

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO	AÑO
1	1967

06.67.07

SI - 2

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION  
GERENCIA DE SEGURIDAD E INSPECCION

EVALUACION DE LA SEGURIDAD NUCLEAR DE UNA  
PLANTA PILOTO PARA EL REPROCESAMIENTO DE  
ELEMENTOS COMBUSTIBLES

M. A. Geiger y V. L. Hoffmann de Geiger

BUENOS AIRES  
1967

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION  
GERENCIA DE SEGURIDAD E INSPECCION

EVALUACION DE LA SEGURIDAD NUCLEAR DE UNA  
PLANTA PILOTO PARA EL REPROCESAMIENTO DE  
ELEMENTOS COMBUSTIBLES

M. A. Geiger y V. L. Hoffmann de Geiger

BUENOS AIRES  
1967

# EVALUACION DE LA SEGURIDAD NUCLEAR DE UNA PLANTA PILOTO PARA EL REPROCESAMIENTO DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES

## INTRODUCCION

A fin de obtener experiencia en los procesos químicos y en las técnicas a emplear en el reprocesamiento de combustible irradiado la CNEA ha construido una pequeña planta piloto en el Centro Atómico Ezeiza. El presente estudio es una evaluación de la seguridad nuclear de dicha planta piloto.

### Descripción de la planta

(1)

La planta está compuesta por varias unidades , de las cuales nos interesan, a los fines del presente estudio, las siguientes (fig. 1):

Unidad 2. Disolvedor

Unidad 3. Tanque de almacenamiento de la solución proveniente del disolvedor.

Unidad 5. Tanque de filtrado. para la solución proveniente del filtro.

Unidad 6. Tanque de ajuste de las soluciones que irán al mezclador sedimentador (Unidad 11).

Unidad 7. Tanque de residuo activo, para desechos del primer ciclo (provenientes de la Unidad 11)

Unidad 8. Tanque de almacenamiento para el solvente (TBP) usado en el primer ciclo.

Unidad 9. Filtro para soluciones provenientes del tanque de almacenamiento 3.

Unidad 10. Lavador de solvente, formado por cuatro subunidades, dos para el solvente proveniente de la campana del primer ciclo (Unidad 8) y dos para el solvente proveniente de la campana del segundo ciclo (Unidad 16), las cuales están conectadas al tanque de almacenamiento para el solvente del segundo ciclo (Unidad 12).

Unidad 11. Campana del primer ciclo, mezcladores - sedimentadores, donde se separan los productos de fisión.

Unidad 12. Tanque de almacenamiento del solvente (TBP) usado en el segundo ciclo.

Unidad 13. Tanque de productos del primer ciclo, donde se ajusta la solución proveniente del mezclador-sedimentador (Unidad 11), antes de enviarla al segundo ciclo.

Unidad 14. Tanque de residuos, para desechos de baja actividad que contienen el plutonio, provenientes del segundo ciclo.

Unidad 15. Tanque de residuos de la Unidad 10.

Unidad 16. Campana del segundo ciclo, mezcladores-sedimentadores, donde se separan U y Pu.

La solución de uranio proveniente del segundo ciclo ( $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ ) será convertida, tanda por tanda, en  $\text{U}_3\text{O}_8$  y enviada al depósito de materiales fisiónables especiales del Departamento Metalurgia en el Centro Atómico Constituyentes.

#### Bases para la evaluación de la seguridad

Los métodos de operación adoptados para esta planta (1) implican que en condiciones normales no se procesarán más de

210 gr. de U235 a la vez. En tales condiciones la operación es intrínsecamente segura. En consecuencia, se hace el estudio para condiciones más generales, a fin de estimar márgenes de seguridad para hechos probables no previstos o futuros cambios en los métodos de operación.

La evaluación de la seguridad nuclear de la planta está basada en datos experimentales publicados (2) (3) (4).

Los valores de concentraciones críticas como función de la relación H/U corresponden a uranio enriquecido al 93,5% (2).

Las estimaciones basadas en estos valores son conservativas, pues ignoran la presencia de otros venenos tales como  $\text{HNO}_3$ , etc.

En nuestro caso (20% de enriquecimiento) se usó un factor de corrección de 1,3 tal como se prescribe en las Normas Básicas de Seguridad usadas por la CNEA (5); estas normas son conservativas, pues los valores máximos permisibles son 0,45 de los valores críticos. En consecuencia, se evita criticidad aún en el caso en que se junten dos tandas de material.

## EVALUACION DE LA SEGURIDAD

Se calculó la concentración máxima permisible para cada unidad. También se calculó luego la integración entre unidades aplicando el método del ángulo sólido (5).

### Evaluación individual de las unidades

#### Disolvedor (Unidad 2)

Es un cilindro de 95 litros de capacidad, que no tiene seguridad geométrica. Dentro, está refrigerado por agua que corre por una serpentina, constituyendo así una unidad totalmente reflejada. En cada tanda se procesan 8 elementos combustibles, junto con 13,38 li-

tros de agua y 20,721 de  $\text{NO}_3\text{H}$  14N, lo cual da un volumen total de 35 litros. Suponemos que los 8 elementos son los de máximo contenido de uranio, lo cual corresponde a un total de 206,5 gr. de U235. En consecuencia, la concentración máxima posible en condiciones de homogeneidad es 5,9 gr. U235/litro, mientras que la concentración máxima permisible para 35 litros de solución de U(20) es de 17,5 gramos U235/litro.

Si se disuelven los 206,5 gramos de U235 en 95 litros, el margen de seguridad es aun mayor, dado que la concentración máxima permisible para este volumen es de 11,7 gr. U235/litro y la que se alcanzaría en estas condiciones es de 2,2 gr. U235/litro.

El disolvedor está ubicado dentro de una celda con paredes gruesas de hormigón (60 cm), de modo que puede despreciarse la interacción con otras unidades.

Tanques del proceso (Unidades 3, 5, 6, 7, 13, 14, 15)

Todas estas unidades tienen 70 litros de capacidad y no tienen seguridad geométrica. La concentración máxima permisible para este volumen es 12,2 gramos U235/litro. Una masa de 206,5 gramos de U235 en 70 litros da como resultado una concentración de 2,95 gramos de U235/litro.

Las unidades 3, 5, 6 y 7 se encuentran dentro de una celda rectangular de 240x110 cm. con paredes de hormigón, de modo que la interacción entre este grupo de unidades y el resto del sistema puede despreciarse.

En el caso improbable de que la solución contenida en uno de los tanques se derrame y sea retenida en la celda, tomaría la forma

de una placa con espesor de 2,6 cm. lo cual es de geometría segura.

Las unidades 13, 14 y 15 están ubicadas en una celda con paredes de hormigón, de dimensiones mayores que la que contiene a las unidades 3, 5, 6 y 7.

#### Filtro (Unidad 9)

Esta unidad es un cilindro de 10 cm. de diámetro y 50 cm. de altura, por lo que es seguro por geometría.

Está ubicado en una celda de 41 x 60 cm. con paredes de hormigón. Si todo el contenido del tanque de almacenamiento se derramara en la celda, alcanzará una altura de 28,3 cm. Esta configuración considerada como paralelepípedo es segura para las concentraciones máximas permisibles que se han fijado.

#### Campana del primer ciclo (Mezclador-sedimentador) (Unidad 11)

Los mezcladores-sedimentadores son de tipo "pump-mix" multietapa y son reconocidamente seguros (6). Está constituido por dos secciones de 8x14x55 cm. cada una, con un volumen interno de 4,25 litros, que es seguro para soluciones.

#### Campana del segundo ciclo (Mezclador-sedimentador) (Unidad 16)

Este mezclador-sedimentador es del mismo tipo que el de la campana del primer ciclo pero tiene distintas dimensiones. Las secciones son de 78x8x14 cm. y 35x8x14 cm. con volúmenes internos de 5,6 y 2,5 litros respectivamente. Estos volúmenes son seguros para soluciones.

#### Lavadores de solvente (Unidad 10)

Esta unidad no recibe material fisiónable especial, excepto que los mezcladores-sedimentadores no funcionen correctamente.

Está constituido por cuatro recipientes ubicados en los vértices de un rectángulo de 45x55 cm. La parte superior es un cono truncado de 7 cm. de altura y 12,7 y 4,8 cm. de radio, con un volumen de 1,75 litros; la parte inferior es un cilindro de 4,8 cm. de radio y 44,2 cm. de altura, con un volumen de 3,25 litros. El volumen total de la unidad es de 5 litros. En consecuencia, la unidad es segura tanto por geometría como por volumen.

La Tabla I resume los valores obtenidos en la evaluación de las unidades del sistema.

TABLA I

UNIDAD		Concentración máxima permisible (gr U235/ )	Concentración prevista (gr U235/1)	
Nº	Vol(l)			
2	95	11,7	2,2	
3	70	12,2	2,9	
5				
6				
7				
13				
14				
15	Estos volúmenes no alcanzan criticidad con soluciones			
9				3,9
10				5,0
11				4,2
11				4,2
16				5,6
16	2,5			

#### Evaluación de la interacción entre unidades

La interacción entre unidades se estimó mediante el método del ángulo sólido (5) Tomando en cuenta el modo de operación de la planta, no es necesario considerar más de dos unidades

a la vez. La máxima interacción se produce entre las unidades que están a menor distancia entre sí. Si este caso da resultados aceptables, el resto no es necesario tomarlo en cuenta. De la Fig. 1 se deduce que el peor caso corresponde a las unidades 5 y 6.

Dado que estas unidades están interconectadas (la Unidad 6 se usa para ajustar la solución proveniente de la Unidad 5), la máxima interacción se produce cuando ambos tanques están semi-lenos. En este caso el ángulo sólido vale

$$\omega = \frac{2d}{h} \sin \theta \approx 1.31 \text{ esterradianes (Fig. 2)}$$

El factor de multiplicación para la solución  $k_{ef}$  se calcula tomando en cuenta el total de U235 y la presencia de U238, aluminio, nitrógeno e hidrógeno.

Con estas consideraciones resulta  $k_{ef} = 0,44$  (7).

En consecuencia,  $\omega_{max} = 9-10 k_{ef} = 4,6$  esterradianes, y la interacción entre las unidades puede despreciarse.

### CONCLUSIONES

La planta es nuclearmente segura. Para alcanzar criticidad, la carga tendría que incrementarse unas 6 veces en el disolvedor y unas 10 veces en las demás unidades, lo cual, en la práctica, es imposible debido a las condiciones de la operación y a los controles administrativos.

## REFERENCIAS

- (1) Pilot Plant for the Reprocessing of Irradiated Nuclear Fuels, CNEA, 1967
- (2) Critical Dimensions of Systems Containing U<sup>235</sup>, Pu<sup>239</sup>, and U<sup>233</sup>, H. C. Paxton et. al. (TID-7028), 1964.
- (3) Criticality Control in Operations with Fissile Material, H. C. Paxton (LA-3366), 1966.
- (4) Nuclear Safety Guide, (TID-7016, Rev. 1), 1961.
- (5) Normas Básicas de Seguridad Radiológica y Nuclear, CNEA, (S. I. N° 11), 1966.
- (6) Critically Safe Mixer-Settlers, J. Centeno, (ETR-138 Rev.), 1962.
- (7) Handbook of Nuclear Safety, H. K. Clark, (DP-532), 1961.

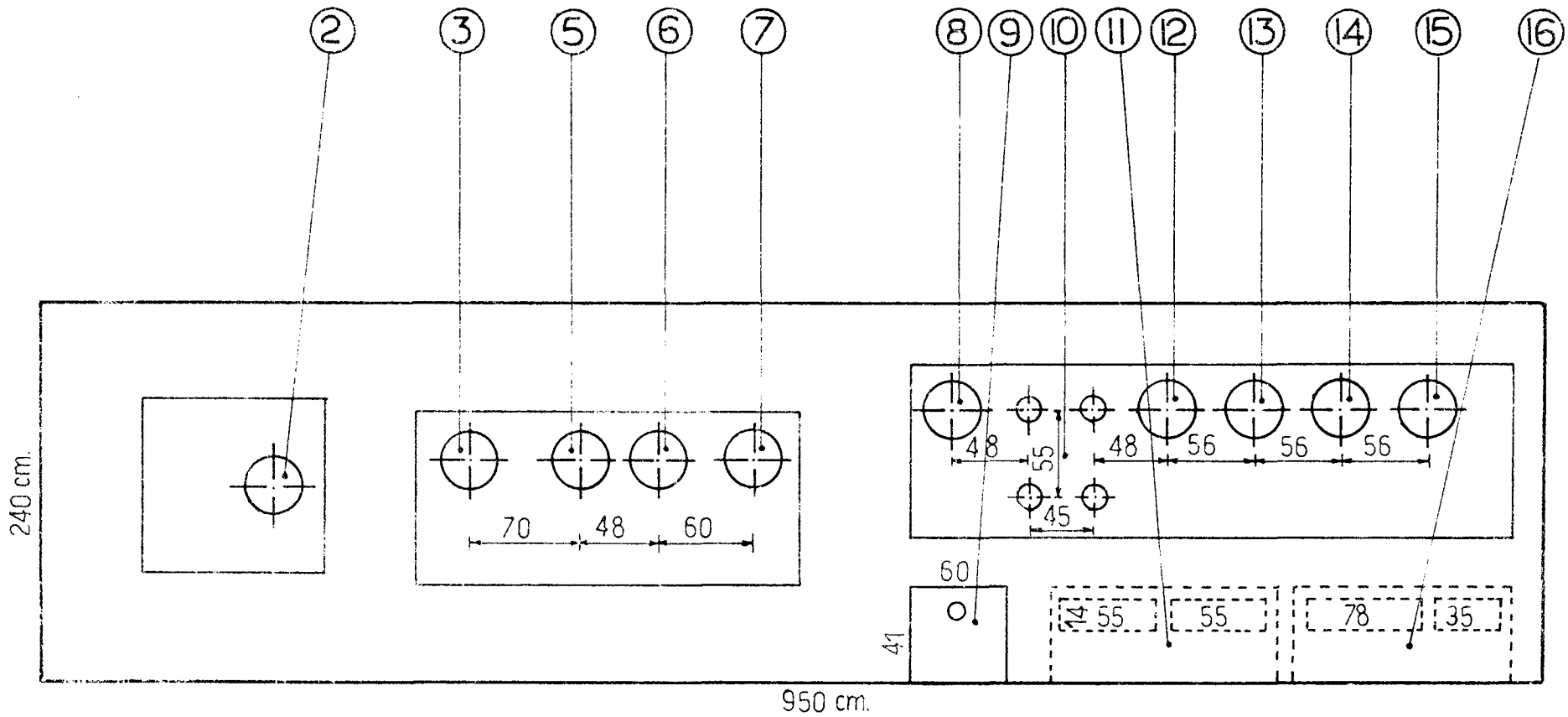


Fig.1 PLANTA DE UBICACION DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA

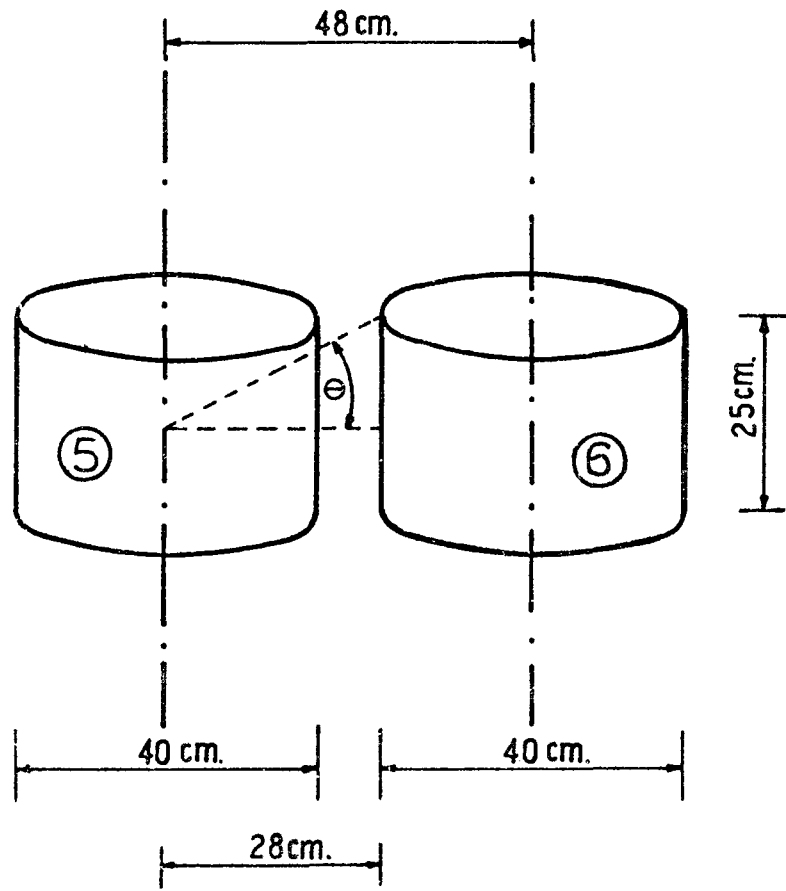


Fig. 2