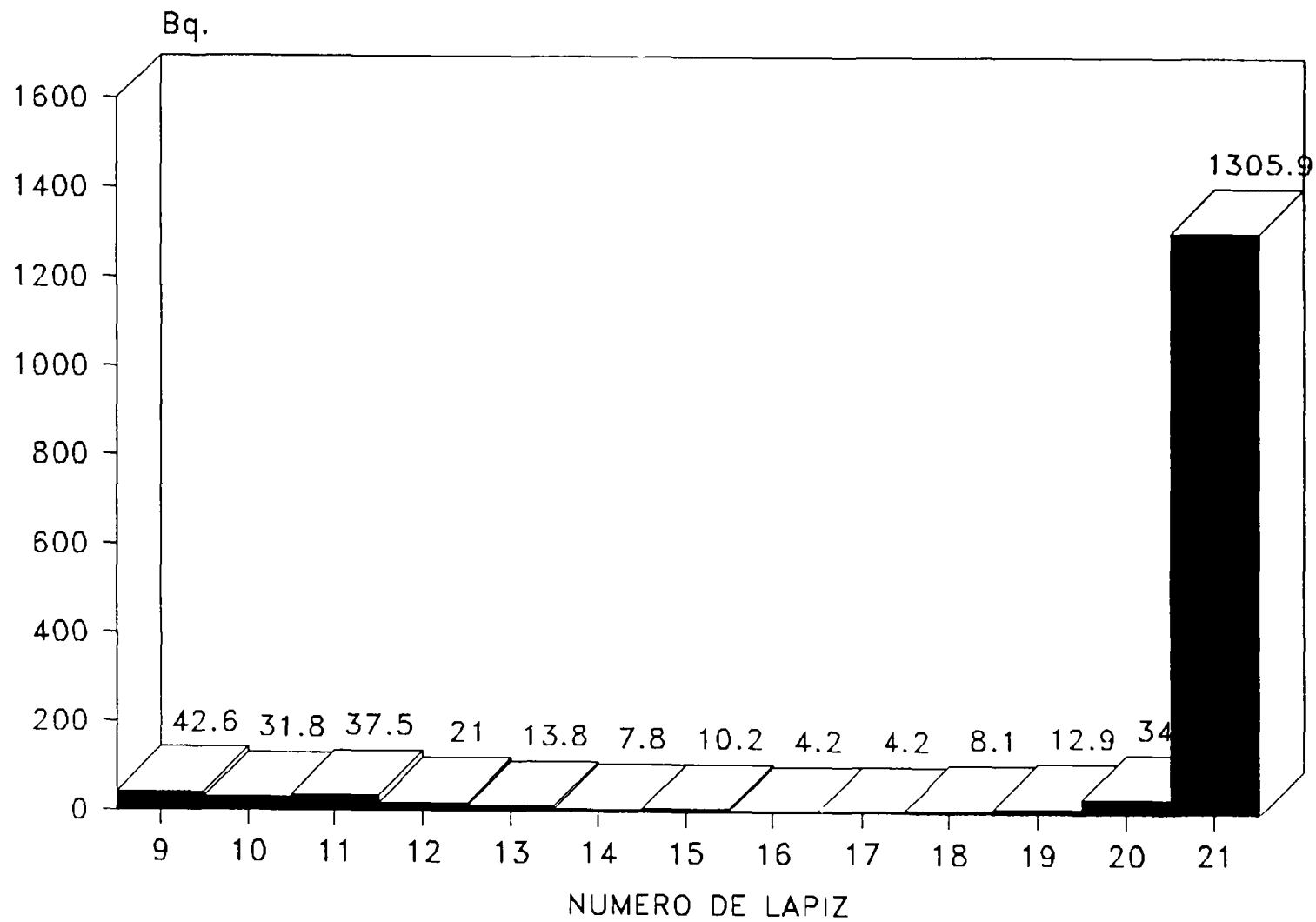


Figura 7.- Resultados de las pruebas de fuga de los lapices

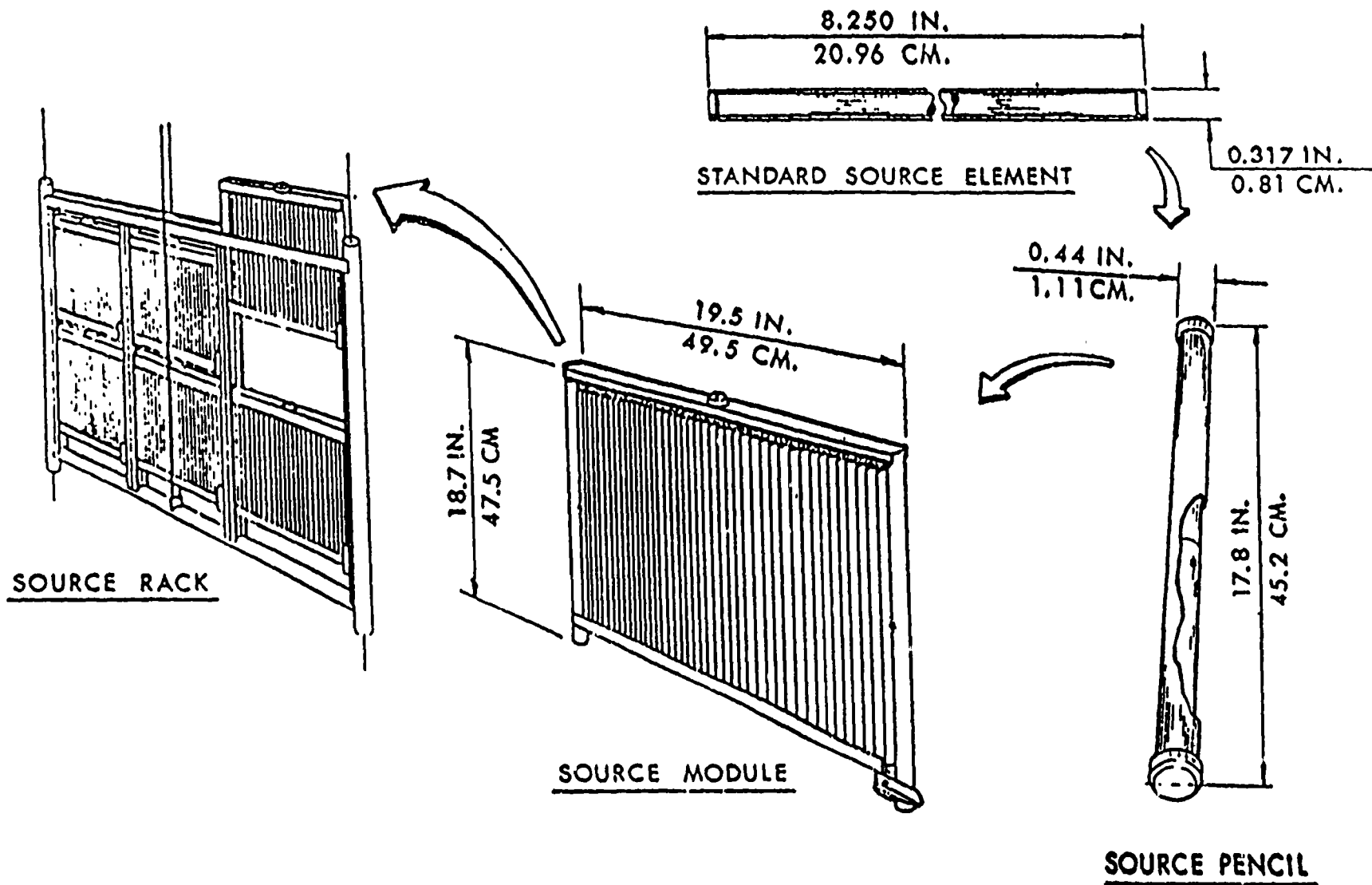


FIGURE 4  
SOURCE RACK

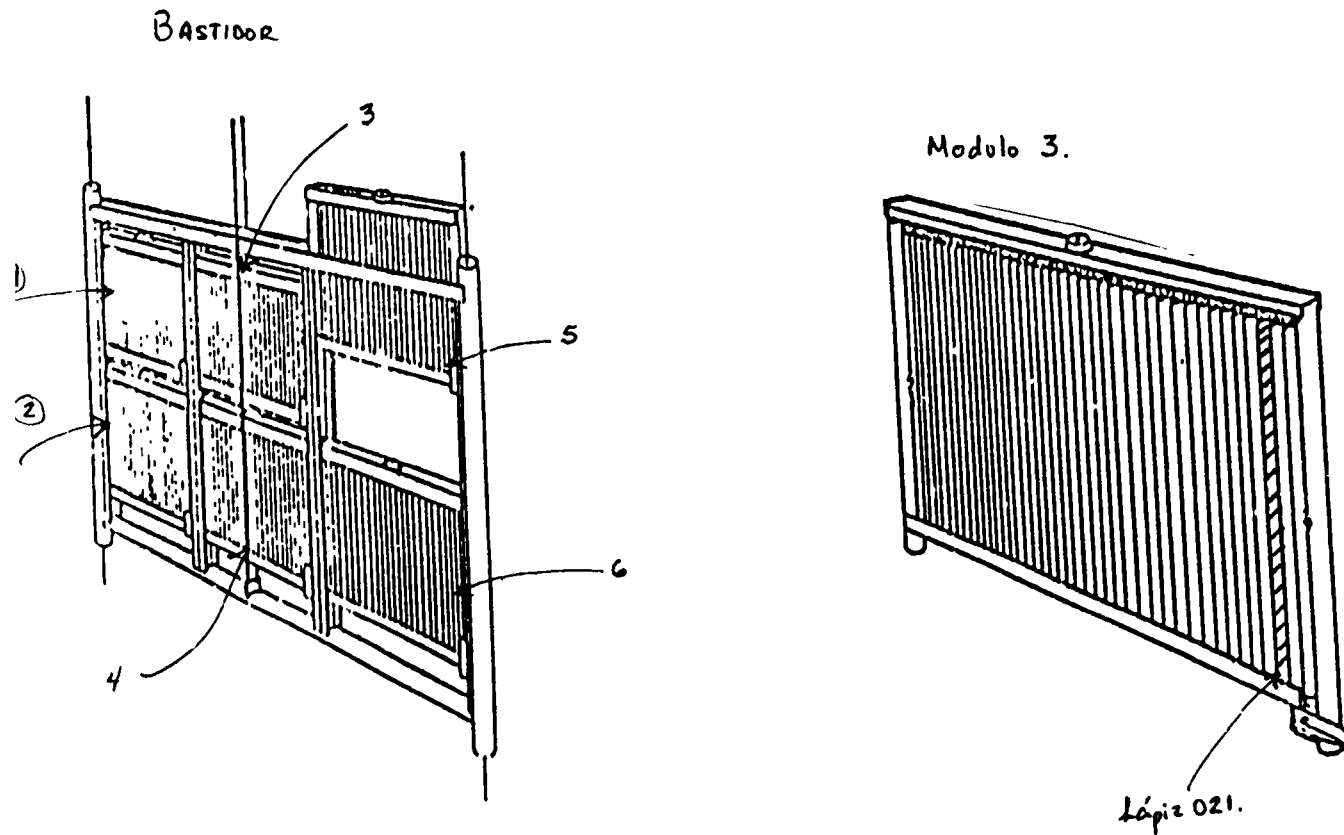


Figura 8. Esquema de la posición del lápiz 021 en el bastidor del irradiador despues de la recarga.



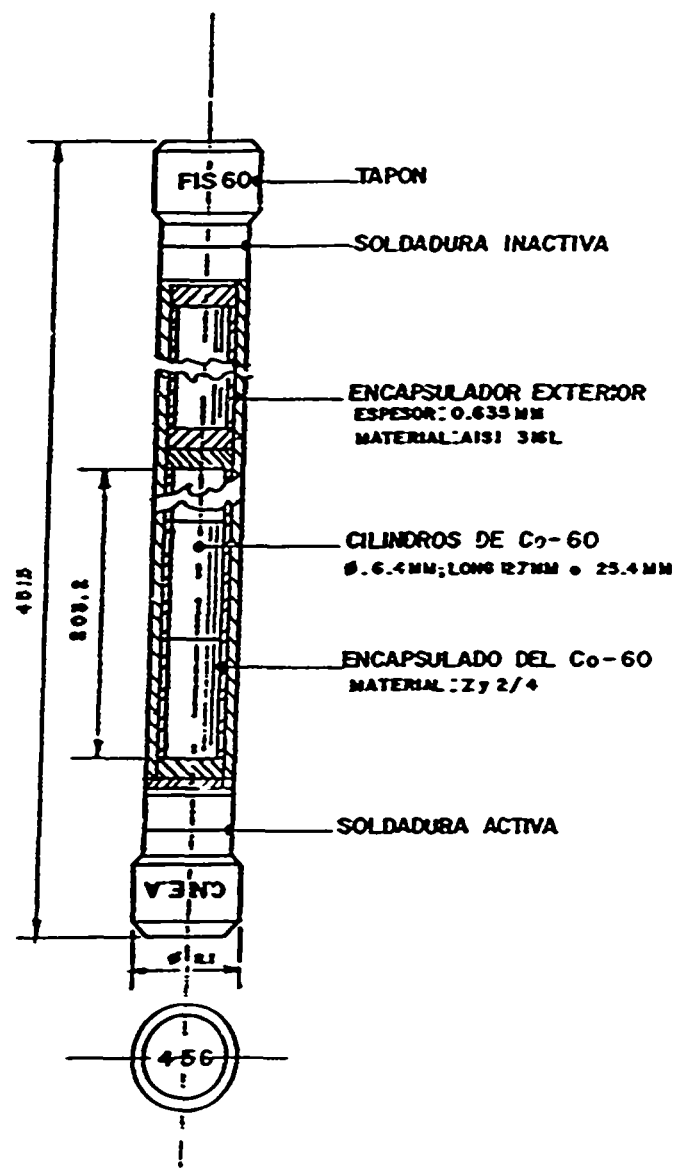


Figura 9. Corte de un lapiz de Co-60, se muestran las diferentes partes que lo componen.

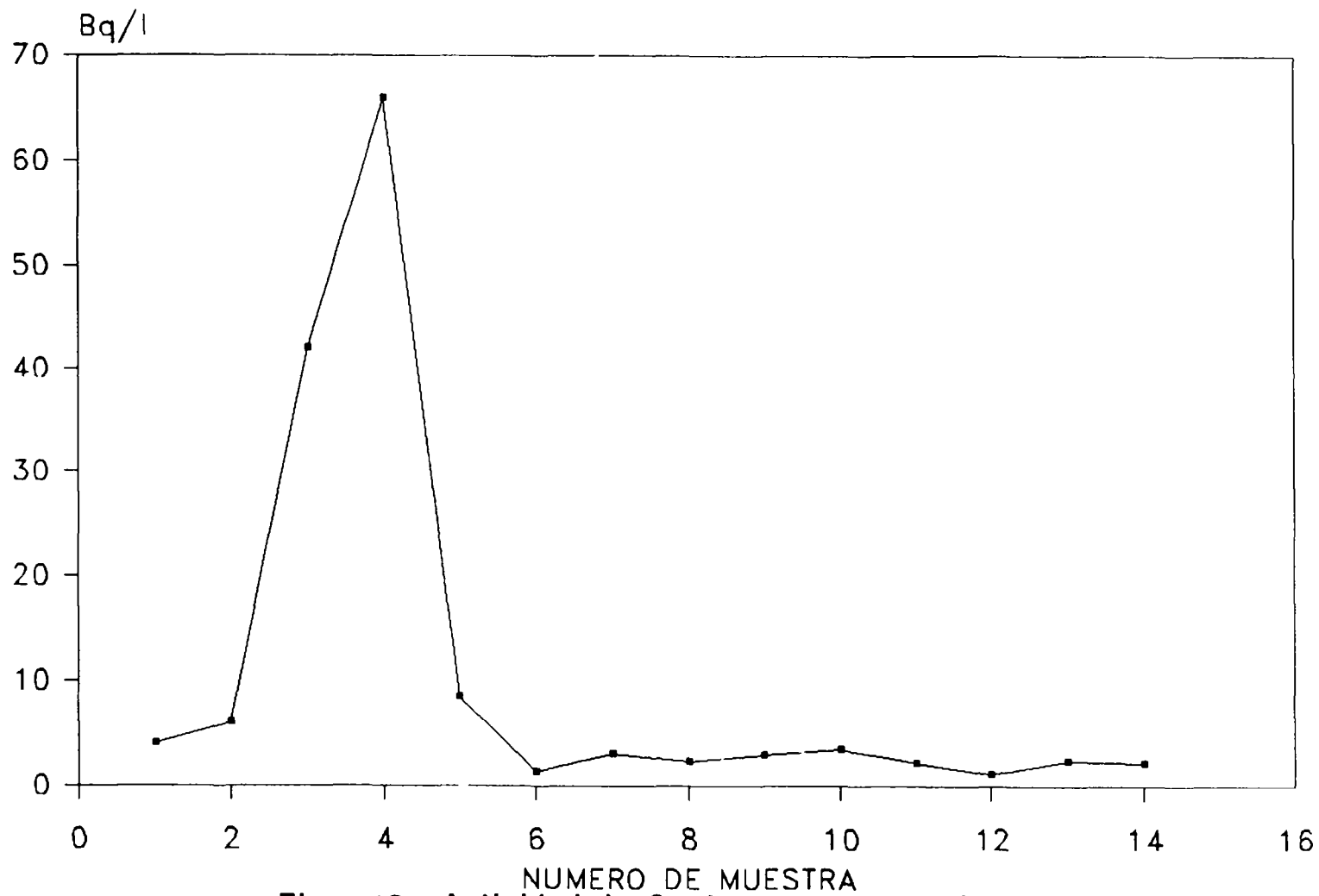


Figura 10.- Actividad de Co-60 en muestras de agua de la piscina del JS-6500.