

6

06.66.09

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	1966

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
 DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

PUBLICACION  
 S. I. N.º. 11

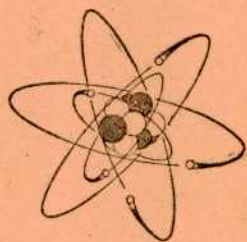


PUBLICO

E. VAN BRAAM HOUCKGEEST  
 JEFE

# NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD RADIOLOGICA Y NUCLEAR

Primera Edición



1966

Talleres Gráficos de la CNEA  
 BUENOS AIRES

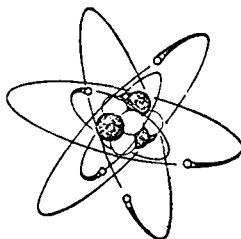
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

PUBLICACION  
S. I. N° 11

PUBLICO

# NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD RADIOLOGICA Y NUCLEAR

Primera Edición



1966

Talleres Gráficos de la CNEA

BUENOS AIRES



## RESOLUCION DE PRESIDENCIA Nº 539

BUENOS AIRES, 1º de diciembre de 1966.-

VISTO el expediente SI.206/66 y lo informado por la Gerencia de Seguridad e Inspección; y

### CONSIDERANDO:

Que la producción, tratamiento, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte de materiales fisiónables especiales y fuentes radioactivas naturales y artificiales, así como la utilización de equipos generadores de radiaciones ionizantes y eliminación de desechos radioactivos, exigen la adopción de medidas de seguridad y protección de la salud del personal de la C.N.E.A. y del público que pudieran resultar afectados por las tareas que en ella se realicen;

Que la Gerencia de Seguridad e Inspección teniendo en cuenta las sugerencias recibidas por todos los Organismos Principales de la Institución ha confeccionado las "Normas básicas de seguridad radiológica y nuclear" que servirán de base para la confección de la Reglamentación que deberá regir al respecto en esta Comisión Nacional;

Que es necesario poner en vigencia las presentes Normas con carácter provisional a efectos de su conocimiento y cumplimiento por parte del personal de la C.N.E.A. y hasta tanto el Directorio apruebe la reglamentación respectiva;

Por ello;

### EL PRESIDENTE DE LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA RESUELVE:

1º.- Aprobar con carácter provisional las "Normas Básicas de seguridad radiológica y nuclear" que como Anexo I se agregan a la presente.

2º.- Los Jefes de los Organismos Principales harán llegar a la Gerencia de Seguridad e Inspección las sugerencias que estimen convenientes sobre aplicación de las presentes Normas, a medida que surjan las mismas.

3º.- La Gerencia de Seguridad e Inspección, en coordinación con los Organismos Principales y Dependencias que corresponda, procederá a confeccionar la reglamentación respectiva.

4º.- Imprímase la cantidad de doscientos (200) ejemplares de las referidas Normas que la Gerencia de Seguridad e Inspección distribuirá entre los Organismos Principales y Dependencias de la Institución.

5º.- Comuníquese, publíquese en el Boletín Administrativo Público y archívese en la Gerencia de Seguridad e Inspección.

Fdo.: DAN J. BENINSON  
Gerente de Seguridad e Inspección

Fdo.: OSCAR A. QUIHILLALT  
Presidente

ES COPIA



## GLOSARIO —

**ACCIDENTE DE CRITICIDAD:** Situación en la cual una cantidad de material fisionable especial alcanza estado de criticidad en forma incontrolada.

**CRITICIDAD:** Estado en el cual la constante efectiva de multiplicación de neutrones ( $k_{ef}$ ) de una cantidad de material fisionable especial se hace igual o mayor que la unidad dando lugar a una reacción nuclear en cadena.

**DENSIDAD EFECTIVA:** Masa de U-233, U-235 o plutonio en cada litro de metal, compuesto, mezcla o solución.

**ENRIQUECIMIENTO:** Cociente entre el número de átomos de U-235 y el número total de átomos del elemento uranio.

**EXPOSICIONES ESPECIALES PLANIFICADAS:** Aquellas que resultan de una operación indispensable, no frecuente en tareas de rutina, y que involucren para determinados trabajadores exposiciones o ingestiones superiores a los límites fijados para condiciones normales de trabajo.

**FUENTE CONTROLADA:** Aquella que produce condiciones de exposición o de contaminación pre-visibles y que pueden ser limitadas en magnitud mediante el control de la fuente y el desarrollo de apropiados procedimientos de operación.

**GRADO DE MODERACION:** Relación entre el número de átomos de moderador y el número de átomos de material fisionable especial, habitualmente expresada tomando el hidrógeno como moderador H/X, siendo X: U-233, U-235 ó plutonio.

**MATERIALES FISIONABLES ESPECIALES:** Son: plutonio, U-233 y uranio enriquecido, y por extensión, cualquier material que contenga uno o más de los materiales anteriormente mencionados.

**MODERADOR:** Sustancia que disminuye significativamente la velocidad de los neutrones.

**OFICIAL DE SEGURIDAD:** Toda persona así reconocida por la Gerencia de Seguridad e Inspección a cuyo cargo estará: el asesoramiento en los temas de seguridad radiológica y/o nuclear en áreas de la CNEA, la realización de los correspondientes monitores y la fiscalización del cumplimiento de estas normas.

**OFICIAL MEDICO:** Todo médico así reconocido por la Gerencia de Seguridad e Inspección, a cuyo cargo estará el asesoramiento sobre el control de la salud ocupacional y la vigilancia médica radiosanitaria.

**REFLECTOR:** Sustancia que refleja los neutrones.

**REFLECTOR GRUESO:** Material con una capacidad de reflejar neutrones equivalente a más de 2,5 cm de agua.

**REFLECTOR NOMINAL:** Material con una capacidad de reflejar neutrones equivalente a menos de 2,5 cm de agua.

**REFLECTOR MINIMO:** Material con una capacidad de reflejar neutrones equivalente a no más de 0,3 cm de acero inoxidable u otro metal común.

**SITUACIONES ANORMALES:** Aquellas en que una particular exposición o contaminación es accidental o al menos no planificada y que puede ser limitada en magnitud solamente por acciones.

**TRIMESTRE CALENDARIO:** Cada período de trece semanas consecutivas, contado el primero de ellos a partir del primer lunes del año.

**URANIO ENRIQUECIDO:** Uranio cuyo enriquecimiento es superior al 0.7%.

## NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD RADIOLOGICA Y NUCLEAR EN AREAS DE LA CNEA

### *Alcance*

Las presentes normas se aplicarán a las siguientes operaciones que se realicen en áreas de la Comisión Nacional de Energía Atómica o por cuenta de ella:

- a) producción, tratamiento, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte de materiales fisiónables especiales y fuentes radiactivas naturales y artificiales.
- b) utilización de equipos generadores de radiaciones ionizantes.
- c) eliminación de desechos radiactivos.

### 2.- Objeto

Las presentes normas tienen por objeto el mantenimiento de la seguridad y la protección de la salud del personal de la CNEA y de los miembros del público que pudieran concebiblemente resultar afectados por las tareas que en ella se realicen.

### 3.- Principios Fundamentales de Operación

- 3.1. La supervisión de la protección radiológica y nuclear en las áreas de la CNEA estará a cargo de la Gerencia de Seguridad e Inspección y abarcará: el dictado de normas, reglamentos y códigos de práctica referentes al tema; el control de instalaciones y operaciones desde el punto de vista de irradiación y contaminación; la contabilidad de materiales fisiónables especiales y demás medidas necesarias para evitar accidentes de criticidad; la vigilancia médica radiosanitaria y el mantenimiento de registros adecuados.

Las medidas aplicadas estarán en consonancia con la magnitud de los riesgos involucrados con el fin de mantener el nivel de seguridad radiológica (ver Anexo N° 1) y nuclear (ver Anexo N° 2).

- 3.2. En las áreas de la CNEA que a continuación se mencionan

- a) Delegación Norte (G.M.P.).
- b) Delegación Oeste y Planta Malargüe (G.M.P.).
- c) Distrito Centro y Planta Córdoba (G.M.P.)
- d) Centro Atómico Bariloche (D.I.).

y con la salvedad hecha en 3.3. se designará un "oficial médico" y un "oficial de seguridad" que dependerán administrativamente del Jefe del área y funcionalmente de la Gerencia de Seguridad e Inspección (Depto. Medicina Radiosanitaria y Depto. Seguridad Radiológica e Industrial, respectivamente).

- 3.3. Al solo y exclusivo efecto de estas normas, las áreas mencionadas en los incisos b) y c) del párrafo 3.2., se unificarán respectivamente bajo la jefatura de la Delegación Oeste y de la Planta Córdoba.
- 3.4. Con excepción de lo dispuesto en el párrafo 3.5., las operaciones a que se hace referencia en I.I. estarán sometidas a notificación o registro -según lo determine la Gerencia de Seguridad e Inspección- y, si fuera necesario, a la concesión de la autorización correspondiente por parte de dicha Gerencia, teniendo en cuenta los riesgos que aquéllas entrañen para la salud y la seguridad de las personas.
- 3.5. Podrá prescindirse de la notificación, registro o autorización de las operaciones a las que se hace referencia en I.I. cuando se trate de:
  - a) operaciones en las que se empleen sustancias radiactivas de actividad inferior a la indicada en la Tabla N<sup>o</sup> 1.
  - b) operaciones en las que se empleen sustancias radiactivas de concentración inferior a 25 nCi/g.
  - c) operaciones en las que se empleen sustancias radiactivas sólidas de concentración inferior a 25 nCi/g.
  - d) utilización de aparatos productores de radiación o de aquéllos en los que las sustancias radiactivas presentes estén eficazmente selladas para impedir su escape y que produzcan una dosis por unidad de tiempo en tejido acuoso, en cualquier punto ubicado a 10 cm de la superficie del aparato, no superior a 0,1 mrem/h.
  - e) utilización de equipos en los que los electrones se aceleren a una energía no superior a 5 keV.
  - f) realización de operaciones sucesivas idénticas a otras ya autorizadas y llevadas a cabo en instalaciones aprobadas.
- 3.6. Cuando se solicite que una operación sea autorizada, la Gerencia de Seguridad e Inspección podrá solicitar todas las informaciones que estime necesarias para evaluar los riesgos que la operación entraña.

- 3.7. En el caso de que una operación no esté sometida a reglamentos especiales, la Gerencia de Seguridad e Inspección evaluará los riesgos mencionados en 3.6. teniendo en cuenta los factores específicos del caso con la colaboración de expertos en la operación.
- 3.8. No se afectará a tareas que supongan exposición a radiaciones ionizantes a personas que no hayan recibido de sus superiores las instrucciones pertinentes, acordes con las tareas que deban realizar, acerca de los posibles riesgos y de las precauciones que deban adoptar.
- 3.9. La Gerencia de Seguridad e Inspección establecerá qué equipos de protección será necesario utilizar, y verificará su utilización por parte de los trabajadores profesionalmente expuestos y por las personas que puedan verse ocasionalmente expuestas a las radiaciones en las áreas de la CNEA.
- 3.10. El responsable del sector donde se haya comprobado que los trabajadores han recibido dosis superiores a las fijadas en el párrafo 2.1.1. del Anexo N° 1, deberá presentar a la Gerencia de Seguridad e Inspección un informe que aclare, hasta donde sea posible, las circunstancias determinantes de tal hecho.

#### 4.- Supervisión de la Seguridad Radiológica y Nuclear

##### 4.1. Control de instalaciones y operaciones

El control de instalaciones y operaciones a que se refiere 3.1. abarcará:

- a) la aprobación de nuevos dispositivos e instalaciones o de modificaciones sustanciales de los existentes desde el punto de vista de la protección radiológica y la seguridad nuclear.
- b) la evaluación de la seguridad de los métodos de trabajo y de los dispositivos de protección.
- c) la comprobación del funcionamiento y de la utilización adecuada de los instrumentos de protección.
- d) la evaluación de los niveles de exposición en los lugares que pueden ser ocupados por el personal y de la eventual contaminación del mismo, para garantizar el cumplimiento de lo establecido en el Anexo N° 1.

#### 4.2. *Evaluación de dosis*

- 4.2.1. Las dosis debidas a radiaciones externas se evaluarán con ayuda de uno o varios detectores individuales que los trabajadores llevarán constantemente mientras se encuentren en áreas controladas (ver párrafo 4.3.1.).
- 4.2.2. Las dosis debidas a irradiación interna serán evaluadas, siempre que sea necesario, mediante procedimientos directos o indirectos que permitan determinar la carga corporal de sustancias radiactivas.
- 4.2.3. Las evaluaciones a que se hace referencia en 4.2.1. y 4.2.2. se efectuarán con la frecuencia necesaria para garantizar el cumplimiento de lo establecido en el Anexo N<sup>o</sup> 1.

#### 4.3. *Áreas controladas*

- 4.3.1. A los efectos de estas normas serán "áreas controladas" los lugares de trabajo en los que es factible que el personal reciba dosis de radiación externa superiores a 1,5 rem por año o esté expuesto a incorporaciones de material radiactivo superiores a tres décimos de los límites anuales fijados en el párrafo 2.1.1. del Anexo N<sup>o</sup> 1 y cualquier otra área que a criterio de la Gerencia de Seguridad e Inspección así sea designada.
- 4.3.2. Para cada área controlada se dictará el reglamento y/o código de práctica correspondiente.

#### 4.4. *Vigilancia médica radiosanitaria*

- 4.4.1. Todos los trabajadores directamente involucrados en trabajos con radiaciones ionizantes se someterán a un reconocimiento médico adecuado antes de iniciar sus tareas. Dicho reconocimiento estará orientado, según las tareas que cada trabajador deba realizar, a aquellos órganos y funciones que se consideren particularmente sensibles en cada caso.
- 4.4.2. En oportunidad de afectar por primera vez a una persona a un trabajo con radiaciones ionizantes, el jefe del Organismo Principal correspondiente deberá remitirla a la Gerencia de Seguridad e Inspección o al "oficial médico" autorizado mencionado en 3.2., para que se efectúe el examen previsto en 4.4.1. Simultáneamente

enviará una información escrita detallando las tareas a las que aquella resultaría afectada, para poder orientar dicho examen.

- 4.4.3. Durante el período de empleo se efectuarán reconocimientos médicos semejantes a los indicados en 4.4.1. cuando la Gerencia de Seguridad e Inspección lo estime necesario y en todos los casos en los que el trabajador sea cambiado de tareas y se modifiquen los riesgos involucrados en las mismas respecto de las precedentes. El jefe del Organismo Principal donde el agente preste las nuevas funciones deberá cumplir con lo indicado en 4.4.2.
- 4.4.4. Además de los reconocimientos médicos antes mencionados, en caso de accidente se efectuará un control médico excepcional que abarcará todos los exámenes, medidas de decontaminación y tratamiento de urgencia que el oficial médico estime necesarios.
- 4.4.5. Si por razones que surjan del examen radiosanitario la Gerencia de Seguridad e Inspección así lo estima, no se afectará a un trabajador o no se lo seguirá afectando a tareas como consecuencia de las cuales pueda verse expuesto profesionalmente a radiaciones ionizantes.
- 4.4.6. Todo trabajador que en un accidente reciba por radiación externa una dosis, en el organismo entero, superior a 25 rem o incorpore accidentalmente sustancias radiactivas en cantidad superior a cinco veces los límites fijados en el párrafo 2.1.1. del Anexo Nº 1, será sometido a un reconocimiento médico especial. El Presidente del Directorio de la CNEA, con el asesoramiento de la Gerencia de Seguridad e Inspección decidirá si dicho trabajador podrá continuar afectado a tareas con radiaciones ionizantes.
- 4.4.7. En el supuesto de los casos contemplados en 4.4.5. y 4.4.6., la Gerencia de Seguridad e Inspección pondrá en conocimiento de los antecedentes al Departamento Personal quien deberá actuar en concordancia con ellos.

#### 4.5. *Registros personales*

- 4.5.1. La Gerencia de Seguridad e Inspección llevará registros personales de cada trabajador profesionalmente expuesto en áreas controladas, en los que constará:
  - a) la índole de las tareas que realiza.
  - b) el tipo de radiación y/o contaminación a la que se halla expuesto;

- c) los resultados de las operaciones de monitoreo individual;
- d) los resultados de los reconocimientos médicos.

4.5.2. Los registros mencionados en 4.5.1. se conservarán mientras viva el interesado y en todo caso, por lo menos 30 años después que cese en las tareas que entrañen exposición profesional a las radiaciones ionizantes.

#### 4.6. *Protección radiológica en los alrededores de ciertas instalaciones*

4.6.1. Se establecerá una vigilancia adecuada en los alrededores de ciertas instalaciones que, a criterio de la Gerencia de Seguridad e Inspección, así lo requieran. La misma consistirá en la medición de los niveles de radiación y de la contaminación del ambiente, inclusive los alimentos y toda otra operación que la mencionada Gerencia estime necesaria con el fin de evaluar los riesgos a que puedan estar sometidos los miembros del público como consecuencia de las tareas que se realizan en la instalación.

4.6.2. Se controlará la evacuación de desechos radiactivos en el ambiente. Sujeto a la aprobación previa de los procedimientos de eliminación, eliminaciones diarias de actividades no superiores a diez veces los valores de la Tabla N° 1 no requerirán la autorización correspondiente.

### 5.- *Inspección e Intervención*

- 5.1. La Gerencia de Seguridad e Inspección tendrá los poderes necesarios de intervención para evitar los riesgos emergentes, en el caso de que no se observen las normas que corresponda aplicar.
- 5.2. La Gerencia de Seguridad e Inspección establecerá todas las medidas operacionales que deban adoptarse en caso de accidente y será responsable de la fiscalización de su cumplimiento.
- 5.3. El incumplimiento de lo dispuesto en las presentes normas o en los reglamentos y códigos de práctica que en razón de ellas se dicten, será considerado como "negligencia en el cumplimiento de sus funciones o tareas" (Artículo 58. inc. d. del Estatuto y Escalafón de la CNEA) o "incumplimiento intencional de órdenes de servicio" (Artículo 60. inc. d) según los casos. imponiéndose las medidas disciplinarias correspondientes.

TABLA N° 1  
ACTIVIDADES QUE NO REQUIEREN NOTIFICACION, AUTORIZACION O REGISTRO

Radionucleido								Actividad	
H-3,	Xe-133,	Re-187						1000 $\mu$ Ci	
Be-7,	C-14,	F-18,	Si-31,	Cl-38,	Cr-51,	Fe-55,	Cu-64,	100 $\mu$ Ci	
Zn-69	Ge-71,	Y-91m,	Zr-97,	Nb-97,	Tc-96m,	Tc-99m,	Rh-103m,		
In-113m,	In-115m,	Te-129,	Cs-131,	Cs-134m,	Cs-136,	Nd-149,	Os-191m,		
Pt-193m,	Pt-197m,	Pt-197,	Hg-197,	Tl-200,	Tl-201				
Na-22,	Na-24,	P-32,	S-35,	Cl-36,	K-42,	Ca-45,	Ca-47,	10 $\mu$ Ci	
Sc-46	Sc-47	Sc-48,	V-48,	Mn-52,	Mn-54,	Mn-56,	Fe-59,		
Co-57	Co-58m,	Co-58,	Co-60,	Ni-59,	Ni-63,	Ni-65,	Zn-65,		
Zn-69m,	Ga-72,	As-73,	As-74,	As-76,	As-77,	Se-75,	Br-82,		
Rb-86,	Rb-87,	Sr-85m,	Sr-85,	Sr-89,	Sr-91,	Sr-92,	Y-90,		
Y-91,	Y-92,	Y-93,	Zr-93,	Zr-95,	Nb-93m,	Nb-95,	Mo-99,		
Tc-96,	Tc-97m,	Tc-97,	Tc-99,	Ru-97,	Ru-103,	Ru-105,	Rh-105,		
Pd-103	Pd-109,	Ag-105,	Ag-110m,	Ag-111,	Cd-109,	Cd-115m,	Cd-115,		
In-114m,	Sn-113,	Sn-125,	Sb-122,	Sb-125,	Te-125m,	Te-127m,	Te-127,		
Te-129m,	Te-131m,	Te-132,	I-132,	I-133,	I-134,	I-135,	Cs-134		
Cs-135,	Cs-137,	Ba-131,	Ba-140,	La-140,	Ce-141,	Ce-143	Pr-142		
Pr-143,	Nd-147,	Pm-147,	Pm-149,	Sm-151,	Sm-153,	Eu-152,	Eu-155,		
Gd-159,	Tb-160,	Dy-165,	Dy-166,	Ho-166,	Er-169,	Er-171,	Tm-171,		
Yb-175,	Lu-177,	Hf-181,	Ta-182,	W-181,	W-185,	W-187	Re-183,		
Re-186,	Re-188,	Os-185,	Os-191,	Os-193,	Ir-190,	Ir-192,	Ir-194,		
Pt-191,	Pt-193,	Au-196,	Au-198,	Au-199,	Hg-197m,	Hg-203,	Tl-202,		
Tl-204	Pb-203,	Bi-206,	Bi-207,	Bi-212,	Rn-220,	Th-231,	Pa-233,		
Np-239									10 $\mu$ Ci
Sr-90,	Ru-106,	Sb-124,	I-126,	I-129,	I-131,	Ce-144,	Sm-147,		1 $\mu$ Ci
Eu-152,	Eu-154,	Tm-170,	Pb-212,	Bi-210,	Ra-223,	Ra-224,	Ac-228,		
Th-227,	Th-234,	Pa-230,	U-230,	U-233,	U-234,	U-235,	Pu-241,		
Bk-249								1 $\mu$ Ci	
Pb-210,	Po-210,	At-211,	Rn-222,	Ra-226,	Ra-228,	Ac-227,	Th-228,	0,1 $\mu$ Ci	
Th-230	Th-232,	Pa-231,	U-232,	Np-237,	Pu-238,	Pu-239,	Pu-240,		
Pu-242,	Am-241,	Am-243,	Cm-242,	Cm-243,	Cm-244,	Cm-245,	Cm-246,		
Cf-249,	Cf-250,	Cf-252							0,1 $\mu$ Ci

Están eximidas de las formalidades de notificación, autorización o registro cantidades de torio natural y de uranio natural menores de un kilogramo.



**ANEXO Nº 1**

**NORMAS BASICAS DE  
SEGURIDAD RADIOLOGICA**

ANEXO Nº 1  
**NORMAS BASICAS DE  
 SEGURIDAD RADIOLOGICA**

**1.- Alcance y Objeto**

1.1. Las normas a las que se refiere este Anexo se aplican a:

- a) Trabajadores expuestos como resultado de circunstancias impuestas por su ocupación.
- b) Miembros individuales del público.

1.2. Las dosis a las que se hace referencia en estas normas incluyen las dosis recibidas por irradiación interna y/o externa. Se excluye específicamente de las mismas a:

- a) Las dosis recibidas por las personas indicadas en 1.1. cuando como pacientes deban ser objeto de exámenes o tratamientos médicos que involucren el uso de radiaciones ionizantes.
- b) Las dosis resultantes del fondo natural de radiación.

1.3. El objeto de las normas contenidas en este Anexo es el de mantener bajo control los riesgos debidos al uso de radiaciones ionizantes.

**2.- Dosis Máximas Permisibles Debidas a Fuentes Controladas**

**2.1. Exposición ocupacional**

2.1.1. Los límites máximos permisibles en condiciones normales de trabajo son:

**1) Para irradiación externa:**

- a) uniforme de todo el cuerpo, o en particular de gonadas y órganos hematopoyéticos ..... 5 rem/año
- b) de piel, tiroides y huesos ..... 30 rem/año
- c) de manos, antebrazos, pies y tobillos ..... 75 rem/año
- d) de cualquier otro órgano ..... 15 rem/año

**II) Para irradiación interna:**

Los valores de incorporación máximos permisibles anuales, son los indicados en la Tabla N° 1.

Si se tratara de la incorporación de una mezcla de radionucleídos en proporciones conocidas deberá cumplirse que la suma de las fracciones de las cantidades incorporadas respecto de los valores correspondientes indicados en la Tabla N° 1 sea igual o menor que uno.

Si se tratara de mezcla de radionucleídos determinados en proporciones desconocidas, el máximo permisible para la mezcla será el correspondiente al radionucleído integrante de la mezcla de menor valor permisible de incorporación.

- 2.1.2. Sin perjuicio del cumplimiento de los puntos I a) y II del párrafo 2.1.1., y a menos de lo indicado en 2.1.3., podrá aceptarse que en un trimestre calendario el personal reciba una dosis de hasta 3 rem, o incorpore material radiactivo en cantidad de hasta la mitad de los límites anuales fijados.
- 2.1.3. Para el personal femenino, la irradiación externa a que se refiere el punto I a) del párrafo 2.1.1. estará limitada a 1,25 rem por trimestre calendario y la incorporación de material radiactivo en ese período, a la cuarta parte de los límites anuales fijados en el punto II de dicho párrafo. Toda mujer en estado de gravidez deberá notificarlo, mediante certificación médica, al Departamento Medicina Radiosanitaria (Gerencia de Seguridad e Inspección). A partir de ese momento y hasta el alumbramiento, la dosis total en el feto no deberá ser superior a 1 rem.
- 2.1.4. No se admite la exposición ocupacional de personas menores de 18 años.
- 2.1.5. En los casos de "exposiciones especiales planificadas", y respetando lo indicado en 2.1.7. y 2.1.8., podrá permitirse a pocos y determinados trabajadores la absorción de una dosis de radiación externa o la incorporación de material radiactivo, tales que no se exceda en un solo evento del doble de los máximos permisibles anuales. Durante todo el tiempo de su trabajo con radiaciones, las dosis debidas a estas "exposiciones especiales planificadas" no deberán exceder de cinco veces los límites permisibles anuales.
- 2.1.6. Las "exposiciones especiales planificadas" sólo serán permitidas a aquellos trabajadores que cumplan los siguientes requisitos:
- a) que las dosis en gonadas y órganos hematopoyéticos implicada en dichas tareas, sumada a la acumulada desde el comienzo de su ocupación, sea menor que la resultante de aplicar la fórmula  $D = 5(E-18)$  rem, donde E es la edad del individuo expresada en años.

- b) que en los 12 meses precedentes no hayan sufrido una exposición única o incorporado material radiactivo en valores superiores a los límites trimestrales.
- c) que no hayan estado sometidos en cualquier fecha anterior a exposiciones anormales (ver párrafo 3.1.1. a 3.2.2.) superiores a cinco veces los límites anuales fijados en 2.1.1.

2.1.7. Las "exposiciones especiales planificadas" no podrán ser encomendadas a personal femenino.

2.1.8. Si no obstante la previa planificación, circunstancias fortuitas determinasen para las personas involucradas dosis o incorporaciones mayores que los valores límites fijados en 2.1.5. pero inferiores a 25 rem, ello no implicará necesariamente su separación de las tareas habituales, quedando la decisión correspondiente a cargo conjunto del "oficial médico" y el "oficial de seguridad".

2.1.9. En el caso de no conocerse la historia previa de irradiación de un individuo, la aplicación de la fórmula mencionada en 2.1.6. se realizará aceptando que el trabajador ha recibido 5 rem durante cada año de su trabajo con radiaciones.

2.1.10. A los efectos de la aplicación de los párrafos 2.1.1. a 2.1.9. no se tendrán en cuenta las exposiciones que sufriera el trabajador como miembro del público.

## 2.2. Exposición de los miembros del público

Los valores límites anuales para los miembros del público a ser observados en el diseño de las instalaciones y en las operaciones de monitoraje exterior de las mismas son:

### 1) Para irradiación externa:

- a) uniforme de todo el cuerpo, o en particular de  
gonadas y órganos hematopoyéticos ..... 0,5 rem/año
- b) de piel, tiroides y huesos ..... 3,0 rem/año
- c) de manos, antebrazos, pies y tobillos ..... 7,5 rem/año
- d) de cualquier otro órgano ..... 1,5 rem/año

### *II) Para irradiación interna:*

Los valores límites anuales de ingestión e inhalación de material radiactivo son los indicados en la Tabla Nº 2.

Para la incorporación de mezclas de radionucleídos se seguirá un criterio similar al establecido en 2.1.1. (II).

## 3.- Exposición en Situaciones Anormales

### *3.1. Exposición profesional en situaciones de emergencia*

- 3.1.1. En operaciones de emergencia, durante o inmediatamente después de un accidente, podrán aceptarse dosis mayores que las establecidas en 2.1.1., 2.1.2. y 2.1.5. Dichas operaciones solamente podrán ser justificadas si se trata del rescate de individuos, la prevención de una fuerte irradiación de gran número de personas o la puesta a salvo de instalaciones muy valiosas.
- 3.1.2. Las tareas a cumplir en operaciones de emergencia serán voluntarias cuando la dosis total estimada a recibir durante su realización exceda de 10 rem.
- 3.1.3. Previamente a la ejecución de la operación, el voluntario deberá ser informado acerca de todos los riesgos que ella implica.
- 3.1.4. Cumplida la operación de emergencia se estimará del modo más aproximado posible la dosis y/o la incorporación de material radiactivo sufrida por el voluntario. Si la dosis recibida es menor de 25 rem o la incorporación menor que 5 veces los valores límites indicados en la Tabla Nº 1, el trabajador podrá continuar con sus tareas habituales. En caso contrario el Presidente del Directorio de la CNEA, con asesoramiento de la Gerencia de Seguridad e Inspección decidirá si dicho trabajador podrá continuar afectado a tareas con radiaciones ionizantes.
- 3.1.5. La participación de un mismo trabajador en más de una emergencia deberá ser objeto en todos los casos de especial autorización por parte del oficial de seguridad.
- 3.1.6 Las mujeres no serán aceptadas como voluntarias en tareas de emergencia.

### **3.2. *Exposición debida a accidentes***

#### **3.2.1. *Exposición de los trabajadores***

Si las dosis y/o la incorporación de material radiactivo debidas a un accidente resultan superiores a 5 veces los límites anuales establecidos en 2.1.1., el Presidente del Directorio de la CNEA con el asesoramiento de la Gerencia de Seguridad e Inspección decidirá si el trabajador podrá continuar afectado a tareas con radiaciones ionizantes.

#### **3.2.2. *Exposición de miembros del público***

En el caso de que, como consecuencia de accidentes, los miembros del público recibieran dosis mayores que las indicadas en 2.2. corresponderá a la Gerencia de Seguridad e Inspección aconsejar las medidas pertinentes.

**TABLA N° 1**  
**INCORPORACIONES MAXIMAS PERMISIBLES ANUALES (en  $\mu$ Ci) PARA**  
**TRABAJADORES EN CONDICIONES NORMALES DE TRABAJO**

Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor
H-3	s: $1,2 \times 10^4$	Cl-36	s: $8,8 \times 10^2$ i: $5,6 \times 10$	Cr-51	s: $2,6 \times 10^4$ i: $5,6 \times 10^4$
Be-7	s: $1,4 \times 10^4$ i: $3,0 \times 10^3$	Cl-38	s: $6,4 \times 10^3$ i: $5,2 \times 10^3$	Mn-52	s: $5,2 \times 10^3$ i: $3,5 \times 10^2$
C-14	s: $8,8 \times 10^3$	K-42	s: $4,8 \times 10^3$ i: $2,7 \times 10^2$	Mn-54	s: $9,6 \times 10^2$ i: $8,8 \times 10$
F-18	s: $1,3 \times 10^4$ i: $6,4 \times 10^3$	Ca-45	s: $8,0 \times 10$ i: $3,0 \times 10^2$	Mn-56	s: $1,9 \times 10^3$ i: $1,6 \times 10^3$
Na-22	s: $4,4 \times 10^2$ i: $2,1 \times 10$	Ca-47	s: $4,4 \times 10^2$ i: $4,4 \times 10^2$	Fe-55	s: $2,6 \times 10^3$ i: $2,6 \times 10^3$
Na-24	s: $3,0 \times 10^3$ i: $3,5 \times 10^2$	Sc-46	s: $6,0 \times 10^2$ i: $5,6 \times 10$	Fe-59	s: $3,7 \times 10^2$ i: $1,3 \times 10^2$
Si-31	s: $1,4 \times 10^4$ i: $2,5 \times 10^3$	Sc-47	s: $1,4 \times 10^3$ i: $1,2 \times 10^3$	Co-57	s: $8,8 \times 10^3$ i: $4,0 \times 10^2$
P-32	s: $1,8 \times 10^2$ i: $2,0 \times 10^2$	Sc-48	s: $4,4 \times 10^2$ i: $3,5 \times 10^2$	Co-58m	s: $4,4 \times 10^4$ i: $2,2 \times 10^4$
S-35	s: $6,8 \times 10^2$ i: $6,4 \times 10^2$	V-48	s: $4,8 \times 10^2$ i: $1,4 \times 10^2$	Co-58	s: $2,1 \times 10^3$ i: $1,4 \times 10^2$

s: soluble

i: insoluble

Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor
Co-60	s: $8,0 \times 10^2$ i: $2,2 \times 10$	As-74	s: $8,8 \times 10^2$ i: $3,1 \times 10^2$	Sr-91	s: $1,1 \times 10^3$ i: $6,4 \times 10^2$
Ni-59	s: $1,1 \times 10^3$ i: $1,9 \times 10^3$	As-76	s: $2,4 \times 10^2$ i: $2,5 \times 10^2$	Sr-92	s: $1,1 \times 10^3$ i: $7,2 \times 10^2$
Ni-63	s: $1,6 \times 10^2$ i: $7,2 \times 10^2$	As-77	s: $1,3 \times 10^3$ i: $1,0 \times 10^3$	Y-90	s: $3,2 \times 10^2$ i: $2,6 \times 10^2$
Ni-65	s: $2,2 \times 10^3$ i: $1,3 \times 10^3$	Se-75	s: $3,1 \times 10^3$ i: $3,0 \times 10^2$	Y-91m	s: $5,6 \times 10^4$ i: $4,4 \times 10^4$
Cu-64	s: $5,2 \times 10^3$ i: $2,6 \times 10^3$	Br-82	s: $2,8 \times 10^3$ i: $4,8 \times 10^2$	Y-91	s: $8,8 \times 10$ i: $8,0 \times 10$
Zn-65	s: $2,6 \times 10^2$ i: $1,4 \times 10^2$	Rb-86	s: $7,2 \times 10^2$ i: $1,7 \times 10^2$	Y-92	s: $9,6 \times 10^2$ i: $7,2 \times 10^2$
Zn-69m	s: $9,6 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10^2$	Rb-87	s: $1,2 \times 10^3$ i: $1,6 \times 10^2$	Y-93	s: $4,4 \times 10^2$ i: $3,4 \times 10^2$
Zn-69	s: $1,7 \times 10^4$ i: $2,2 \times 10^4$	Sr-85m	s: $1,0 \times 10^5$ i: $8,8 \times 10^4$	Zr-93	s: $3,2 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10^2$
Ga-72	s: $6,0 \times 10^2$ i: $4,8 \times 10^2$	Sr-85	s: $5,6 \times 10^2$ i: $2,6 \times 10^2$	Zr-95	s: $3,2 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10^2$
Ge-71	s: $1,6 \times 10^4$	Sr-89	s: $6,8 \times 10$ i: $8,8 \times 10$	Zr-97	s: $2,9 \times 10^2$ i: $2,3 \times 10^2$
As-73	s: $5,2 \times 10^3$ i: $9,6 \times 10^2$	Sr-90	s: 2,9 i: $1,4 \times 10$	Nb-93m	s: $3,0 \times 10^2$ i: $4,0 \times 10^2$

s: soluble

i: insoluble

<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>
Nb-95	s: $1,2 \times 10^3$ i: $2,5 \times 10^2$	Ru-103	s: $1,3 \times 10^3$ i: $2,1 \times 10^2$	Cd-109	s: $1,3 \times 10^2$ i: $1,8 \times 10^2$
Nb-97	s: $1,5 \times 10^4$ i: $1,2 \times 10^4$	Ru-105	s: $1,8 \times 10^3$ i: $1,3 \times 10^3$	Cd-115m	s: $8,8 \times 10$ i: $8,8 \times 10$
Mo-99	s: $1,8 \times 10^3$ i: $5,2 \times 10^2$	Ru-106	s: $1,9 \times 10^2$ i: $1,4 \times 10$	Cd-115	s: $5,6 \times 10^2$ i: $4,8 \times 10^2$
Tc-96m	s: $1,9 \times 10^5$ i: $7,2 \times 10^4$	Rh-103m	s: $1,9 \times 10^5$ i: $1,5 \times 10^5$	In-113m	s: $2,1 \times 10^4$ i: $1,7 \times 10^4$
Tc-96	s: $1,6 \times 10^2$ i: $6,0 \times 10^2$	Rh-105	s: $2,1 \times 10^3$ i: $1,3 \times 10^3$	In-114m	s: $2,6 \times 10^2$ i: $5,6 \times 10$
Tc-97m	s: $5,6 \times 10^3$ i: $3,8 \times 10^2$	Pd-103	s: $3,3 \times 10^3$ i: $1,8 \times 10^3$	In-115m	s: $6,0 \times 10^3$ i: $4,8 \times 10^3$
Tc-97	s: $2,7 \times 10^4$ i: $7,2 \times 10^2$	Pd-109	s: $1,4 \times 10^3$ i: $8,8 \times 10^2$	Sn-113	s: $8,8 \times 10^2$ i: $1,3 \times 10^2$
Tc-99m	s: $9,6 \times 10^4$ i: $3,5 \times 10^4$	Ag-105	s: $1,5 \times 10^3$ i: $2,0 \times 10^2$	Sn-125	s: $2,9 \times 10^2$ i: $2,1 \times 10^2$
Tc-99	s: $5,2 \times 10^3$ i: $1,5 \times 10^2$	Ag-110m	s: $4,8 \times 10^2$ i: $2,6 \times 10$	Sb-122	s: $4,8 \times 10^2$ i: $3,6 \times 10^2$
Ru-97	s: $5,6 \times 10^3$ i: $4,4 \times 10^3$	Ag-111	s: $7,2 \times 10^2$ i: $5,6 \times 10^2$	Sb-124	s: $3,7 \times 10^2$ i: $4,8 \times 10$

s: soluble

i: insoluble

Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor
Sb-125	s: $1,6 \times 10^2$ i: $6,8 \times 10$	I-131	s: $2,1 \times 10$ i: $8,0 \times 10^2$	Cs-136	s: $9,6 \times 10^2$ i: $4,4 \times 10^2$
Te-125m	s: $8,8 \times 10^2$ i: $3,2 \times 10^2$	I-132	s: $6,0 \times 10^2$ i: $2,3 \times 10^3$	Cs-137	s: $1,6 \times 10^2$ i: $3,6 \times 10$
Te-127m	s: $3,3 \times 10^2$ i: $1,0 \times 10^2$	I-133	s: $8,0 \times 10$ i: $5,2 \times 10^2$	Ba-131	s: $2,9 \times 10^3$ i: $8,8 \times 10^2$
Te-127	s: $4,0 \times 10^3$ i: $2,1 \times 10^3$	I-134	s: $1,2 \times 10^3$ i: $8,0 \times 10^3$	Ba-140	s: $3,2 \times 10^2$ i: $1,1 \times 10^2$
Te-129m	s: $1,9 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10$	I-135	s: $2,6 \times 10^2$ i: $8,8 \times 10^2$	La-140	s: $3,9 \times 10^2$ i: $3,0 \times 10^2$
Te-129	s: $1,3 \times 10^4$ i: $1,0 \times 10^4$	Xe-131m	s: $2,9 \times 10^4$	Ce-141	s: $1,1 \times 10^3$ i: $3,7 \times 10^2$
Te-131m	s: $9,6 \times 10^2$ i: $4,8 \times 10^2$	Cs-131	s: $2,6 \times 10^4$ i: $8,0 \times 10^3$	Ce-143	s: $6,4 \times 10^2$ i: $5,2 \times 10^2$
Te-132	s: $5,2 \times 10^2$ i: $2,6 \times 10^2$	Cs-134m	s: $8,8 \times 10^4$ i: $1,4 \times 10^4$	Ce-144	s: $2,4 \times 10$ i: $1,6 \times 10$
I-126	s: $1,8 \times 10$ i: $8,0 \times 10^2$	Cs-134	s: $9,6 \times 10$ i: $3,2 \times 10$	Pr-142	s: $4,8 \times 10^2$ i: $3,7 \times 10^2$
I-129	s: 4 i: $1,8 \times 10^2$	Cs-135	s: $1,2 \times 10^3$ i: $2,2 \times 10^2$	Pr-143	s: $8,0 \times 10^2$ i: $4,4 \times 10^2$

s: soluble

i: insoluble

<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>
Nd-147	s: $8,8 \times 10^2$ i: $5,6 \times 10^2$	Eu-155	s: $2,3 \times 10^2$ i: $1,8 \times 10^2$	Tm-171	s: $2,8 \times 10^2$ i: $5,6 \times 10^2$
Nd-149	s: $4,4 \times 10^3$ i: $3,6 \times 10^3$	Gd-153	s: $5,6 \times 10^2$ i: $2,2 \times 10^2$	Yb-175	s: $1,8 \times 10^3$ i: $1,4 \times 10^3$
Pm-147	s: $1,6 \times 10^2$ i: $2,4 \times 10^2$	Gd-159	s: $1,2 \times 10^3$ i: $1,0 \times 10^3$	Lu-177	s: $1,6 \times 10^3$ i: $1,3 \times 10^3$
Pm-149	s: $7,2 \times 10^2$ i: $5,6 \times 10^2$	Tb-160	s: $2,5 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10$	Hf-181	s: $9,6 \times 10$ i: $1,8 \times 10^2$
Sm-147	s: $1,8 \times 10^{-1}$ i: $6,4 \times 10^{-1}$	Dy-165	s: $6,4 \times 10^3$ i: $5,2 \times 10^3$	Ta-182	s: $9,6 \times 10$ i: $5,6 \times 10$
Sm-151	s: $1,6 \times 10^2$ i: $3,5 \times 10^2$	Dy-166	s: $6,0 \times 10^2$ i: $4,8 \times 10^2$	W-181	s: $5,6 \times 10^3$ i: $3,1 \times 10^2$
Sm-153	s: $1,2 \times 10^3$ i: $1,0 \times 10^3$	Ho-166	s: $4,8 \times 10^2$ i: $4,0 \times 10^2$	W-185	s: $1,9 \times 10^3$ i: $2,8 \times 10^2$
Eu-152m	s: $1,0 \times 10^3$ i: $8,0 \times 10^2$	Er-169	s: $1,5 \times 10^3$ i: $9,6 \times 10^2$	W-187	s: $1,1 \times 10^3$ i: $8,0 \times 10^2$
Eu-152	s: $3,0 \times 10$ i: $4,4 \times 10$	Er-171	s: $1,8 \times 10^3$ i: $1,4 \times 10^3$	Re-183	s: $6,4 \times 10^3$ i: $3,9 \times 10^2$
Eu-154	s: 9,6 i: $1,8 \times 10$	Tm-170	s: $8,8 \times 10$ i: $8,8 \times 10$	Re-186	s: $1,5 \times 10^3$ i: $6,0 \times 10^2$

s: soluble

i: insoluble

<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>
Re-187	s: $2,2 \times 10^4$ i: $1,2 \times 10^3$	Pt-193m	s: $1,8 \times 10^4$ i: $1,3 \times 10^4$	Tl-201	s: $4,8 \times 10^3$ i: $2,2 \times 10^3$
Re-188	s: $1,0 \times 10^3$ i: $4,0 \times 10^2$	Pt-193	s: $2,6 \times 10^3$ i: $8,0 \times 10^2$	Tl-202	s: $1,9 \times 10^3$ i: $6,0 \times 10^2$
Os-185	s: $1,2 \times 10^3$ i: $1,2 \times 10^2$	Pt-197m	s: $1,6 \times 10^4$ i: $1,2 \times 10^4$	Tl-204	s: $6,4 \times 10$
Os-191m	s: $4,0 \times 10^4$ i: $2,3 \times 10^4$	Pt-197	s: $1,9 \times 10^3$ i: $1,4 \times 10^3$	Pb-203	s: $6,4 \times 10^3$ i: $4,4 \times 10^3$
Os-191	s: $2,7 \times 10^3$ i: $1,0 \times 10^3$	Au-196	s: $2,6 \times 10^3$ i: $1,5 \times 10^3$	Pb-210	s: $3,1 \times 10^{-1}$ i: $6,0 \times 10^{-1}$
Os-193	s: $9,6 \times 10^2$ i: $6,8 \times 10^2$	Au-198	s: $8,0 \times 10^2$ i: $6,0 \times 10^2$	Pb-212	s: $4,4 \times 10$ i: $4,8 \times 10$
Ir-190	s: $3,2 \times 10^3$ i: $1,0 \times 10^3$	Au-199	s: $2,7 \times 10^3$ i: $2,0 \times 10^3$	Bi-206	s: $4,8 \times 10^2$ i: $3,6 \times 10^2$
Ir-192	s: $3,1 \times 10^2$ i: $6,4 \times 10$	Hg-197m	s: $1,8 \times 10^3$ i: $2,0 \times 10^3$	Bi-207	s: $4,4 \times 10^2$ i: $3,4 \times 10$
Ir-194	s: $5,6 \times 10^2$ i: $3,9 \times 10^2$	Hg-203	s: $1,8 \times 10^2$ i: $3,1 \times 10^2$	Bi-210	s: $1,6 \times 10$ i: $1,4 \times 10$
Pt-191	s: $1,9 \times 10^3$ i: $1,4 \times 10^3$	Tl-200	s: $6,4 \times 10^3$ i: $2,8 \times 10^3$	Bi-212	s: $2,4 \times 10^2$ i: $5,2 \times 10^2$

s: soluble

i: insoluble

<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>
Po-210	s: 1,2 i: $5,2 \times 10^{-1}$	Th-227	s: $8,8 \times 10^{-1}$ i: $4,4 \times 10^{-1}$	U-233	s: 1,3 i: $3,0 \times 10^{-1}$
At-211	s: $1,8 \times 10$ i: $8,8 \times 10$	Th-228	s: $2,2 \times 10^{-2}$ i: $1,5 \times 10^{-2}$	U-234	s: 1,4 i: $3,0 \times 10^{-1}$
Rn-220	s: $7,3 \times 10^2$	Th-230	s: $5,6 \times 10^{-3}$ i: $2,6 \times 10^{-2}$	U-235	s: 1,2 i: $3,2 \times 10^{-1}$
Rn-222	s: $7,3 \times 10$	Th-231	s: $3,7 \times 10^3$ i: $3,0 \times 10^3$	U-236	s: 1,4 i: $3,2 \times 10^{-1}$
Re-223	s: 4,4 i: $6,0 \times 10^{-1}$	Th-234	s: $1,4 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10$	U-238	s: $1,8 \times 10^{-1}$ i: $3,4 \times 10^{-1}$
Re-224	s: $1,4 \times 10$ i: 1,8	Pa-230	s: 4,4 i: 3,6	U-240	s: $5,6 \times 10^2$ i: $4,4 \times 10^2$
Re-226	s: $7,2 \times 10^{-2}$ i: $1,3 \times 10^{-1}$	Pa-231	s: $2,8 \times 10^{-3}$ i: $2,7 \times 10^{-1}$	Np-237	s: $1,0 \times 10^{-2}$ i: $3,0 \times 10^{-1}$
Re-228	s: $1,7 \times 10^{-1}$ i: $9,6 \times 10^{-2}$	Pa-233	s: $1,5 \times 10^3$ i: $4,4 \times 10^2$	Np-239	s: $2,1 \times 10^3$ i: $1,7 \times 10^3$
Ac-227	s: $6,0 \times 10^{-3}$ i: $6,4 \times 10^{-2}$	U-230	s: $7,2 \times 10^{-1}$ i: $2,8 \times 10^{-1}$	Pu-238	s: $4,8 \times 10^{-3}$ i: $8,8 \times 10^{-2}$
Ac-228	s: $1,9 \times 10^2$ i: $4,4 \times 10$	U-232	s: $2,6 \times 10^{-1}$ i: $6,8 \times 10^{-2}$	Pu-239	s: $4,4 \times 10^{-3}$ i: $9,6 \times 10^{-2}$

s: soluble

i: insoluble

Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor	Radionucleido	Valor
Pu-240	s: $4,4 \times 10^{-3}$ i: $9,6 \times 10^{-2}$	Cm-242	s: $1,4 \times 10^{-1}$ i: $4,0 \times 10^{-1}$	Cf-249	s: $3,9 \times 10^{-3}$ i: $2,5 \times 10^{-1}$
Pu-241	s: $2,2 \times 10^{-1}$ i: $9,6 \times 10$	Cm-243	s: $1,6 \times 10^{-2}$ i: $2,5 \times 10^{-1}$	Cf-250	s: $1,2 \times 10^2$ i: $2,5 \times 10^1$
Pu-242	s: $4,4 \times 10^{-3}$ i: $9,6 \times 10^{-2}$	Cm-244	s: $2,2 \times 10^{-2}$ i: $2,5 \times 10^{-1}$	Cf-251	s: $4,0 \times 10^{-3}$ i: $2,5 \times 10^{-1}$
Pu-243	s: $4,4 \times 10^3$ i: $5,6 \times 10^3$	Cm-245	s: $1,2 \times 10^{-2}$ i: $2,7 \times 10^{-1}$	Cf-252	s: $1,6 \times 10^{-2}$ i: $8,0 \times 10^{-2}$
Pu-244	s: $4,0 \times 10^{-3}$ i: $8,0 \times 10^{-2}$	Cm-246	s: $1,2 \times 10^{-2}$ i: $2,6 \times 10^{-1}$	Cf-253	s: 2,1 i: 1,9
Am-241	s: $1,4 \times 10^{-2}$ i: $2,6 \times 10^1$	Cm-247	s: $1,2 \times 10^{-2}$ i: $2,7 \times 10^{-1}$	Cf-254	s: $1,3 \times 10^{-2}$ i: $1,2 \times 10^{-2}$
Am-242m	s: $1,4 \times 10^{-2}$ i: $6,4 \times 10^1$	Cm-248	s: $1,4 \times 10^{-3}$ i: $3,3 \times 10^{-2}$	Es-253	s: 1,9 i: 1,5
Am-242	s: $9,6 \times 10$ i: $1,2 \times 10^2$	Cm-249	s: $3,1 \times 10^4$ i: $2,8 \times 10^4$	Es-254m	s: $1,3 \times 10$ i: $1,4 \times 10$
Am-243	s: $1,4 \times 10^{-2}$ i: $2,7 \times 10^{-1}$	Bk-249	s: 2,3 i: $3,0 \times 10^2$	Es-254	s: $4,8 \times 10^{-2}$ i: $2,7 \times 10^{-1}$
Am-244	s: $1,0 \times 10^4$ i: $6,0 \times 10^4$	Bk-250	s: $3,6 \times 10^2$ i: $2,8 \times 10^3$	Es-255	s: 1,2 i: 1,0

s: soluble

i: insoluble

<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Valor</i>
Fm-254	s: $1,6 \times 10^2$ i: $1,8 \times 10^2$	Fm-255	s: $4,0 \times 10$ i: $2,7 \times 10$	Fm-256	s: 6,8 i: 4,4

s: soluble

i: insoluble

**TORIO NATURAL Y URANIO NATURAL**

1. La incorporación anual máxima permisible de *torio natural*, para trabajadores, es de 37 miligramos.
2. La incorporación anual máxima permisible de *uranio natural*, para trabajadores, es de 480 miligramos. Debido a la toxicidad química del uranio, su inhalación (en cualquier compuesto isotópico) no debe exceder de 2,5 miligramos de uranio soluble en un mismo día, ni su ingestión en el período de dos días consecutivos debe ser superior a 150 miligramos de uranio soluble.

**TABLA Nº 2**  
**ABSORCION ANUAL MAXIMA ADMISIBLE POR INGESTION E INHALACION PARA**  
**MIEMBROS DE LA POBLACION**

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
H-3	s: $2,7 \times 10^3$	s: $1,2 \times 10^3$	S-35	s: $5,0 \times 10$ i: $2,2 \times 10^2$	s: $6,8 \times 10$ i: $6,3 \times 10$
Be-7	s: $1,4 \times 10^3$ i: $1,4 \times 10^3$	s: $1,4 \times 10^3$ i: $3,0 \times 10^2$	Cl-36	s: $6,6 \times 10$ i: $4,6 \times 10$	s: $8,7 \times 10$ i: $5,7$
C-14	s: $6,6 \times 10^2$	s: $8,7 \times 10^2$	Cl-38	s: $3,2 \times 10^2$ i: $3,2 \times 10^2$	s: $6,4 \times 10^2$ i: $5,1 \times 10^2$
F-18	s: $6,6 \times 10^2$ i: $4,0 \times 10^2$	s: $1,3 \times 10^3$ i: $6,4 \times 10^2$	K-42	s: $2,5 \times 10^2$ i: $1,6 \times 10$	s: $5,0 \times 10^2$ i: $2,7 \times 10$
Na-22	s: $3,2 \times 10$ i: $2,4 \times 10$	s: $4,3 \times 10$ i: $2,1$	Ca-45	s: $7,3$ i: $1,0 \times 10^2$	s: $8,0$ i: $3,0 \times 10$
Na-24	s: $1,5 \times 10^2$ i: $2,2 \times 10$	s: $3,1 \times 10^2$ i: $3,6 \times 10$	Ca-47	s: $4,0 \times 10$ i: $2,6 \times 10$	s: $4,3 \times 10$ i: $4,2 \times 10$
Si-31	s: $7,0 \times 10^2$ i: $1,5 \times 10^2$	s: $1,4 \times 10^3$ i: $2,5 \times 10^2$	Sc-46	s: $3,0 \times 10$ i: $3,0 \times 10$	s: $6,0 \times 10$ i: $6,0$
P-32	s: $1,5 \times 10$ i: $1,8 \times 10$	s: $1,8 \times 10$ i: $2,0 \times 10$	Sc-47	s: $7,1 \times 10$ i: $7,1 \times 10$	s: $1,5 \times 10^2$ i: $1,2 \times 10^2$

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
Sc-48	s: 2,2 x 10 i: 2,2 x 10	s: 4,3 x 10 i: 3,5 x 10	Co-60	s: 3,9 x 10 i: 2,8 x 10	s: 8,0 x 10 i: 2,2
V-48	s: 2,3 x 10 i: 2,3 x 10	s: 4,5 x 10 i: 1,4 x 10	Ni-59	s: 1,6 x 10 <sup>2</sup> i: 1,6 x 10 <sup>3</sup>	s: 1,2 x 10 <sup>2</sup> i: 1,9 x 10 <sup>2</sup>
Cr-51	s: 1,1 x 10 <sup>3</sup> i: 1,2 x 10 <sup>3</sup>	s: 2,6 x 10 <sup>3</sup> i: 5,6 x 10 <sup>2</sup>	Ni-63	s: 2,2 x 10 i: 5,7 x 10 <sup>2</sup>	s: 1,6 x 10 i: 7,0 x 10
Mn-52	s: 2,6 x 10 i: 2,4 x 10	s: 5,3 x 10 i: 3,5 x 10	Ni-65	s: 1,1 x 10 <sup>2</sup> i: 8,0 x 10	s: 2,3 x 10 <sup>2</sup> i: 1,3 x 10 <sup>2</sup>
Mn-54	s: 1,0 x 10 <sup>2</sup> i: 1,0 x 10 <sup>2</sup>	s: s: 9,5 x 10 i: 8,7	Cu-64	s: 2,6 x 10 <sup>2</sup> i: 1,7 x 10 <sup>2</sup>	s: 5,3 x 10 <sup>2</sup> i: 2,6 x 10 <sup>2</sup>
Mn-56	s: 2,0 x 10 <sup>2</sup> i: 8,0 x 10	s: 2,0 x 10 <sup>2</sup> i: 1,0 x 10 <sup>2</sup>	Zn-65	s: 7,9 x 10 i: 1,0 x 10 <sup>2</sup>	s: 2,6 x 10 i: 1,5 x 10
Fe-55	s: 6,0 x 10 <sup>2</sup> i: 1,8 x 10 <sup>3</sup>	s: 2,0 x 10 <sup>2</sup> i: 2,6 x 10 <sup>2</sup>	Zn-69m	s: 5,0 x 10 i: 4,9 x 10	s: 9,5 x 10 i: 8,0 x 10
Fe-59	s: 4,7 x 10 i: 4,2 x 10	s: 3,7 x 10 i: 1,3 x 10	Zn-69	s: 1,4 x 10 <sup>3</sup> i: 1,4 x 10 <sup>3</sup>	s: 1,8 x 10 <sup>3</sup> i: 2,3 x 10 <sup>3</sup>
Co-57	s: 4,3 x 10 <sup>2</sup> i: 3,0 x 10 <sup>2</sup>	s: 8,7 x 10 <sup>2</sup> i: 4,0 x 10	Ga-72	s: 3,0 x 10 i: 3,0 x 10	s: 5,9 x 10 i: 4,7 x 10
Co-58m	s: 2,2 x 10 <sup>3</sup> i: 1,6 x 10 <sup>3</sup>	s: 4,5 x 10 <sup>3</sup> i: 2,2 x 10 <sup>3</sup>	Ge-71	s: 1,3 x 10 <sup>3</sup> i: 1,3 x 10 <sup>3</sup>	s: 1,6 x 10 <sup>3</sup>
Co-58	s: 1,0 x 10 <sup>2</sup> i: 7,2 x 10	s: 2,1 x 10 <sup>2</sup> i: 1,4 x 10	As-73	s: 3,8 x 10 <sup>2</sup> i: 3,7 x 10 <sup>2</sup>	s: 5,1 x 10 <sup>2</sup> i: 9,5 x 10

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión</i> $\mu\text{Ci}$	<i>Inhalación</i> $\mu\text{Ci}$	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión</i> $\mu\text{Ci}$	<i>Inhalación</i> $\mu\text{Ci}$
As-74	s: $4,2 \times 10$ i: $4,2 \times 10$	s: $8,7 \times 10$ i: $3,1 \times 10$	Sr-90	s: $3,2 \times 10^{-1}$ i: $2,8 \times 10$	s: $2,9 \times 10^{-1}$ i: 1,4
As-76	s: $1,6 \times 10$ i: $1,5 \times 10$	s: $3,2 \times 10$ i: $2,4 \times 10$	Sr-91	s: $5,6 \times 10$ i: $3,9 \times 10$	s: $1,1 \times 10^2$ i: $6,3 \times 10$
As-77	s: $6,6 \times 10$ i: $6,4 \times 10$	s: $1,3 \times 10^2$ i: $1,0 \times 10^2$	Sr-92	s: $5,4 \times 10$ i: $4,6 \times 10$	s: $1,1 \times 10^2$ i: $7,3 \times 10$
Se-75	s: $2,4 \times 10^2$ i: $2,2 \times 10^2$	s: $3,1 \times 10^2$ i: $3,1 \times 10$	Y-90	s: $1,6 \times 10$ i: $1,6 \times 10$	s: $3,2 \times 10$ i: $2,6 \times 10$
Br-82	s: $2,1 \times 10^2$ i: $3,0 \times 10$	s: $2,8 \times 10^2$ i: $4,7 \times 10$	Y-91m	s: $2,7 \times 10^3$ i: $2,7 \times 10^3$	s: $5,5 \times 10^3$ i: $4,3 \times 10^3$
Rb-86	s: $5,4 \times 10$ i: $1,9 \times 10$	s: $7,1 \times 10$ i: $1,7 \times 10$	Y-91	s: $2,1 \times 10$ i: $2,1 \times 10$	s: 8,7 i: 8,0
Rb-87	s: $8,8 \times 10$ i: $1,4 \times 10^2$	s: $1,2 \times 10^2$ i: $1,6 \times 10$	Y-92	s: $4,6 \times 10$ i: $4,6 \times 10$	s: $9,5 \times 10$ i: $7,3 \times 10$
Sr-85m	s: $5,2 \times 10^3$ i: $5,4 \times 10^3$	s: $1,0 \times 10^4$ i: $8,7 \times 10^3$	Y-93	s: $2,2 \times 10$ i: $2,2 \times 10$	s: $4,3 \times 10$ i: $3,4 \times 10$
Sr-85	s: $7,6 \times 10$ i: $1,4 \times 10^2$	s: $5,8 \times 10$ i: $2,6 \times 10$	Zr-93	s: $6,4 \times 10^2$ i: $6,4 \times 10^2$	s: $3,2 \times 10$ i: $8,0 \times 10$
Sr-89	s: 9,6 i: $2,2 \times 10$	s: 6,9 i: 8,7	Zr-95	s: $5,0 \times 10$ i: $5,0 \times 10$	s: $3,2 \times 10$ i: 8,0

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
Zr-97	s: $1,4 \times 10$ i: $1,4 \times 10$	s: $2,9 \times 10$ i: $2,3 \times 10$	Ru-97	s: $2,9 \times 10^2$ i: $2,8 \times 10^2$	s: $5,8 \times 10^2$ i: $4,4 \times 10^2$
Nb-93m	s: $3,2 \times 10^2$ i: $3,2 \times 10^2$	s: $3,1 \times 10$ i: $4,0 \times 10$	Ru-103	s: $6,6 \times 10$ i: $6,4 \times 10$	s: $1,3 \times 10^2$ i: $2,1 \times 10$
Nb-95	s: $7,7 \times 10$ i: $7,7 \times 10$	s: $1,2 \times 10^2$ i: $2,5 \times 10$	Ru-105	s: $8,8 \times 10$ i: $8,0 \times 10$	s: $1,8 \times 10^2$ i: $1,3 \times 10^2$
Nb-97	s: $7,4 \times 10^2$ i: $7,4 \times 10^2$	s: $1,5 \times 10^3$ i: $1,2 \times 10^3$	Ru-106	s: 9,6 i: 9,6	s: $1,9 \times 10$ i: 1,4
Mo-99	s: $1,4 \times 10^2$ i: $3,1 \times 10$	s: $1,8 \times 10^2$ i: $5,0 \times 10$	Rh-103m	s: $9,6 \times 10^3$ i: $9,6 \times 10^3$	s: $1,9 \times 10^4$ i: $1,5 \times 10^4$
Tc-96m	s: $9,6 \times 10^3$ i: $8,0 \times 10^3$	s: $1,9 \times 10^4$ i: $7,3 \times 10^3$	Rh-105	s: $1,0 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10$	s: $2,1 \times 10^2$ i: $1,3 \times 10^2$
Tc-96	s: $7,8 \times 10$ i: $3,8 \times 10$	s: $1,6 \times 10^2$ i: $6,0 \times 10$	Pd-103	s: $2,7 \times 10^2$ i: $2,2 \times 10^2$	s: $3,4 \times 10^2$ i: $1,9 \times 10^2$
Tc-97m	s: $2,8 \times 10^2$ i: $1,4 \times 10^2$	s: $5,8 \times 10^2$ i: $3,8 \times 10$	Pd-109	s: $7,0 \times 10$ i: $5,6 \times 10$	s: $1,4 \times 10^2$ i: $8,7 \times 10$
Tc-97	s: $1,4 \times 10^3$ i: $6,4 \times 10^2$	s: $2,7 \times 10^3$ i: $7,3 \times 10$	Ag-105	s: $7,8 \times 10$ i: $7,7 \times 10$	s: $1,5 \times 10^2$ i: $2,0 \times 10$
Tc-99m	s: $4,6 \times 10^3$ i: $2,2 \times 10^3$	s: $9,5 \times 10^3$ i: $3,5 \times 10^3$	Ag-110m	s: $2,4 \times 10$ i: $2,4 \times 10$	s: $4,8 \times 10$ i: 2,6
Tc-99	s: $2,6 \times 10^2$ i: $1,3 \times 10^2$	s: $5,3 \times 10^2$ i: $1,5 \times 10$	Ag-111	s: $3,5 \times 10$ i: $3,4 \times 10$	s: $7,1 \times 10$ i: $5,5 \times 10$

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
Cd-109	s: $1,4 \times 10^2$ i: $1,4 \times 10^2$	s: $1,3 \times 10$ i: $1,8 \times 10$	Te-125m	s: $1,3 \times 10^2$ i: $9,6 \times 10$	s: $8,7 \times 10$ i: $3,2 \times 10$
Cd-115m	s: $2,0 \times 10$ i: $2,0 \times 10$	s: 8,7 i: 8,7	Te-127m	s: $5,0 \times 10$ i: $4,2 \times 10$	s: $3,3 \times 10$ i: $1,0 \times 10$
Cd-115	s: $2,7 \times 10$ i: $2,9 \times 10$	s: $5,5 \times 10$ i: $4,6 \times 10$	Te-127	s: $2,1 \times 10^2$ i: $1,4 \times 10^2$	s: $4,2 \times 10^2$ i: $2,1 \times 10^2$
In-113m	s: $1,0 \times 10^3$ *i: $1,0 \times 10^3$	s: $2,10 \times 10^3$ i: $1,7 \times 10^3$	Te-129m	s: $2,6 \times 10$ i: $1,6 \times 10$	s: $2,0 \times 10$ i: 8,8
In-114m	s: $1,4 \times 10$ i: $1,4 \times 10$	s: $2,6 \times 10$ i: 5,4	Te-129	s: $6,6 \times 10^2$ i: $6,6 \times 10^2$	s: $1,3 \times 10^3$ i: $1,0 \times 10^3$
In-115m	s: $3,0 \times 10^2$ i: $3,0 \times 10^2$	s: $5,9 \times 10^2$ i: $4,7 \times 10^2$	Te-131m	s: $4,6 \times 10$ i: $3,0 \times 10$	s: $9,5 \times 10$ i: $4,7 \times 10$
Sn-113	s: $6,8 \times 10$ i: $6,5 \times 10$	s: $8,7 \times 10$ i: $1,3 \times 10$	Te-132	s: $2,6 \times 10$ i: $1,7 \times 10$	s: $5,1 \times 10$ i: $2,6 \times 10$
Sn-125	s: $1,4 \times 10$ i: $1,4 \times 10$	s: $2,9 \times 10$ i: $2,1 \times 10$	I-126	s: 1,4 i: $7,4 \times 10$	s: 1,8 i: $8,0 \times 10$
Sb-122	s: $2,3 \times 10$ i: $2,3 \times 10$	s: $4,7 \times 10$ i: $3,6 \times 10$	I-129	s: $3,0 \times 10^{-1}$ i: $1,7 \times 10^2$	s: $4,0 \times 10^{-1}$ i: $1,8 \times 10$
Sb-124	s: $1,8 \times 10$ i: $1,8 \times 10$	s: $3,7 \times 10$ i: 4,8	I-131	s: 1,6 i: $5,1 \times 10$	s: 2,1 i: $8,0 \times 10$
Sb-125	s: $8,0 \times 10$ i: $7,9 \times 10$	s: $1,3 \times 10^2$ i: 6,6	I-132	s: $4,5 \times 10$ i: $1,4 \times 10$	s: $5,9 \times 10$ i: $2,3 \times 10^2$

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
I-133	s: 6,0 i: 3,3 x 10	s: 8,0 i: 5,2 x 10	Ba-140	s: 2,1 x 10 i: 2,0 x 10	s: 3,2 x 10 i: 1,1 x 10
I-134	s: 9,6 x 10 i: 4,8 x 10 <sup>2</sup>	s: 1,2 x 10 <sup>2</sup> i: 8,0 x 10 <sup>2</sup>	La-140	s: 1,9 x 10 i: 1,9 x 10	s: 3,9 x 10 i: 3,1 x 10
I-135	s: 1,9 x 10 i: 5,6 x 10	s: 2,6 x 10 i: 8,7 x 10	Ce-141	s: 7,0 x 10 i: 7,2 x 10	s: 1,1 x 10 <sup>2</sup> i: 3,9 x 10
Xe-131m		s: 2,9 x 10 <sup>3</sup>	Ce-143	s: 3,2 x 10 i: 3,2 x 10	s: 6,4 x 10 i: 5,2 x 10
Cs-131	s: 1,9 x 10 <sup>3</sup> i: 7,4 x 10 <sup>2</sup>	s: 2,6 x 10 <sup>3</sup> i: 8,0 x 10 <sup>2</sup>	Ce-144	s: 9,6 i: 9,6	s: 2,4 i: 1,6
Cs-134m	s: 4,4 x 10 <sup>3</sup> i: 8,8 x 10 <sup>2</sup>	s: 8,7 x 10 <sup>3</sup> i: 1,5 x 10 <sup>3</sup>	Pr-142	s: 2,4 x 10 i: 2,4 x 10	s: 4,8 x 10 i: 3,9 x 10
Cs-134	s: 6,9 i: 3,2 x 10	s: 9,5 i: 3,2	Pr-143	s: 3,9 x 10 i: 3,9 x 10	s: 8,0 x 10 i: 4,4 x 10
Cs-135	s: 8,8 x 10 i: 1,8 x 10 <sup>2</sup>	s: 1,2 x 10 <sup>2</sup> i: 2,3 x 10	Nd-147	s: 4,9 x 10 i: 4,9 x 10	s: 8,7 x 10 i: 5,7 x 10
Cs-136	s: 6,8 x 10 i: 5,2 x 10	s: 9,5 x 10 i: 4,2 x 10	Nd-149	s: 2,2 x 10 <sup>3</sup> i: 2,2 x 10 <sup>2</sup>	s: 4,5 x 10 <sup>2</sup> i: 3,6 x 10 <sup>2</sup>
Cs-137	s: 1,2 x 10 i: 3,5 x 10	s: 1,6 x 10 i: 3,6	Pm-147	s: 1,8 x 10 <sup>2</sup> i: 1,8 x 10 <sup>2</sup>	s: 1,6 x 10 i: 2,4 x 10
Ba-131	s: 1,4 x 10 <sup>2</sup> i: 1,4 x 10 <sup>2</sup>	s: 2,9 x 10 <sup>2</sup> i: 3,7 x 10	Pm-149	s: 3,5 x 10 i: 3,5 x 10	s: 7,1 x 10 i: 5,6 x 10

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
Sm-147	s: $4,6 \times 10$ i: $5,5 \times 10$	s: $1,7 \times 10^{-2}$ i: $6,4 \times 10^{-2}$	Dy-166	s: $3,0 \times 10$ i: $3,0 \times 10$	s: $6,1 \times 10$ i: $4,9 \times 10$
Sm-151	s: $3,0 \times 10^2$ i: $3,0 \times 10^2$	s: $1,6 \times 10$ i: $3,5 \times 10$	Ho-166	s: $2,5 \times 10$ i: $2,5 \times 10$	s: $5,0 \times 10$ i: $4,1 \times 10$
Sm-153	s: $6,2 \times 10$ i: $6,2 \times 10$	s: $1,2 \times 10^2$ i: $1,0 \times 10^2$	Er-169	s: $7,4 \times 10$ i: $7,4 \times 10$	s: $1,5 \times 10^2$ i: $9,5 \times 10$
Eu-152	s: $5,0 \times 10$ i: $5,0 \times 10$	s: $1,0 \times 10^2$ i: $8,0 \times 10$	Er-171	s: $8,8 \times 10$ i: $8,8 \times 10$	s: $1,8 \times 10^2$ i: $1,5 \times 10^2$
Eu-152	s: $6,1 \times 10$ i: $6,1 \times 10$	s: 3,1 i: 4,6	Tm-170	s: $3,7 \times 10$ i: $3,7 \times 10$	s: 8,7 i: 8,7
Eu-154	s: $1,8 \times 10$ i: $1,8 \times 10$	s: $9,5 \times 10^{-1}$ i: 1,8	Tm-171	s: $4,1 \times 10^2$ i: $4,1 \times 10^2$	s: $2,8 \times 10$ i: $5,8 \times 10$
Eu-155	s: $1,6 \times 10^2$ i: $1,6 \times 10^2$	s: $2,3 \times 10$ i: $1,8 \times 10$	Yb-175	s: $8,8 \times 10$ i: $8,8 \times 10$	s: $1,8 \times 10^2$ i: $1,5 \times 10^2$
Gd-153	s: $1,7 \times 10^2$ i: $1,7 \times 10^2$	s: $5,6 \times 10$ i: $2,3 \times 10$	Lu-177	s: $8,0 \times 10$ i: $8,0 \times 10$	s: $1,6 \times 10^2$ i: $1,3 \times 10^2$
Gd-159	s: $6,2 \times 10$ i: $6,2 \times 10$	s: $1,2 \times 10^2$ i: $1,0 \times 10^2$	Hf-181	s: $5,6 \times 10$ i: $5,6 \times 10$	s: 9,5 i: $1,8 \times 10$
Tb-160	s: $3,5 \times 10$ i: $3,6 \times 10$	s: $2,5 \times 10$ i: 8,0	Ta-182	s: $3,2 \times 10$ i: $3,2 \times 10$	s: 9,5 i: 5,5
Dy-165	s: $3,2 \times 10^2$ i: $3,2 \times 10^2$	s: $6,4 \times 10^2$ i: $5,2 \times 10^2$	W-181	s: $2,9 \times 10^2$ i: $2,6 \times 10^2$	s: $5,8 \times 10^2$ i: $3,1 \times 10$

<i>Radionucleído</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
W-185	s: $9.6 \times 10$ i: $8.8 \times 10$	s: $1.9 \times 10^2$ i: $2.8 \times 10$	Ir-192	s: $3.2 \times 10$ i: $3.0 \times 10$	s: $3.10 \times 10$ i: 6,4
W-187	s: $5.4 \times 10$ i: $5.0 \times 10$	s: $1.1 \times 10^2$ i: $8.0 \times 10$	Ir-194	s: $2.7 \times 10$ i: $2.4 \times 10$	s: $5.5 \times 10$ i: $3.9 \times 10$
Re-183	s: $4.5 \times 10^2$ i: $2.2 \times 10^2$	s: $6.4 \times 10^2$ i: $3.9 \times 10$	Pt-191	s: $9.6 \times 10$ i: $8.8 \times 10$	s: $1.9 \times 10^2$ i: $1.4 \times 10^2$
Re-186	s: $7.4 \times 10$ i: $3.8 \times 10$	s: $1.5 \times 10^2$ i: $6.0 \times 10$	Pt-193m	s: $8.8 \times 10^2$ i: $8.0 \times 10^2$	s: $1.8 \times 10^3$ i: $1.3 \times 10^3$
Re-187	s: $2.0 \times 10^3$ i: $2.0 \times 10^3$	s: $2.3 \times 10^3$ i: $1.2 \times 10^2$	Pt-193	s: $7.5 \times 10^2$ i: $1.2 \times 10^3$	s: $2.6 \times 10^2$ i: $8.0 \times 10$
Re-188	s: $5.0 \times 10$ i: $2.5 \times 10$	s: $1.0 \times 10^2$ i: $4.0 \times 10$	Pt-197m	s: $8.0 \times 10^2$ i: $7.4 \times 10^2$	s: $1.6 \times 10^3$ i: $1.2 \times 10^3$
Os-185	s: $6.0 \times 10$ i: $5.3 \times 10$	s: $1.2 \times 10^2$ i: $1.2 \times 10$	Pt-197	s: $9.6 \times 10$ i: $8.8 \times 10$	s: $1.9 \times 10^2$ i: $1.4 \times 10^2$
Os-191m	s: $2.0 \times 10^3$ i: $1.9 \times 10^3$	s: $4.0 \times 10^3$ i: $2.3 \times 10^3$	Au-196	s: $1.3 \times 10^2$ i: $1.2 \times 10^3$	s: $2.6 \times 10^2$ i: $1.5 \times 10^2$
Os-191	s: $1.4 \times 10^2$ i: $1.3 \times 10^2$	s: $2.7 \times 10^2$ i: $1.0 \times 10^2$	Au-198	s: $4.1 \times 10$ i: $3.7 \times 10$	s: $8.0 \times 10$ i: $5.9 \times 10$
Os-193	s: $4.7 \times 10$ i: $4.2 \times 10$	s: $9.5 \times 10$ i: $6.8 \times 10$	Au-199	s: $1.4 \times 10^2$ i: $1.3 \times 10^2$	s: $2.7 \times 10^2$ i: $2.0 \times 10^2$
Ir-192	s: $1.6 \times 10^2$ i: $1.4 \times 10^2$	s: $3.2 \times 10^2$ i: $1.0 \times 10^2$	Hg-197m	s: $1.5 \times 10^2$ i: $1.4 \times 10^2$	s: $1.8 \times 10^2$ i: $2.1 \times 10^2$

Radionucleido	Ingestión $\mu\text{Ci}$	Inhalación $\mu\text{Ci}$	Radionucleido	Ingestión $\mu\text{Ci}$	Inhalación $\mu\text{Ci}$
Hg-197	s: $2,4 \times 10^2$ i: $3,9 \times 10^2$	s: $2,9 \times 10^2$ i: $6,2 \times 10^2$	Bi-210	s: $3,3 \times 10$ i: $3,3 \times 10$	s: 1,6 i: 1,5
Hg-203	s: $1,4 \times 10$ i: $8,8 \times 10$	s: $1,8 \times 10$ i: $3,1 \times 10$	Bi-212	s: $2,8 \times 10^2$ i: $2,8 \times 10^2$	s: $2,4 \times 10$ i: $5,0 \times 10$
Tl-200	s: $3,5 \times 10^2$ i: $1,8 \times 10^2$	s: $6,6 \times 10^2$ i: $2,8 \times 10^2$	Po-210	s: $5,8 \times 10^{-1}$ i: $2,3 \times 10$	s: $1,2 \times 10^{-1}$ i: $5,0 \times 10^{-2}$
Tl-201	s: $2,5 \times 10^2$ i: $1,4 \times 10^2$	s: $5,0 \times 10^2$ i: $2,2 \times 10^2$	At-211	s: 1,4 i: $5,8 \times 10$	s: 1,8 i: 8,7
Tl-202	s: $9,6 \times 10^3$ i: $5,4 \times 10$	s: $1,9 \times 10^2$ i: $6,0 \times 10$	Rn-220		$7,3 \times 10$
Tl-204	s: $8,8 \times 10$ i: $4,9 \times 10$	s: $1,5 \times 10^2$ i: 6,6	Rn-222		$7,3 \times 10$
Pb-203	s: $3,1 \times 10^2$ i: $2,8 \times 10^2$	s: $6,3 \times 10^2$ i: $4,5 \times 10^2$	Ra-223	s: $5,8 \times 10^{-1}$	s: $4,0 \times 10^{-1}$ i: $6,0 \times 10^{-2}$
Pb-210	s: $1,1 \times 10^{-2}$ i: $1,4 \times 10^{-2}$	s: $3,1 \times 10^{-2}$ i: $6,0 \times 10^{-2}$	Ra-224	s: 1,8 i: 4,2	s: 1,4 i: $1,8 \times 10^{-1}$
Pb-212	s: $1,5 \times 10$ i: $1,4 \times 10$	s: 4,4 i: 4,8	Ra-226	s: $9,6 \times 10^{-3}$ i: $2,6 \times 10$	s: $7,1 \times 10^{-3}$ i: $1,3 \times 10^{-2}$
Bi-206	s: $3,0 \times 10$ i: $3,0 \times 10$	s: $4,7 \times 10$ i: $3,6 \times 10$	Ra-228	s: $2,2 \times 10^{-2}$ i: $2,0 \times 10$	s: $1,7 \times 10^{-2}$ i: $9,5 \times 10^{-3}$
Bi-207	s: $5,1 \times 10$ i: $5,0 \times 10$	s: $4,2 \times 10$ i: 3,4	Ac-227	s: $1,5 \times 10^{-1}$ i: $2,4 \times 10^2$	s: $5,8 \times 10^{-4}$ i: $6,5 \times 10^{-3}$

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
Ac-228	s: 7,0 x 10 i: 7,0 x 10	s: 1,9 x 10 i: 4,2	U-230	s: 1,9 i: 3,7	s: 7,3 x 10 <sup>-2</sup> i: 2,8 x 10 <sup>-2</sup>
Th-227	s: 1,4 x 10 i: 1,4 x 10	s: 8,7 x 10 <sup>-2</sup> i: 4,5 x 10 <sup>-2</sup>	U-232	s: 6,7 x 10 <sup>-1</sup> i: 2,3 x 10	s: 2,6 x 10 <sup>-2</sup> i: 6,9 x 10 <sup>-3</sup>
Th-228	s: 5,8 i: 1,0 x 10	s: 2,3 x 10 <sup>-3</sup> i: 1,5 x 10 <sup>-3</sup>	U-233	s: 3,4 i: 2,6 x 10	s: 1,3 x 10 <sup>-1</sup> i: 3,0 x 10 <sup>-2</sup>
Th-230	s: 1,4 i: 2,6 x 10	s: 5,6 x 10 <sup>-4</sup> i: 2,6 x 10 <sup>-3</sup>	U-234	s: 3,4 i: 2,6 x 10	s: 1,4 x 10 <sup>-1</sup> i: 3,0 x 10 <sup>-2</sup>
Th-231	s: 1,8 x 10 <sup>2</sup> i: 1,8 x 10 <sup>2</sup>	s: 3,7 x 10 <sup>2</sup> i: 3,0 x 10 <sup>2</sup>	U-235	s: 3,0 i: 2,2 x 10	s: 1,2 x 10 <sup>-1</sup> i: 3,2 x 10 <sup>-2</sup>
Th-232	s: 1,2 i: 3,0 x 10	s: 4,8 x 10 <sup>-4</sup> i: 2,9 x 10 <sup>-3</sup>	U-236	s: 3,6 i: 2,7 x 10	s: 1,5 x 10 <sup>-1</sup> i: 3,1 x 10 <sup>-2</sup>
Th-234	s: 1,4 x 10 i: 1,4 x 10	s: 1,5 x 10 i: 8,0	U-238	s: 4,7 x 10 <sup>-1</sup> i: 2,8 x 10	s: 1,8 x 10 <sup>-2</sup> i: 3,4 x 10 <sup>-2</sup>
Pa-230	s: 1,9 x 10 <sup>2</sup> i: 2,0 x 10 <sup>2</sup>	s: 4,2 x 10 <sup>-1</sup> i: 2,0 x 10 <sup>-1</sup>	U-240	s: 2,7 x 10 i: 2,7 x 10	s: 5,5 x 10 i: 4,4 x 10
Pa-231	s: 7,0 x 10 <sup>-1</sup> i: 2,2 x 10	s: 2,8 x 10 <sup>-4</sup> i: 2,7 x 10 <sup>-2</sup>	Np-237	s: 2,5 i: 2,8 x 10	s: 1,0 x 10 <sup>-3</sup> i: 3,0 x 10 <sup>-2</sup>
Pa-233	s: 9,6 x 10 i: 9,6 x 10	s: 1,5 x 10 <sup>2</sup> i: 4,4 x 10	Np-239	s: 1,0 x 10 <sup>2</sup> i: 1,0 x 10 <sup>2</sup>	s: 2,1 x 10 <sup>2</sup> i: 1,7 x 10 <sup>2</sup>

<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>	<i>Radionucleido</i>	<i>Ingestión μCi</i>	<i>Inhalación μCi</i>
Pu-238	s: 4,0 i: 2,2 x 10	s: 4,8 x 10 <sup>-4</sup> i: 8,7 x 10 <sup>-3</sup>	Am-244	s: 3,8 x 10 <sup>3</sup> i: 3,8 x 10 <sup>3</sup>	s: 1,0 x 10 <sup>3</sup> i: 6,0 x 10 <sup>3</sup>
Pu-239	s: 3,6 i: 2,3 x 10	s: 4,3 x 10 <sup>-4</sup> i: 9,5 x 10 <sup>-3</sup>	Cm-242	s: 1,9 x 10 i: 2,0 x 10	s: 3,0 x 10 <sup>-2</sup> i: 4,1 x 10 <sup>-2</sup>
Pu-240	s: 3,6 i: 2,3 x 10	s: 4,3 x 10 <sup>-4</sup> i: 9,5 x 10 <sup>-3</sup>	Cm-243	s: 4,1 i: 2,0 x 10	s: 1,6 x 10 <sup>-3</sup> i: 2,5 x 10 <sup>-2</sup>
Pu-241	s: 1,8 x 10 <sup>2</sup> i: 1,1 x 10 <sup>3</sup>	s: 2,3 x 10 <sup>-2</sup> i: 9,5	Cm-244	s: 5,7 i: 2,1 x 10	s: 2,3 x 10 <sup>-3</sup> i: 2,5 x 10 <sup>-2</sup>
Pu-242	s: 3,8 i: 2,5 x 10	s: 4,5 x 10 <sup>-4</sup> i: 9,5 x 10 <sup>-3</sup>	Cm-245	s: 2,8 i: 2,2 x 10	s: 1,2 x 10 <sup>-3</sup> i: 2,7 x 10 <sup>-2</sup>
Pu-243	s: 2,7 x 10 <sup>2</sup> i: 2,7 x 10 <sup>2</sup>	s: 4,4 x 10 <sup>2</sup> i: 5,5 x 10 <sup>2</sup>	Cm-246	s: 2,9 i: 2,2 x 10	s: 1,2 x 10 <sup>-3</sup> i: 2,6 x 10 <sup>-2</sup>
Pu-244	s: 3,4 i: 8,8	s: 4,1 x 10 <sup>-4</sup> i: 8,0 x 10 <sup>-3</sup>	Cm-247	s: 2,9 i: 1,8 x 10	s: 1,2 x 10 <sup>-3</sup> i: 2,7 x 10 <sup>-2</sup>
Am-241	s: 3,0 i: 2,2 x 10	s: 1,5 x 10 <sup>-3</sup> i: 2,6 x 10 <sup>-2</sup>	Cm-248	s: 3,5 x 10 <sup>-1</sup> i: 1,0	s: 1,5 x 10 <sup>-4</sup> i: 3,3 x 10 <sup>-3</sup>
Am-242m	s: 3,5 i: 7,4 x 10	s: 1,4 x 10 <sup>-3</sup> i: 6,5 x 10 <sup>-2</sup>	Cm-249	s: 1,8 x 10 <sup>3</sup> i: 1,8 x 10 <sup>3</sup>	s: 3,1 x 10 <sup>3</sup> i: 2,8 x 10 <sup>3</sup>
Am-242	s: 1,0 x 10 <sup>2</sup> i: 1,0 x 10 <sup>2</sup>	s: 9,5 i: 1,2 x 10	Bk-249	s: 4,7 x 10 <sup>2</sup> i: 4,7 x 10 <sup>2</sup>	s: 2,3 x 10 <sup>-1</sup> i: 3,0 x 10
Am-243	s: 3,5 i: 2,2 x 10	s: 1,4 x 10 <sup>-3</sup> i: 2,7 x 10 <sup>-2</sup>	Bk-250	s: 1,8 x 10 <sup>2</sup> i: 1,8 x 10 <sup>2</sup>	s: 3,6 x 10 i: 2,8 x 10 <sup>2</sup>

Radionucleído	Ingestión $\mu\text{Ci}$	Inhalación $\mu\text{Ci}$	Radionucleído	Ingestión $\mu\text{Ci}$	Inhalación $\mu\text{Ci}$
Cf-249	s: 3,3 i: $1,9 \times 10$	s: $3,9 \times 10^{-4}$ i: $2,5 \times 10^{-2}$	Es-254m	s: $1,5 \times 10$ i: $1,5 \times 10$	s: 1,3 i: 1,5
Cf-250	s: $1,0 \times 10$ i: $2,0 \times 10$	s: $1,2 \times 10^{-3}$ i: $2,5 \times 10^{-2}$	Es-254	s: $1,1 \times 10$ i: $1,1 \times 10$	s: $4,7 \times 10^{-3}$ i: $2,7 \times 10^{-2}$
Cf-251	s: 3,4 i: $2,10 \times 10$	s: $4,2 \times 10^{-4}$ i: $2,5 \times 10^{-2}$	Es-255	s: $2,2 \times 10$ i: $2,2 \times 10$	s: $1,2 \times 10^{-1}$ i: $1,0 \times 10^{-1}$
Cf-252	s: 5,8 i: 5,8	s: $1,6 \times 10^{-3}$ i: $8,0 \times 10^{-3}$	Fm-234	s: $9,6 \times 10$ i: $9,6 \times 10$	s: $1,6 \times 10$ i: $1,8 \times 10$
Cf-253	s: $1,1 \times 10^2$ i: $1,1 \times 10^2$	s: $2,1 \times 10^{-1}$ i: $1,9 \times 10^{-1}$	Fm-255	s: $2,6 \times 10$ i: $2,6 \times 10$	s: 4,1 i: 2,7
Cf-254	s: $9,6 \times 10^{-2}$ i: $9,6 \times 10^{-2}$	s: $1,3 \times 10^{-3}$ i: $1,2 \times 10^{-3}$	Fm-256	s: $7,1 \times 10^{-1}$ i: $7,1 \times 10^{-1}$	s: $6,9 \times 10^{-1}$ i: $4,4 \times 10^{-1}$
Es-253	s: $1,8 \times 10$ i: $1,8 \times 10$	s: $1,9 \times 10^{-1}$ i: $1,5 \times 10^{-1}$			

#### TORIO NATURAL Y URANIO NATURAL

1. La ingestión anual máxima permisible de *torio natural*, para los miembros de la población, es de 9,5 gramos y la inhalación de 3,7 miligramos.
2. La ingestión anual máxima permisible de *uranio natural*, para los miembros de la población, es de 1,4 gramos y la inhalación de 48 miligramos. Debido a la toxicidad química del uranio, su inhalación no debe exceder de 0,25 miligramos de uranio soluble en un mismo día, ni su ingestión en el período de dos días consecutivos debe ser superior a 15 miligramos de uranio soluble.



**ANEXO Nº 2**

**NORMAS BASICAS DE  
SEGURIDAD NUCLEAR**

ANEXO Nº 2  
**NORMAS BASICAS DE  
 SEGURIDAD NUCLEAR**

**1. Alcance y Objeto**

Las normas a que se refiere este Anexo se aplican a todas las tareas realizadas en áreas de la CNEA, o por cuenta de ella, en las que se utilicen materiales fisionables especiales, con exclusión de aquellas llevadas a cabo en reactores o en conjuntos críticos.

La satisfacción de estas normas no exime del cumplimiento de lo que se especifique en el "Reglamento de Salvaguardias"

El objeto de estas normas es evitar los accidentes de criticidad.

**2.- Requisitos Generales**

2.1. Con excepción de lo establecido en 2.2., todo trabajo que implique el uso de materiales fisionables especiales, debe realizarse de acuerdo con planes detallados presentados por escrito a la Gerencia de Seguridad e Inspección, con anterioridad a la operación propuesta. Con la salvedad indicada, en ningún caso se dará comienzo al trabajo sin la correspondiente autorización de dicha Gerencia.

2.2. Podrá prescindirse de la notificación mencionada en 2.1.

- a) al realizar operaciones sucesivas idénticas a otras ya autorizadas y llevadas a cabo en instalaciones aprobadas.
- b) cuando se utilicen cantidades de materiales fisionables especiales inferiores a las indicadas a continuación:

U-233 .....	25 g.
U-235 .....	35 g.
Pu .....	20 g.

2.3. Al efectuarse la notificación, deberá designarse un responsable general de la operación y establecerse además, las responsabilidades individuales para cada una de las etapas de la operación, evitando áreas de responsabilidad compartida.

2.4. En las áreas donde pueda ocurrir algún accidente de criticidad deberán existir sistemas de alarma que indiquen cualquier excursión crítica, pero que sean insensibles a los niveles habituales de radiación en esa área

- 2.5. La Gerencia de Seguridad e Inspección establecerá procedimientos de emergencia en relación con los accidentes de criticidad concebibles en cada instalación.
- 2.6. El personal que no participe directamente en las operaciones mencionadas en 1, no podrá permanecer en las áreas de trabajo. Cuando deban realizarse tareas de mantenimiento o limpieza, el personal que las efectúe sólo podrá trabajar en presencia del responsable de la operación y bajo sus órdenes.

### 3.- *Requisitos para las Operaciones de Procesamiento de Materiales Fisionables Especiales*

Las operaciones de procesamiento serán planificadas de acuerdo con lo establecido en los párrafos 3.I. a 3.II. Podrán ser aceptadas otras configuraciones que por datos experimentales o por cálculos demuestren ser seguras a satisfacción de la Gerencia de Seguridad e Inspección.

#### 3.1. *Requisitos generales*

##### 3.1.1. *Unidades individuales*

Una unidad de material fisionable especial estará a salvo de criticidad, si cumple con los requisitos indicados en 3.2. y 3.3. para mezclas homogéneas, en 3.4. para disposiciones de barras de uranio de bajo enriquecimiento, en 3.5. para otros sistemas heterogéneos o con las limitaciones generales de masa o volumen establecidas en 3.6.

##### 3.1.2. *Grupos de unidades*

Un grupo de unidades de material fisionable especial estará a salvo de criticidad si, cumpliendo con los requisitos indicados para unidades individuales, satisface lo establecido en los párrafos 3.7. a 3.II.

##### 3.1.3. *Otras limitaciones*

La Gerencia de Seguridad e Inspección podrá requerir, en los casos que considere necesario, la satisfacción de otras limitaciones para el control de la criticidad de una o más unidades.

##### 3.1.4. *Moderación*

Para establecer los límites en cada operación, se considerará el grado de moderación más limitante, salvo que el control de la moderación quede asegurado por

la eliminación, confinamiento o control del agua y/u otros moderadores que contengan hidrógeno.

### 3.1.5. *Reflexión*

El reflector será considerado "grueso" a menos que se demuestre que la reflexión no excederá los límites "nominales" y cumpliéndose esto, se considerará "nominal" a menos que se demuestre que la reflexión no excederá los límites "mínimos".

### 3.1.6. *Moderadores y reflectores especiales*

- a) Si se trabaja en presencia de berilio, grafito o agua pesada, la seguridad nuclear se evaluará en base a datos experimentales o calculados, que tomen en consideración las características de esos materiales como moderadores y reflectores.
- b) Se considera que un espesor de 3,8 cm de acero o de grafito constituye un reflector "nominal" para materiales fisionables especiales en forma de metal y que uno de 2,5 cm de acero es un reflector "nominal" para una solución que contenga material fisionable especial.

## 3.2. *Mezclas homogéneas*

Se considerarán como mezclas homogéneas y estarán sujetas a los límites indicados en este párrafo, las soluciones, suspensiones o mezclas de líquidos, partículas o gránulos en cualquier combinación:

- a) Una mezcla homogénea que contenga el 93,5% o más de U-235, moderada con agua, no deberá exceder del límite de masa determinado según la figura 1, ó del límite de volumen determinado según la figura 2, ó del diámetro del cilindro determinado según la figura 3, ó del espesor de placa determinado según la figura 4, cuando los grados de moderación sean los especificados en la figura pertinente y la densidad del U-235 no exceda la indicada en la figura 13 para su correspondiente grado de moderación.
- b) Una mezcla homogénea de plutonio, moderada con agua, no deberá exceder del límite de masa determinado según la figura 5, ó del límite de volumen determinado según la figura 6, ó del diámetro de cilindro determinado según la figura 7, ó del espesor de placa determinado según la figura 8, cuando el grado de moderación y reflexión sean los especificados en la figura pertinente y la densidad del plutonio no exceda la especificada en la figura 13 para su correspondiente grado de moderación.

Para la determinación de estos límites se considerará que la masa total del plutonio es Pu-239, y que el reflector es "grueso", salvo que la proporción de Pu-240 sea del 3% o mayor, en cuyo caso se usarán las otras curvas consignadas en cada una de las figuras 5, 6, 7 y 8.

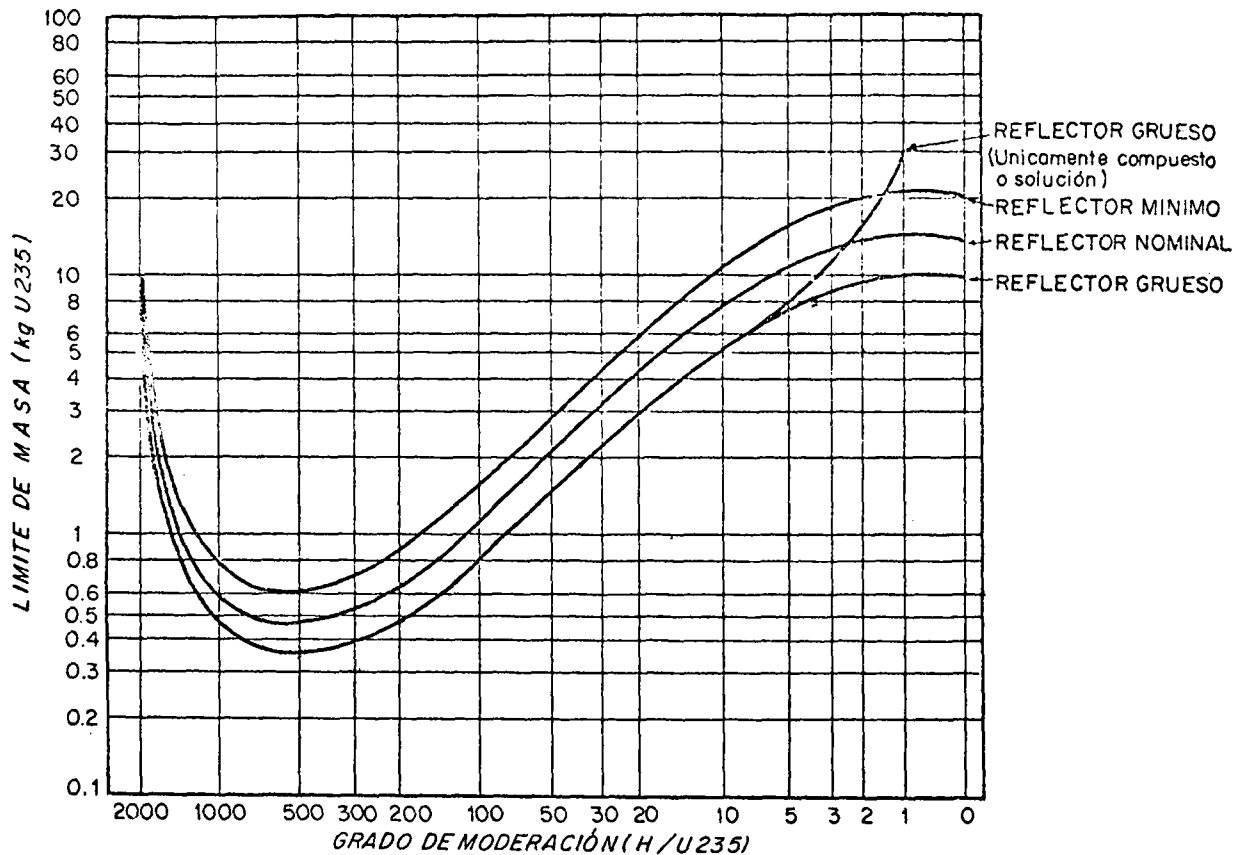


Fig.1- LÍMITE DE MASA PARA UNIDAD AISLADA HOMOGÉNEA DE URANIO ENRIQUECIDO (93,5% U 235) MODERADA CON AGUA

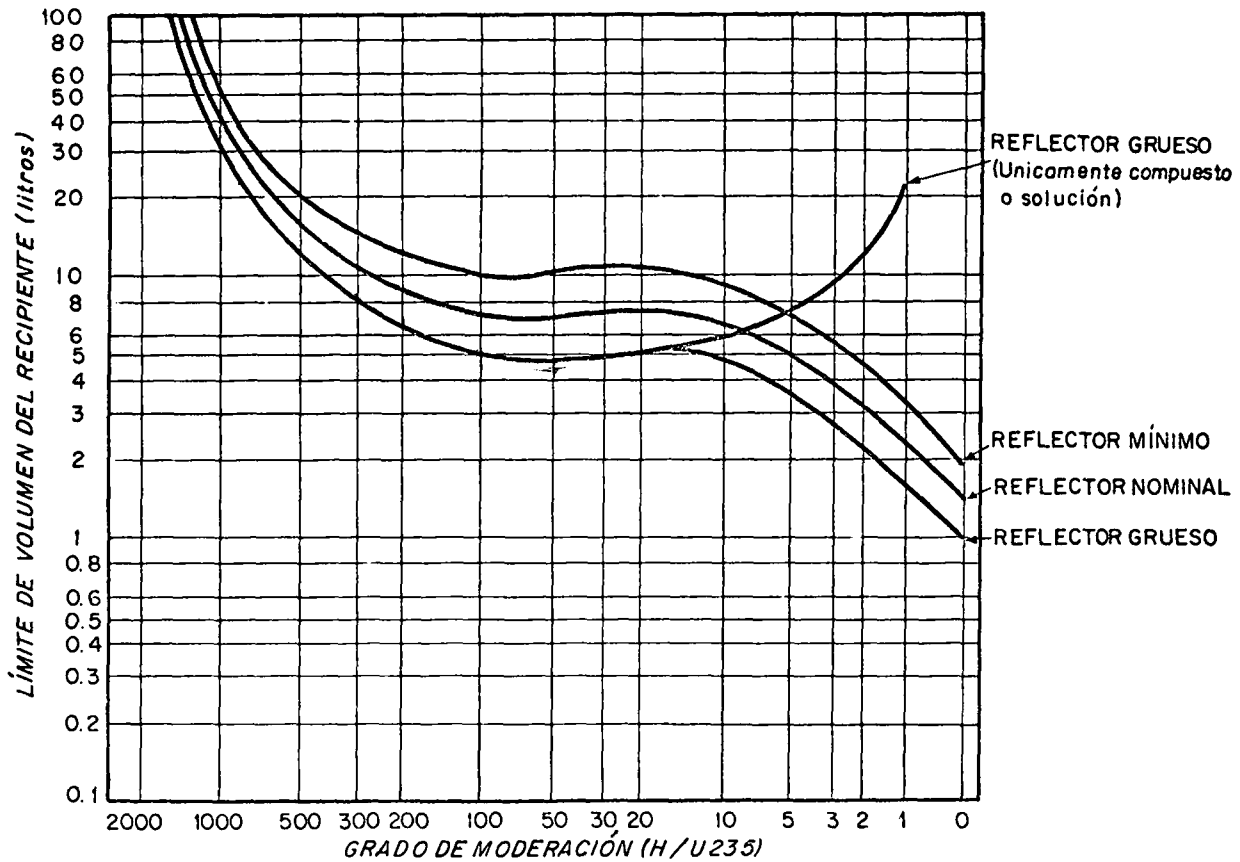


Fig.2- LÍMITE DE VOLUMEN DEL RECIPIENTE PARA UNIDAD AISLADA HOMOGÉNEA DE URANIO ENRIQUECIDO (93,5 % U 235) MODERADA CON AGUA

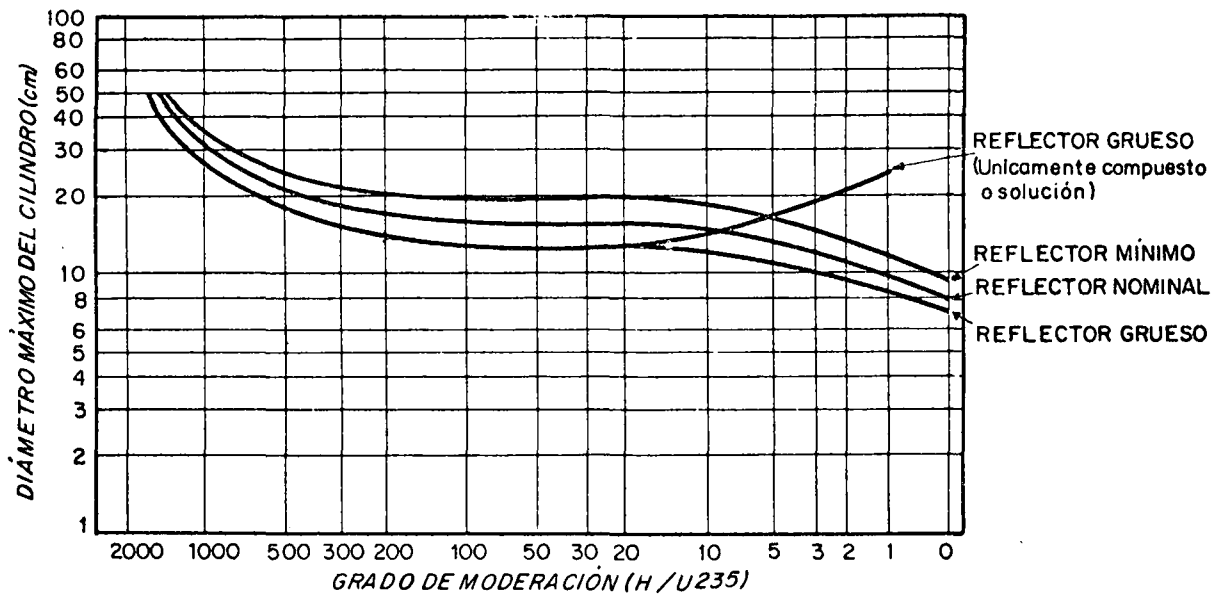


Fig. 3 - DIÁMETRO MÁXIMO DE UN CILINDRO AISLADO, HOMOGÉNEO, DE URANIO ENRIQUECIDO (93,5 % U 235) MODERADO CON AGUA

valle en  $\frac{h}{\lambda} > 10$   
 $\lambda$

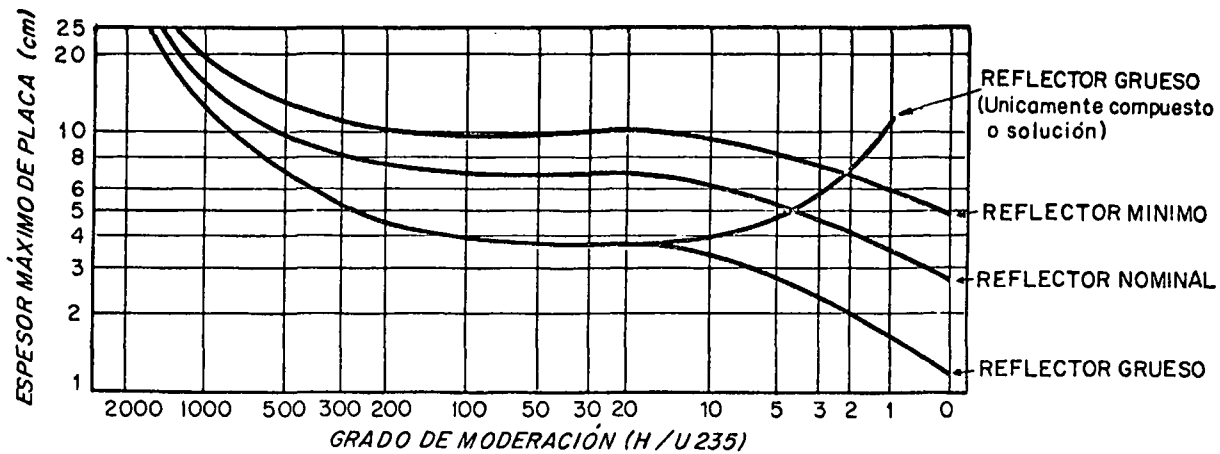


Fig. 4 - ESPESOR MÁXIMO DE UNA PLACA AISLADA, HOMOGÉNEA, DE URANIO ENRIQUECIDO (93,5% U 235) MODERADO CON AGUA

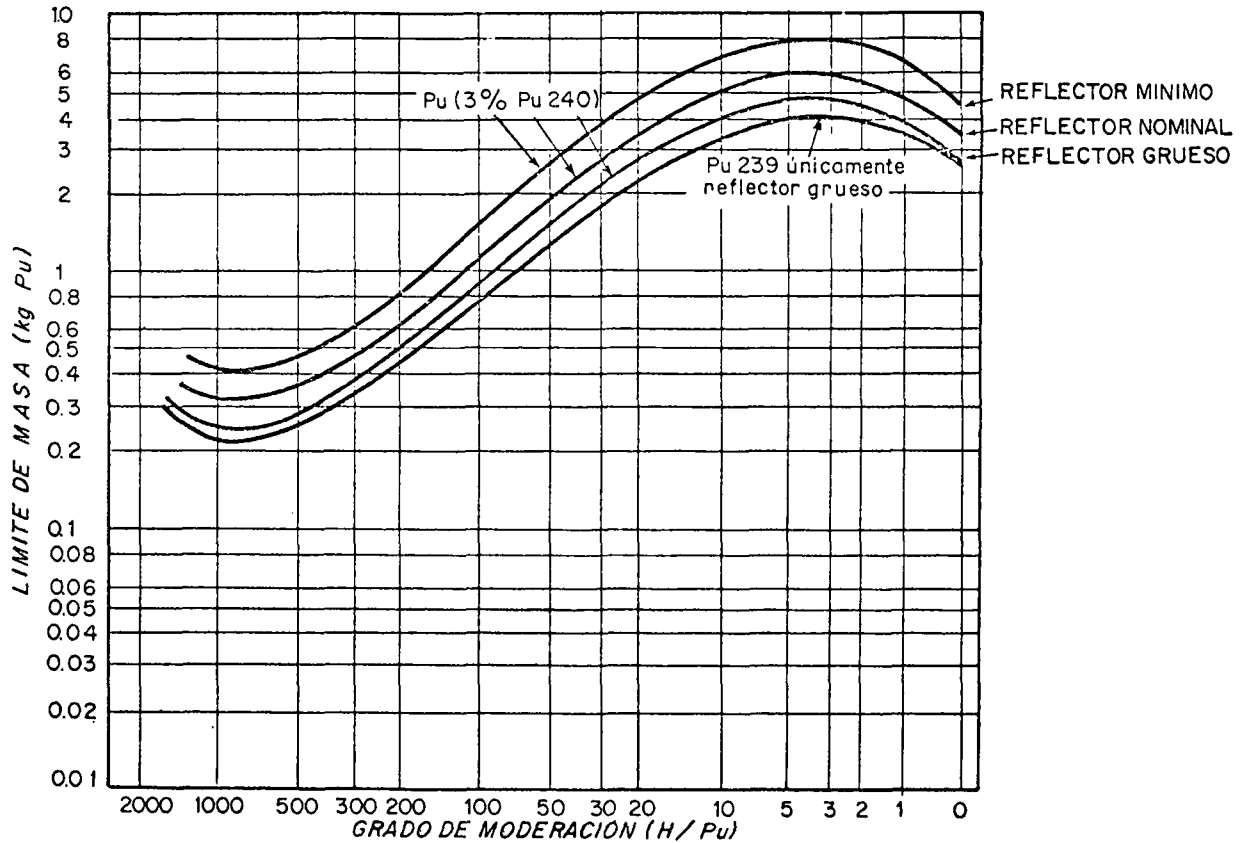


Fig.5 - LÍMITE DE MASA PARA UNIDAD AISLADA, HOMOGÉNEA, DE Pu MODERADO CON AGUA

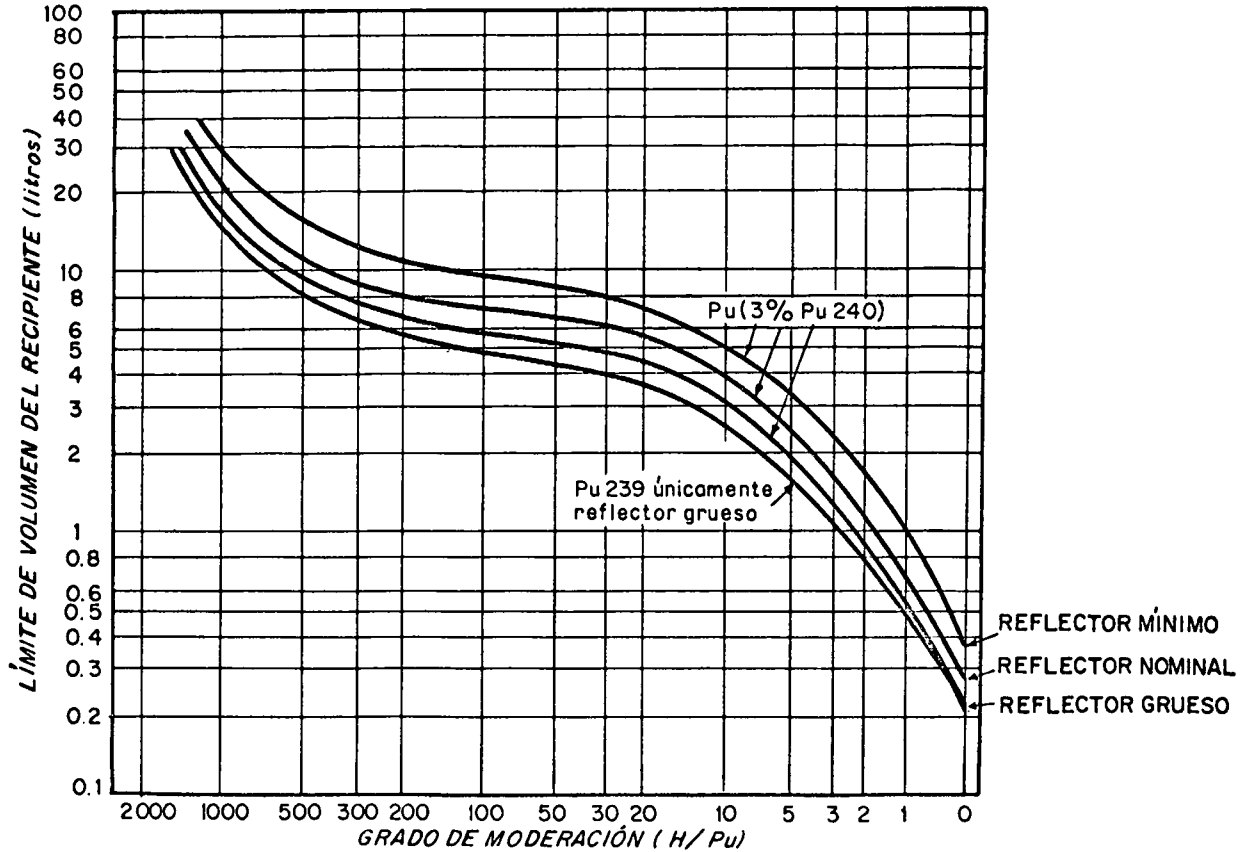


Fig.6- LÍMITE DE VOLUMEN DEL RECIPIENTE PARA UNA UNIDAD AISLADA HOMOGÉNEA DE Pu MODERADO CON AGUA

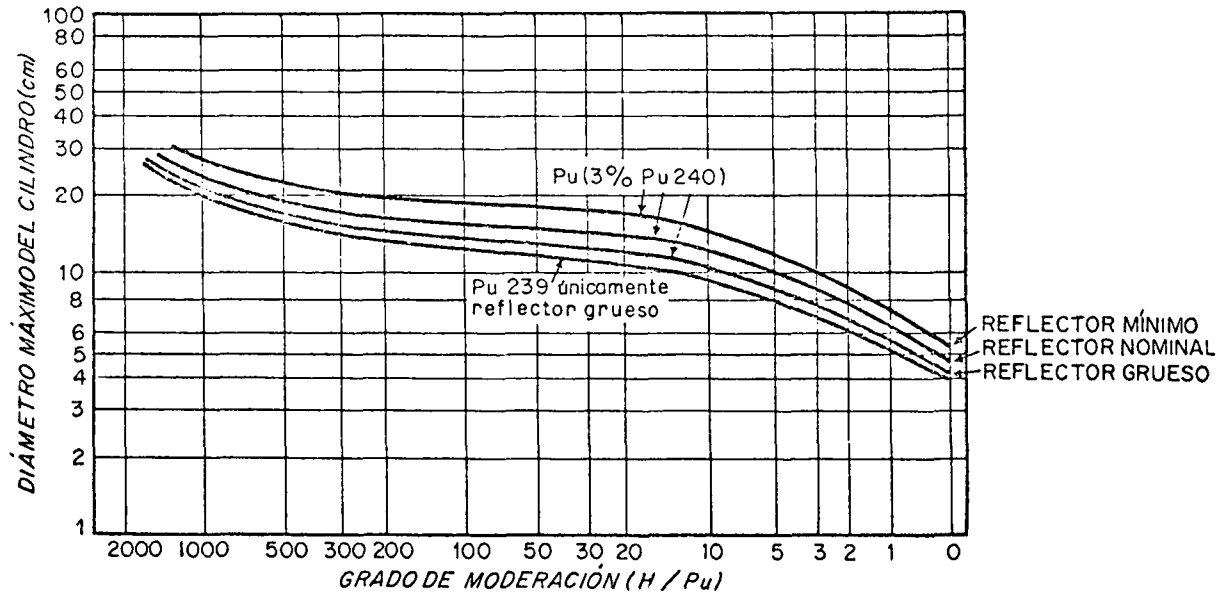


Fig. 7 - DIÁMETRO MÁXIMO DEL CILINDRO AISLADO, HOMOGÉNEO, DE Pu MODERADO CON AGUA

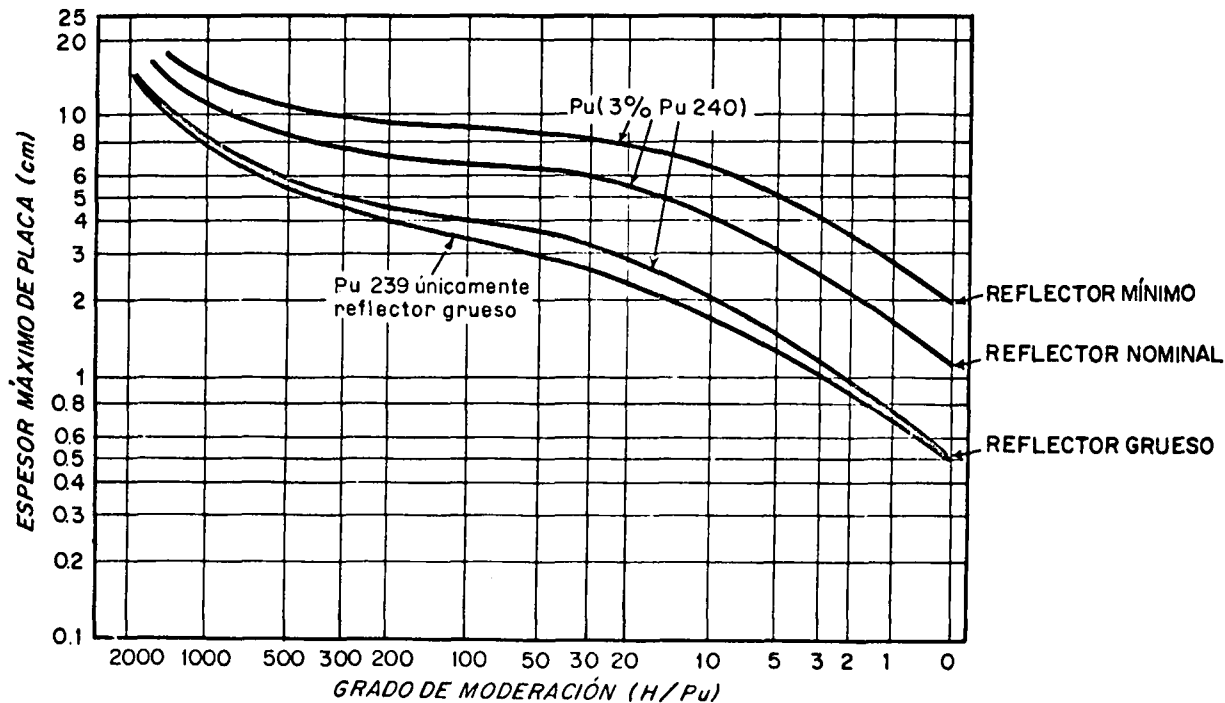


Fig. 8 - ESPESOR MÁXIMO DE UNA PLACA AISLADA, HOMOGÉNEA, DE Pu MODERADO CON AGUA

- c) Una mezcla homogénea de U-233, moderada con agua, no deberá exceder del límite de masa determinado según la figura 9, o del límite de volumen determinado según la figura 10, ó del diámetro de cilindro determinado según la figura 11, ó del espesor de la placa determinado según la figura 12, cuando los grados de moderación y reflexión sean los especificados en la figura pertinente y la densidad de U-233 no exceda la indicada en la figura 13 para su correspondiente grado de moderación.

### 3.3. Factores de corrección y concesión

- 3.3.1. Los valores obtenidos de acuerdo con lo indicado en 3.2. para la masa, volumen, diámetro de cilindro o espesor de placa podrán corregirse por:

- 1) El factor de corrección de la densidad efectiva determinado de acuerdo con 3.3.2.
- 2) Según los casos, podrán usarse los factores de concesión siguientes:
  - a) factor de concesión para el enriquecimiento, determinado según 3.3.3.
  - b) factor de concesión para la forma, determinado según 3.3.4.
  - c) factor de concesión para la densidad, determinado según 3.3.5.
  - d) factor de concesión para la dilución, determinado según 3.3.6.

- 3.3.2. Si la densidad efectiva  $\rho$  de un metal, mezcla, compuesto o solución que contenga U-235, U-233 ó plutonio es mayor que la densidad efectiva  $\rho_0$  especificada en la figura 13 para su correspondiente grado de moderación:

- 1) el valor límite para el diámetro de cilindro o el espesor de placa determinados de acuerdo con 3.2. deberá multiplicarse por la relación entre la densidad efectiva  $\rho$  especificada en la figura 13 y la densidad efectiva  $\rho_0$ .
- 2) el límite de masa determinado según 3.2. deberá multiplicarse por el cuadrado de dicha relación.
- 3) el límite de volumen de un recipiente determinado según 3.2. deberá multiplicarse por el cubo de dicha relación.

Si la densidad efectiva de un metal o de una mezcla, compuesto o solución es menor que la especificada en la figura 13 para su correspondiente grado de moderación, los límites determinados según 3.2. no serán modificados en razón de tal causa.

- 3.3.3. a) En el caso de uranio metálico sin mezcla de material hidrogenado y sin ningún otro moderador, el límite determinado según la figura 1 de la sección 3.2. podrá multiplicarse por un factor de concesión de acuerdo con la figura 14, en función del grado de enriquecimiento.

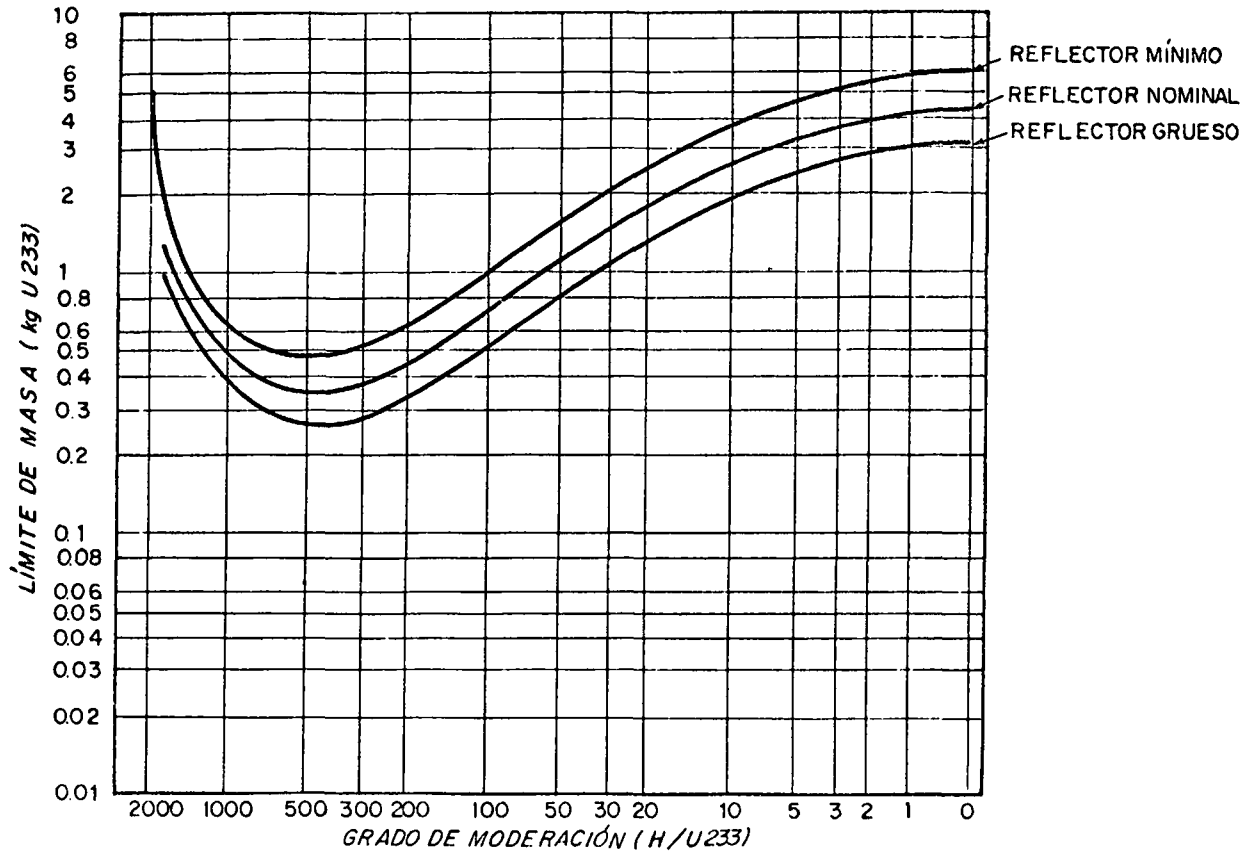


Fig.9 - LÍMITE DE MASA PARA UNA UNIDAD AISLADA, HOMOGÉNEA, DE U233 MODERADO CON AGUA

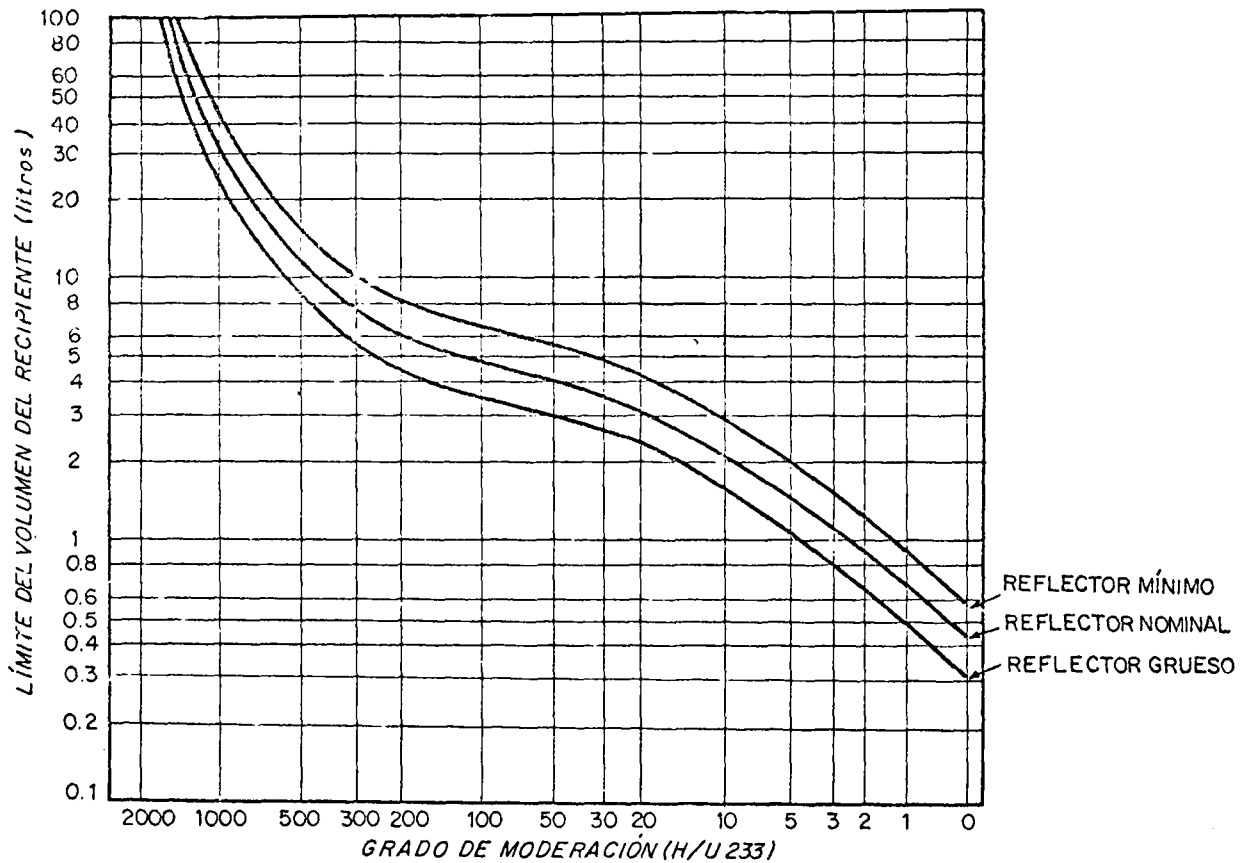


Fig.10-LÍMITE DE VOLUMEN DEL RECIPIENTE PARA UNIDADES AISLADAS HOMOGÉNEAS DE U 233 MODERADO CON AGUA

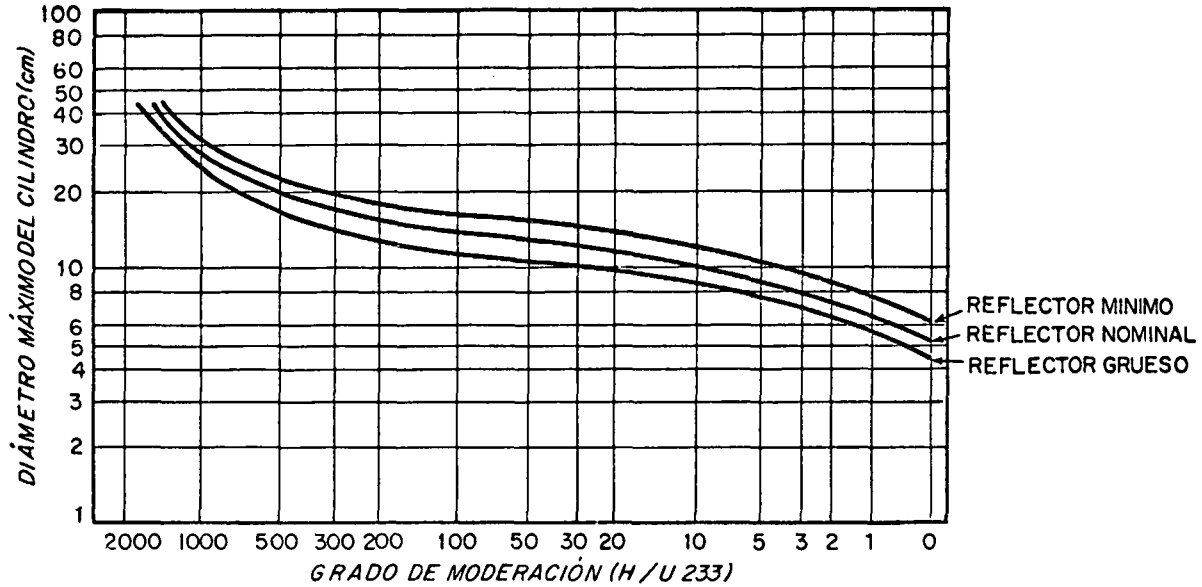


Fig.11- DIÁMETRO MÁXIMO DE UN CILINDRO AISLADO, HOMOGÉNEO,  
DE U 233 MODERADO CON AGUA

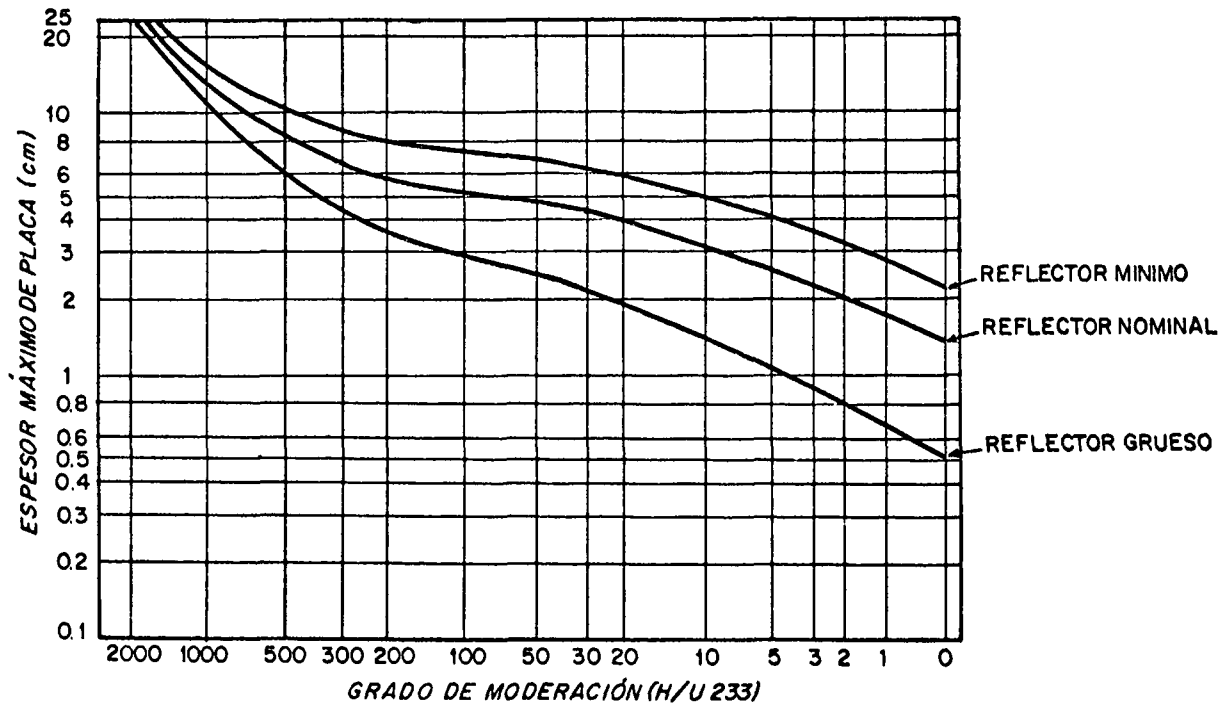


Fig.12- ESPESOR MÁXIMO DE UNA PLACA AISLADA, HOMOGÉNEA,  
DE U 233 MODERADO CON AGUA

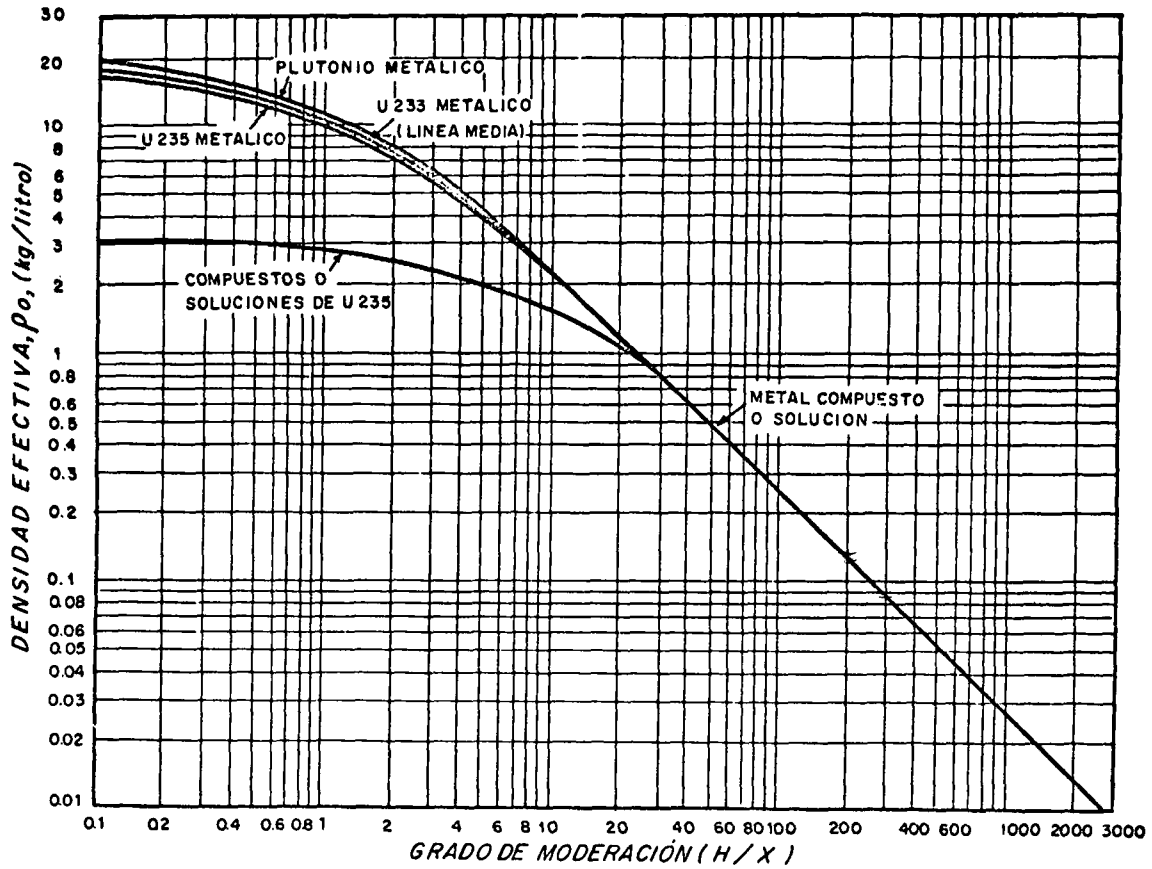


Fig. 13 - DENSIDAD EFECTIVA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE MODERACIÓN

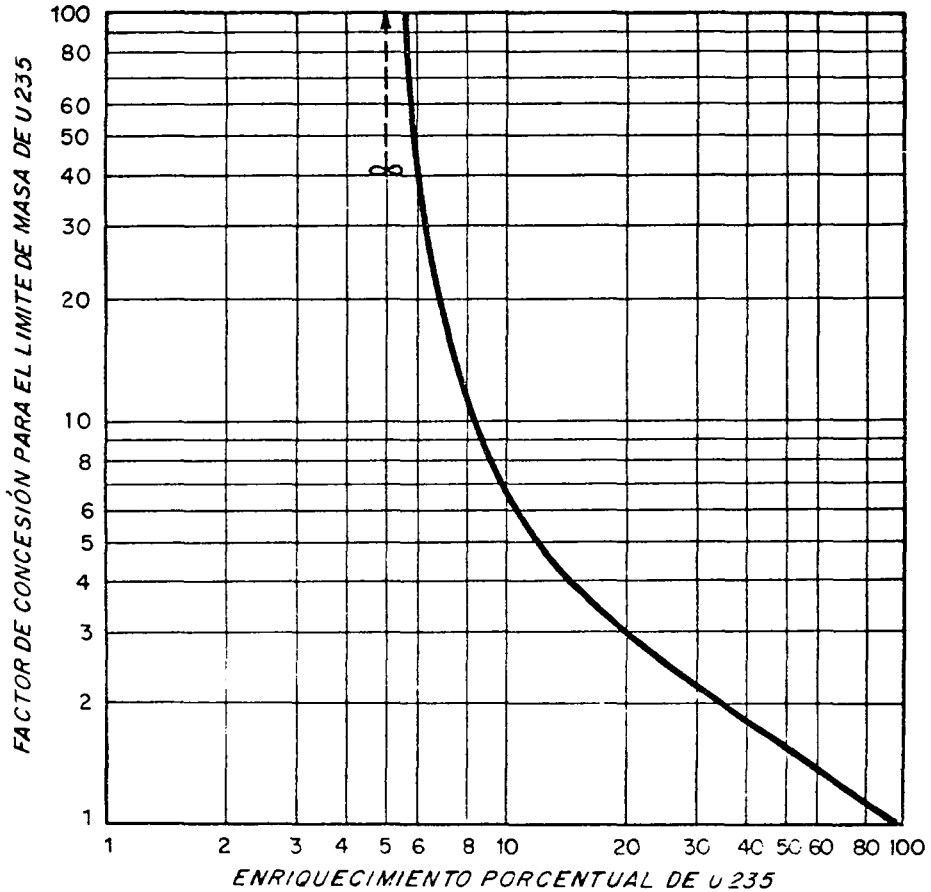


Fig.14- FACTOR DE CONCESIÓN PARA EL LÍMITE DE MASA DEL U 235 EN URANIO METÁLICO CON ENRIQUECIMIENTOS INTERMEDIOS DE U 235

b) En el caso de compuestos de uranio o de soluciones acuosas homogéneas de uranio, bajo un reflector grueso, el límite de masa indicado en la figura 1, podrá multiplicarse por un factor de concesión indicado en la figura 15 en función del grado de enriquecimiento en U-235. Si el grado de enriquecimiento es inferior al 93,5% en U-235, los límites de volumen del recipiente, de diámetro de cilindro o de espesor de placa podrán calcularse multiplicando respectivamente 4,8 litros, 12,5 cm y 3,8 cm por los correspondientes factores de concesión indicados en la figura 15 en función del grado de enriquecimiento en U-235.

- 3.3.4. Cuando se almacene o manipule material fisiónable especial en recipientes cilíndricos, cuya altura no sea igual al diámetro, los límites de masa o de volumen podrán multiplicarse por un factor de concesión determinado según la figura 16.
- 3.3.5. A los fines de este párrafo se supondrá que la densidad máxima del uranio conteniendo U-235 será de  $17,6 \text{ gr/cm}^3$ , la del plutonio  $19,6 \text{ gr/cm}^3$  y la del uranio conteniendo U-233 será de  $18,3 \text{ gr/cm}^3$ .

Cuando la densidad de un material fisiónable especial en estado metálico, en ausencia de moderadores, sea inferior a los máximos indicados, el límite de masa determinado de acuerdo con 3.2. podrá multiplicarse por un factor de concesión determinado según la figura 17. El factor de concesión para el límite de masa en ningún caso será mayor que 10.

- 3.3.6. Cuando se mezcla homogéneamente U-235, Pu-239 o U-233, con cualquier elemento de número atómico entre 11 y 83 inclusive, en ausencia de hidrógeno, deuterio, berilio u otro moderador, el límite de masa podrá multiplicarse por un factor de concesión determinado de acuerdo con la curva A de la figura 18.
- 3.3.7. Cuando se combina homogéneamente U-235, Pu-239 ó U-233 en una solución, mezcla o compuesto con cualquier elemento de número atómico entre 11 y 83 inclusive, o con carbono, nitrógeno, oxígeno o fluor, en ausencia de cualquier otro moderador o diluyente, en proporción de por lo menos un átomo de U-235, U-233 ó Pu-239 por cada 7 átomos de mezcla, el límite de masa podrá multiplicarse por un factor de concesión determinado de acuerdo con la curva B de la figura 18.

### 3.4. Disposición de barras de uranio de bajo enriquecimiento

En el caso de tratarse de una disposición de barras de uranio metálico, aleación de uranio u óxido de uranio con un enriquecimiento no mayor del 5% en U-235, moderado y reflejado únicamente con agua, los límites de masa, volumen, diámetro de cilindro o espesor de placa, podrán determinarse respectivamente mediante las figuras 19, 20, 21 y 22.

El factor de concesión para la forma, obtenido de la figura 17, podrá aplicarse únicamente para la determinación de límites de masa y volumen.

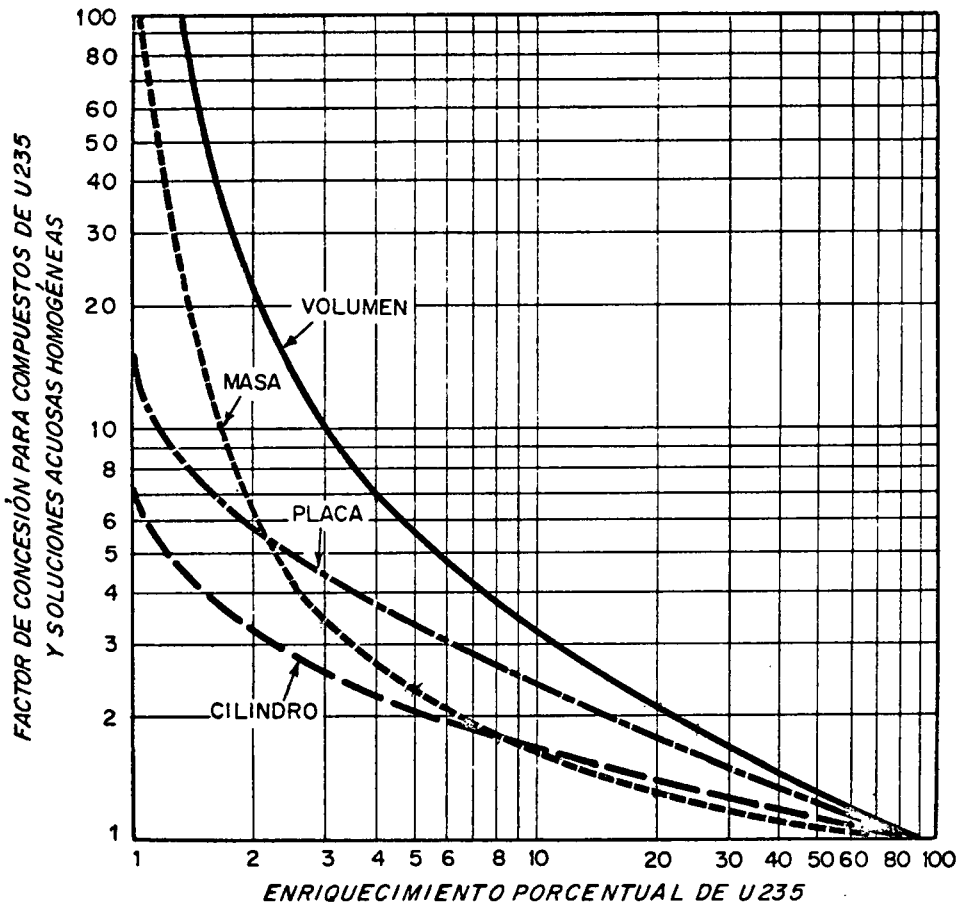


Fig15- FACTOR DE CONCESION PARA COMPUESTOS DE U235 Y SOLUCIONES ACUOSAS HOMOGÉNEAS (REFLECTOR GRUESO)

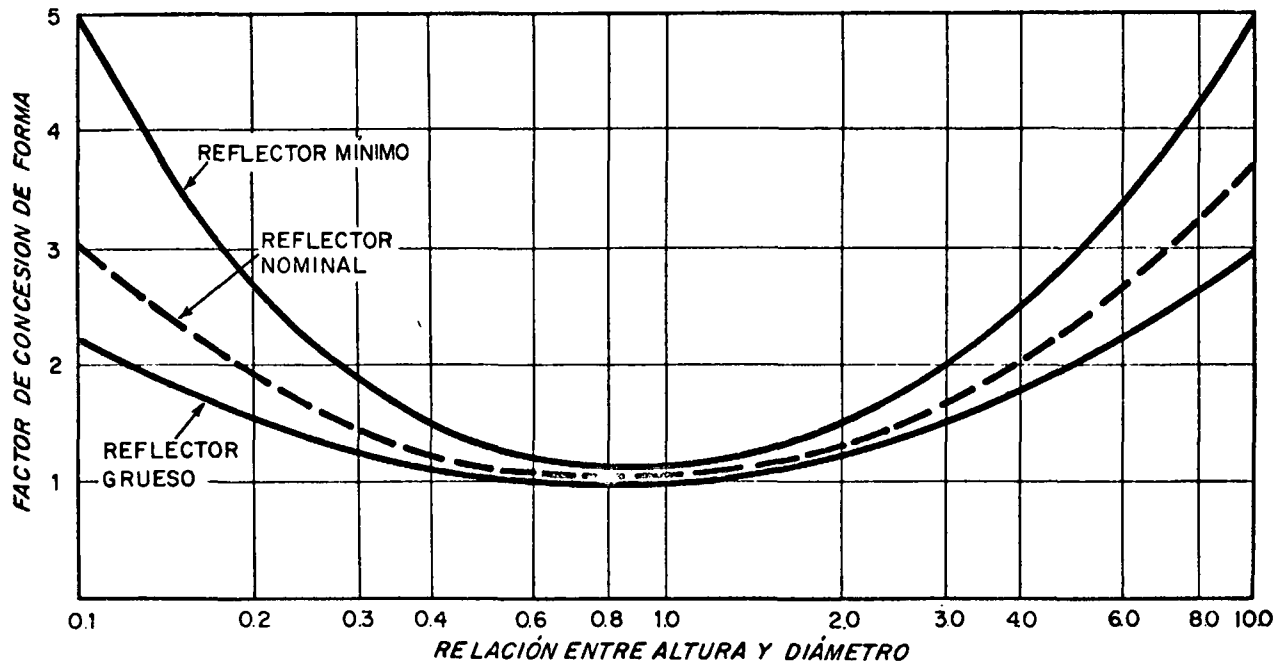


Fig.16- FACTOR DE CONCESIÓN DE FORMA PARA CILINDROS

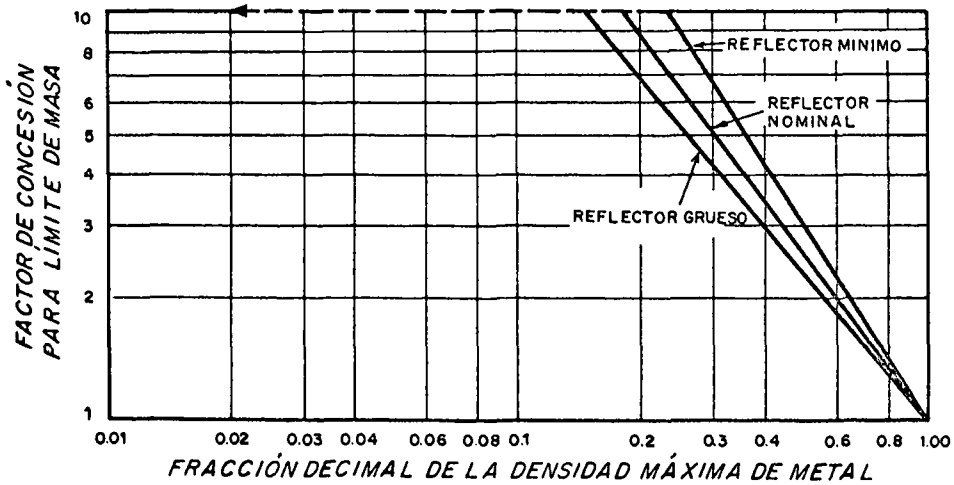


Fig 17- FACTOR DE CONCESIÓN PARA DENSIDAD REDUCIDA DE U 235, Pu 239 y U 233 COMO METAL ÚNICAMENTE

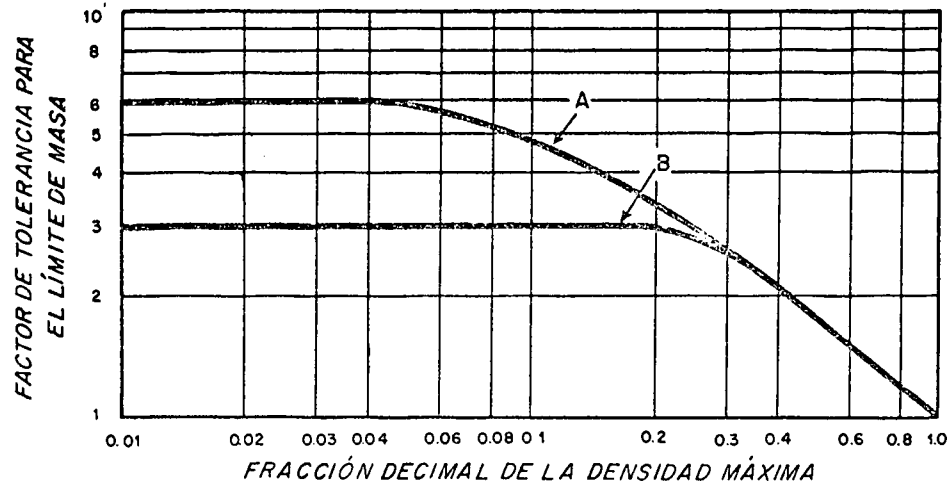


Fig.18 - FACTOR DE CONCESIÓN PARA U 235, Pu 239 y U 233  
MEZCLADOS HOMOGENEAMENTE CON CIERTOS ELEMENTOS

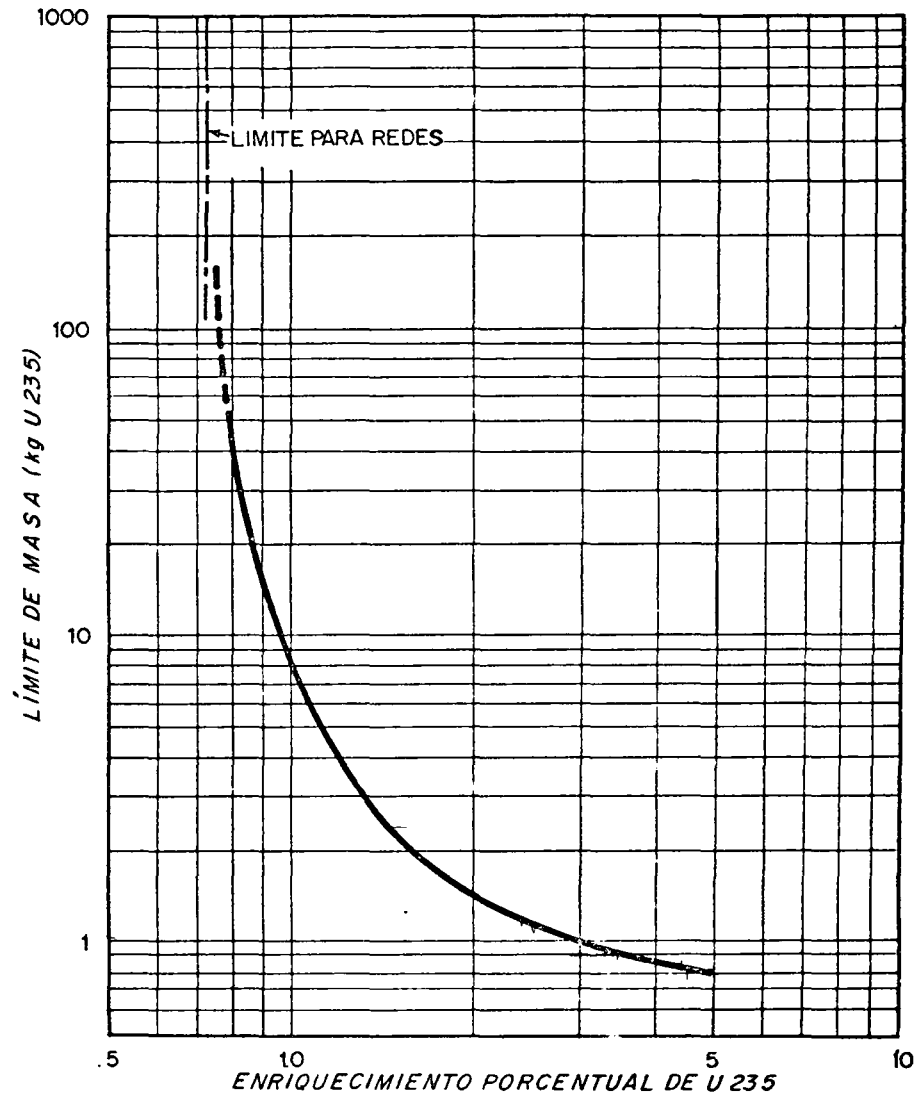


Fig.19 - LÍMITE DE MASA MÁXIMO PARA BARRAS DE URANIO  
EN AGUA, CON REFLECTOR DE AGUA

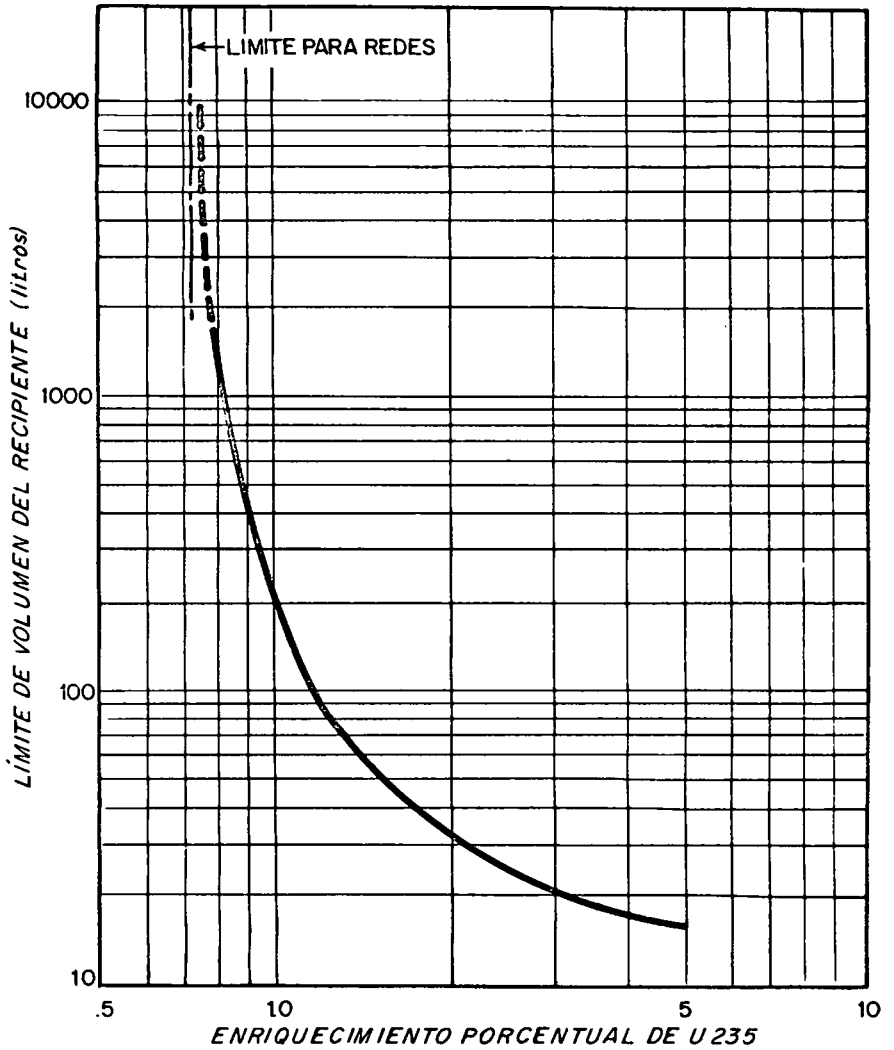


Fig. 20- LIMITE DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE PARA BARRAS DE URANIO EN AGUA COMUN CON REFLECTOR DE AGUA

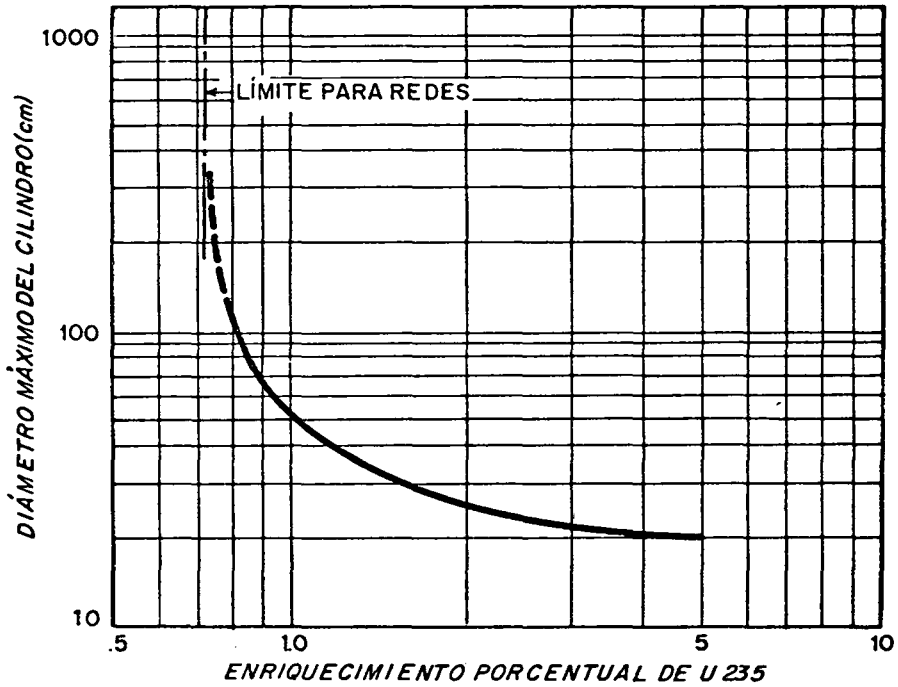


Fig. 21 - DIÁMETRO MÁXIMO DE CILINDROS AISLADOS PARA BARRAS DE URANIO EN AGUA COMÚN, CON REFLECTOR DE AGUA

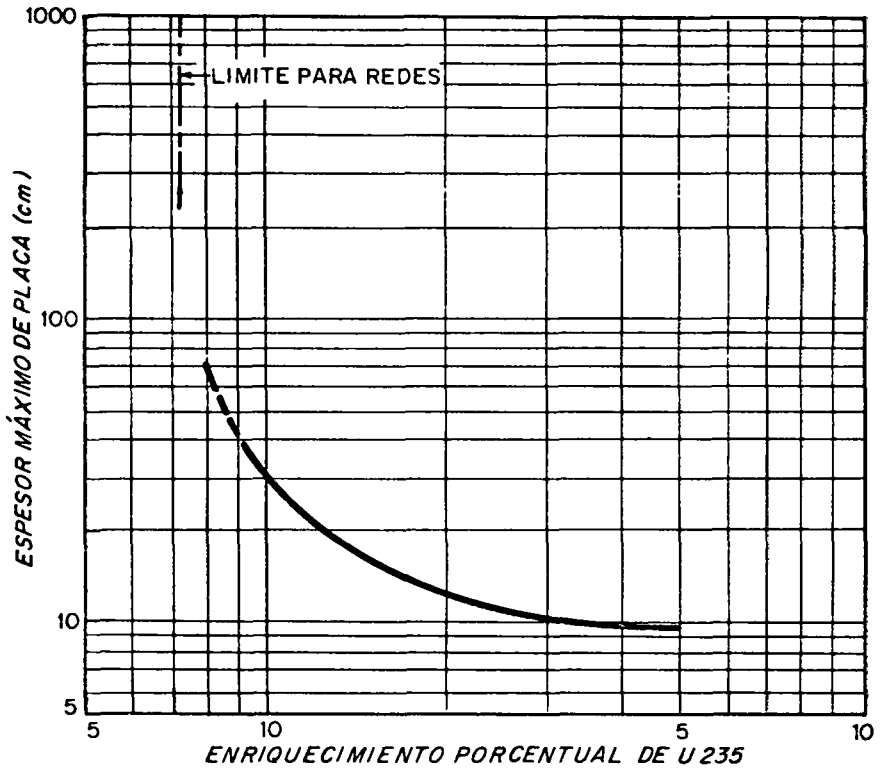


Fig. 22- ESPESOR MÁXIMO DE PLACAS AISLADAS PARA REDES DE BARRAS DE URANIO EN AGUA COMUN, CON REFLECTOR DE AGUA

### 3.5. Sistemas heterogéneos

Los sistemas heterogéneos moderados por agua, incluyendo a los sistemas que constan en parte o en su totalidad de bañas de uranio con enriquecimientos mayores del 5% en U-235, podrán ser tratados como sistemas homogéneos regidos por 3.2. si se les aplica la corrección por densidad efectiva prevista en 3.3.

### 3.6. Límites generales de masa y volumen

Los límites de masa y volumen para recipientes individuales indicados en la Tabla Nº 1 podrán emplearse en cualquier caso; pero sobre ellos no podrán aplicarse los factores de concesión por variaciones en el enriquecimiento, densidad, dilución o forma indicados en 3.3.

TABLA Nº 1

Grado de moderación (H/X)		Límites de masa (en kilogramos)		
Mayor que	Igual o menor que	U-235	Pu	U-233
---	2	10	2,5	2,8
2	3	9	2,5	2,5
3	5	7,3	2,5	2,2
5	10	5,2	2,5	1,8
10	20	3,6	2,4	1,3
		<i>Límite de volumen (en litros)</i>		
20	---	3,6	2,4	1,3

### 3.7. Límites para grupos de unidades.

#### 3.7.1. Criterios generales.

Un grupo de unidades de material fisionable especial, calculados individualmente según cualquiera de los criterios enumerados de 3.2. a 3.6. inclusive, estará a salvo de criticidad cuando el número de unidades de un grupo simple y el espaciado entre ellas cumpla con lo especificado en 3.7., 3.8., 3.9. ó 3.10. y el grupo simple esté aislado de otros grupos de acuerdo con 3.11.

### 3.7.2. Criterio del ángulo sólido

Para los grupos en los que:

- a) No se incluya una masa única de metal de 2 Kg. o más,
- b) cada unidad del grupo se encuentre a una distancia mínima de 30 cm de cualquier unidad, y
- c) el factor de multiplicación de neutrones  $k$ , calculado según 3.7.2.2., no sea mayor de 0.8 para unidad simple

se podrán aplicar los criterios indicados en los párrafos 3.7.2.1. a 3.7.2.6.

3.7.2.1. El máximo ángulo sólido total subtendido desde cualquier unidad en un conjunto hacia otras unidades del mismo conjunto, está relacionado con el factor de multiplicación ( $k$ ) de la siguiente manera:

- a) si  $k$  es menor de 0,3 el máximo ángulo sólido total será de seis esterradianes
- b) si  $k$  está comprendido entre 0,3 y 0,8 el máximo ángulo sólido total será un número de esterradianes iguales a 9 menos  $10 k$ .

3.7.2.2. El factor de multiplicación ( $k$ ) para una unidad simple se determinará teniendo en cuenta la reflexión debida al recipiente y todo otro reflector adyacente que no sea la reflexión del agua proveniente de una inundación, y suponiendo el grado de moderación más efectivo dentro del recipiente que pudiera resultar de accidentes, error humano o entrada de agua al recipiente.

Dicha determinación se hará por cualquiera de los métodos siguientes:

- a) Por cálculo, verificándolo mediante su aplicación a un sistema de reactividad conocida y de enriquecimiento, composición, moderación y configuración similares.
- b) Por suposición, de conformidad con lo que sigue:
  1. si el control de una unidad se efectúa por limitación de la masa determinada para reflector "grueso" por alguno de los métodos indicados en 3.2. a 3.6. inclusive,  $k$  debe ser 0,65.
  2. si el control se efectúa por limitación del volumen del recipiente, del diámetro de cilindro o del espesor de placa, determinados para un reflector "grueso" por alguno de los métodos indicados en 3.2. a 3.6. inclusive,  $k$  debe ser 0,8, excepto para el caso de un cilindro de 12,5 cm o menos de diámetro interior que contenga una solución o compuesto de uranio que cumpla lo requerido en 3.2. a) y 3.3.2. en cuyo caso  $k$  debe ser 0.58.

3.7.2.3. El ángulo sólido  $\Omega$  se determinará por alguno de los métodos siguientes:

- a) El ángulo sólido subtendido en el centro de una unidad por el contorno de otra unidad, o
- b) Un ángulo sólido aproximado determinado de acuerdo con algunos de los criterios que siguen.

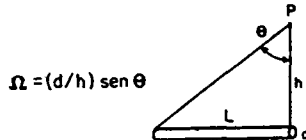
En general:

dividiendo el valor del área de la sección transversal de una unidad (tomada sobre un plano perpendicular a una línea que una su centro con el centro de otra unidad) por el cuadrado de la menor distancia comprendida entre la superficie de una de ellas y el centro de la otra,

$$\Omega = \frac{\text{AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL}}{(\text{DISTANCIA DE SEPARACION})^2}$$

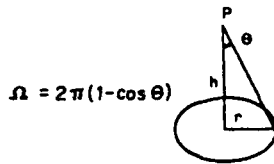
En particular:

1. para un cilindro de diámetro  $d$ , cuya longitud  $L$  subtienda en el punto  $P$  ubicado en el centro de otra unidad un ángulo  $\theta$ , uno de cuyos lados sea perpendicular a  $L$ , y de longitud  $h$ ,



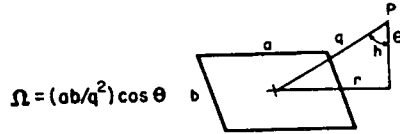
$$\Omega = (d/h) \text{ sen } \theta$$

2. para un disco de radio  $r$  que subtienda en el punto  $P$  un ángulo  $2\theta$  contenido en un plano perpendicular a dicho disco,

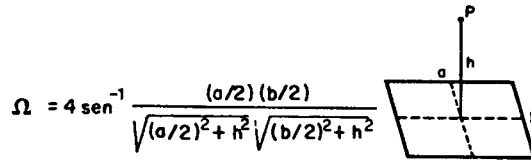


$$\Omega = 2\pi (1 - \cos \theta)$$

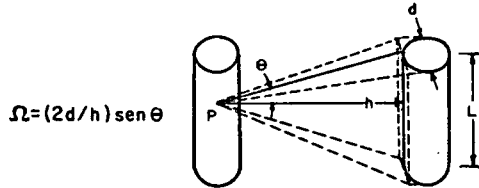
3. para un rectángulo de lados  $a$  y  $b$ , cuyo centro esté a una distancia  $q$  del punto  $O$ , determinando un ángulo  $\theta$  con la perpendicular de  $P$  al plano que contiene el rectángulo,



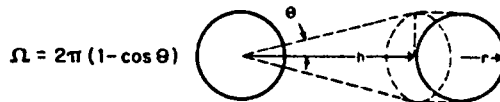
4. para un rectángulo de lados  $a$  y  $b$ , perpendicular al segmento  $h$  que une el punto  $P$  con su centro,



5. para un cilindro de diámetro  $d$  y un punto  $P$  (situado sobre la perpendicular en el punto medio del eje de dicho cilindro y a una distancia  $h$  de la generatriz más cercana) que subtende un ángulo  $2\theta$  con los extremos de la proyección ortográfica del cilindro sobre su plano tangente más cercano a  $P$ ,



6. para una esfera que subtienda un ángulo  $2\theta$  en un punto  $P$ , cuando se la representa por la proyección ortogonal de radio  $r$  en su plano tangente más cercano a  $P$ ,



- 3.7.2.4. En grupos de tres o más unidades, el ángulo sólido total subtendido en cualquier punto por dos o más unidades es la suma de los ángulos sólidos subtendidos por cada una de ellas, excepto que el correspondiente a una unidad o porción de unidad se superponga con el correspondiente a otra, en cuyo caso se contará una sola vez.
- 3.7.2.5. En un grupo de unidades idénticas, el ángulo sólido se medirá desde la unidad más cercana al punto central del conjunto.
- 3.7.2.6. En un grupo de unidades idénticas donde no pueda identificarse la unidad central, o en un conjunto constituido por unidades de distinto factor de multiplicación, tamaño o forma, la disposición y separación de las unidades será tal que el ángulo total subtendido en cada unidad por las otras unidades no deberá exceder el máximo ángulo sólido total permisible correspondiente al factor de multiplicación de neutrones ( $k$ ) de dicha unidad.

### 3.8. *Criterio de espaciamiento para sales y soluciones de uranio*

- 3.8.1. Un ordenamiento de unidades de sales o soluciones de uranio con la correspondencia entre densidad efectiva y grado de moderación especificada en la figura 13, contenidas en los recipientes especificados en el párrafo 3.8.2. y que no exceda el enriquecimiento máximo especificado, deberá espaciarse de acuerdo con la Tabla N<sup>o</sup> 2, excepto en presencia de grafito, berilio o deuterio.
- 3.8.2. Un ordenamiento plano deberá espaciarse de acuerdo con este párrafo sólo cuando los recipientes estén dispuestos en los vértices de un reticulado de malla cuadrada siendo los ejes longitudinales de los recipientes perpendiculares a dicho reticulado.

### 3.9. *Límite de separación para almacenamiento con disposición cúbica de unidades individuales sujetas a límites generales de masa y volumen*

- 3.9.1. Las unidades individuales que cumplan con lo especificado en 3.6. deben almacenarse disponiéndolas en reticulado cúbico, siendo su número el especificado en la figura 23, dependiendo del espaciado mínimo de centro a centro. La curva A de la figura 23 se empleará cuando un conjunto esté totalmente reflectado y la curva B cuando se asegure la reflexión nominal.

TABLA Nº 2

**ESPACIAMIENTO DE RECIPIENTES DE SALES O SOLUCIONES DE  
URANIO DE GEOMETRIA ESPECIFICADA**

<i>Recipientes comunes</i>		<i>Enriquecimiento máximo de U-235 %</i>	<i>Separación mínima entre superficies (cm)</i>		
			<i>Dos reci- pientes</i>	<i>Disposición lineal infinita</i>	<i>Disposición plana infinita</i>
<b>VOLUMEN</b> 4,8 litros		100	30	30	30
<b>PLACA</b> espesor: 3,8 cm lados: 6 m x 6 m		100	30	215	---
<b>CILINDROS</b>					
<i>Diámetro interno cm</i>	<i>Longitud cm</i>				
12.5	600	100	30	75	135
12.5	75	100		38	45
12.5	120	100		45	60
20.0	120	12,5		105	135
25.0	120	5,9		120	150
30.0	120	3,75		120	150

3.9.2. En cualquier caso la distancia mínima entre superficies adyacentes de material nuclear especial será de por lo menos 20 cm, cualquiera sea el espesor del envoltorio.

**3.10. Límite de separación para ciertos grupos de unidades individuales sujetas a límites generales de masa y de volumen**

3.10.1. Las unidades individuales que cumplan el criterio establecido en 3.6. podrán almacenarse en forma distinta que la indicada en 3.9. siempre que se cumpla con lo dispuesto en 3.9.2., 3.10.2. y Tabla Nº 3.

**TABLA Nº 3**

<i>Tipo de grupo</i>	<i>Distancia mínima entre centros de unidades (cm)</i>	<i>Número límite de unidades por grupo</i>	<i>Número total máximo de unidades</i>
Grupo aislado, lineal o plano	40	sin límite	sin límite
Dos o más grupos planos separados más de 230 cm	75	120	240
	60	90	180
	50	50	100

3.10.2. Dos grupos planos se considerarán como un único grupo cuando la distancia entre ellos sea menor que 2,30 m.

**3.11. Criterio de aislación**

3.11.1. Un grupo de material fisionable especial se considerará aislado de otro grupo de material fisionable especial si su separación es mayor que la máxima de las distancias siguientes:

- a) tres metros sesenta centímetros, ó
- b) la mayor dimensión de las proyecciones ortogonales de uno de los grupos en un plano perpendicular a la línea que une sus centros.

3.11.2. Un grupo se considerará aislado si está separado de todo otro material fisionable especial al menos por 20 cm de hormigón de densidad  $2,3 \text{ t/m}^3$ , o su equivalente.

3.11.3. Un grupo lineal se considerará aislado de otro grupo lineal si ambos están separados por una distancia de por lo menos 3,60 m.

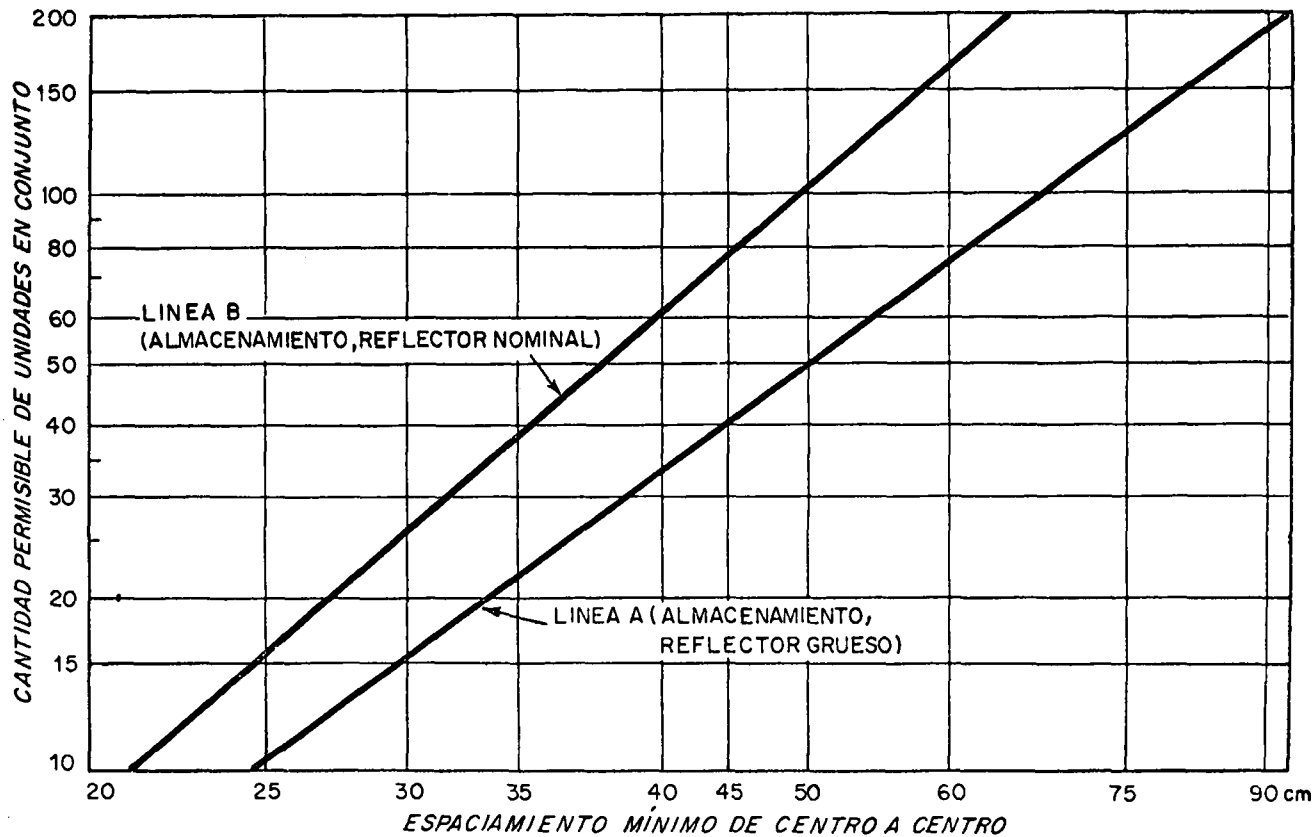


Fig.23- CANTIDAD PERMISIBLE DE UNIDADES EN FUNCIÓN DEL ESPACIAMIENTO EN CONJUNTOS CÚBICOS

#### 4.- *Requisitos para el Almacenaje de Materiales Fisionables Especiales*

- 4.1. No podrá comenzarse ninguna operación sin disponer anticipadamente de los medios de almacenaje adecuados para los productos intermedios y finales que en ella se produzcan.
- 4.2. Los dispositivos de almacenaje serán diseñados teniéndose en cuenta las dimensiones y cantidades indicadas en los párrafos 3.I. a 3.II. Podrán ser aceptados otros dispositivos que por datos experimentales o por cálculo demuestren ser seguros a satisfacción de la Gerencia de Seguridad e Inspección.

Deberá asegurarse la imposibilidad de interacción de los materiales aún ante accidentes imprevistos, como los causados por efecto del fuego, inundación o derrumbe.

Todos los dispositivos de almacenaje requerirán la aprobación de la Gerencia de Seguridad e Inspección, previamente a su utilización.

- 4.3. El almacenamiento de materiales fisionables especiales, ya sea de productos iniciales, intermedios o finales, requerirá un registro de entradas y salidas de los materiales. A tal fin se nombrará en cada área en la que sea necesario, un responsable de dicho registro.

#### 5.- *Requisitos para las Operaciones de Transporte de Materiales Fisionables Especiales*

Con excepción de lo establecido en 2.2. el transporte de materiales fisionables especiales entre distintas áreas de la CNEA o hacia y desde ésta, requerirá la autorización previa de la Gerencia de Seguridad e Inspección y estará sujeto a las disposiciones del "Reglamento de Transporte de Materiales Fisionables Especiales".

En la solicitud de autorización, deberá indicarse:

- a) cantidad máxima, estado físico y composición química e isotópica de los materiales fisionables especiales que se transportarán en cada bulto.
- b) características de los recipientes empleados.
- c) medidas previstas para impedir que los bultos se aproximen de manera peligrosa a otros de la misma expedición.
- d) medio de transporte que se utilizará.
- e) evaluación, por parte del responsable de la operación, de los procedimientos propuestos para impedir la ocurrencia accidental de un estado crítico teniendo en cuenta la posibilidad de incendios, inundaciones y colisiones.