

## Circular informativa

**INFCIRC/254/Rev.12/Part 1<sup>a</sup>**

Junio de 2016

**Distribución general**

Español

Original: inglés

# Comunicación recibida de la Misión Permanente de la República Checa ante el Organismo Internacional de Energía Atómica relativa a las Directrices de ciertos Estados Miembros para la Exportación de Materiales, Equipos y Tecnología Nucleares

1. La Secretaría ha recibido una nota verbal de la Misión Permanente de la República Checa, de fecha 18 de octubre de 2013, en la que se solicita al Organismo que distribuya a todos los Estados Miembros una carta de 18 de octubre de 2013 enviada al Director General por la Presidenta del Grupo de Suministradores Nucleares, la Embajadora Veronika Kuchyňová Šmigolová, en nombre de los Gobiernos de Alemania, la Argentina, Australia, Austria, Belarús, Bélgica, el Brasil, Bulgaria, el Canadá, China, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, los Estados Unidos de América, Estonia, la Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, el Japón, Kazajstán, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, México, Noruega, Nueva Zelanda, los Países Bajos, Polonia, Portugal, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, la República Checa, la República de Corea, Rumania, Serbia, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Turquía y Ucrania<sup>b</sup>. En dicha carta se proporciona más información sobre las Directrices de esos Gobiernos para las Transferencias Nucleares.

2. Atendiendo al deseo expresado en la mencionada nota verbal, en el presente documento se reproducen, para información de todos los Estados Miembros, el texto de esa nota verbal, así como la carta adjunta y sus anexos.

---

<sup>a</sup> El documento INFCIRC/254/Part 2, en su forma enmendada, contiene las Directrices para las Transferencias de Equipos, Materiales y Programas Informáticos de Doble Uso del Ámbito Nuclear y de la Tecnología Conexa.

<sup>b</sup> La Comisión Europea y el Presidente del Comité Zangger participan como observadores.



MISIÓN PERMANENTE DE LA REPÚBLICA CHECA ANTE LAS NACIONES UNIDAS,  
LA OSCE Y OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES CON SEDE EN VIENA

Viena, 18 de octubre de 2013

Ref. N°: 1571/2013

La Misión Permanente de la República Checa ante la Oficina de las Naciones Unidas, la OSCE y otras organizaciones internacionales con sede en Viena saluda a la Secretaría del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y tiene el honor de remitirle una carta, de fecha 18 de octubre de 2013, de la Sra. Veronika Kuchyňová Šmigolová, Presidenta del Grupo de Suministradores Nucleares (GSN), referente a las enmiendas acordadas al documento INFCIRC/254/Part 1 (las Directrices del GSN, parte 1), comprendidos sus anexos, para su transmisión al Director General del OIEA, Sr. Yukiya Amano.

La Misión Permanente de la República Checa ante las Naciones Unidas, la OSCE y otras organizaciones internacionales con sede en Viena tiene el honor asimismo de solicitar que el documento INFCIRC/254/Part 1, en su forma enmendada, comprendidos sus anexos y un cuadro comparativo de los cambios, junto con la carta de la Sra. Kuchyňová Šmigolová, se distribuyan a los Estados Miembros del OIEA.

La Misión Permanente de la República Checa ante las Naciones Unidas, la OSCE y otras organizaciones internacionales con sede en Viena aprovecha esta oportunidad para reiterar a la Secretaría del OIEA la seguridad de su más alta consideración.

[Sello]

Documentación adjunta

Secretaría  
Organismo Internacional de Energía Atómica



GSN  
PRESIDENCIA 2013-2014

Praga, 18 de octubre de 2013

Excelentísimo Señor:

En nombre de los Gobiernos de Alemania, la Argentina, Australia, Austria, Belarús, Bélgica, el Brasil, Bulgaria, el Canadá, China, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, los Estados Unidos, Estonia, la Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, el Japón, Kazajstán, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, México, Noruega, Nueva Zelandia, los Países Bajos, Polonia, Portugal, el Reino Unido, la República Checa, la República de Corea, Rumania, Serbia, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Turquía y Ucrania,<sup>c</sup> tengo el honor de hacer referencia a todas las comunicaciones anteriores pertinentes de estos Gobiernos relativas a sus decisiones de actuar de acuerdo con las Directrices para las Transferencias Nucleares del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) publicadas actualmente como circular informativa INFCIRC/254/Rev.11/Part 1, incluidos sus anexos.

Los Gobiernos mencionados han decidido enmendar el párrafo 3. a) de las Directrices del GSN, parte 1, "Protección física", y el anexo C, "Criterios para los niveles de protección física". Los nuevos textos rezan como sigue:

## **INICIO DEL TEXTO:**

### **Protección física**

3. a) Todas las instalaciones y los materiales nucleares indicados en la Lista inicial deberían someterse a niveles de protección física efectivos para impedir su utilización y manipulación no autorizadas, de conformidad con las recomendaciones del OIEA sobre la materia, en particular las que se formulan en el documento INFCIRC/225.

## **ANEXO C**

### **CRITERIOS PARA LOS NIVELES DE PROTECCIÓN FÍSICA**

1. La finalidad de la protección física de los materiales nucleares es evitar su utilización y manipulación no autorizadas. En el párrafo 3. a) del documento de las Directrices se insta a aplicar niveles de protección física efectivos, de conformidad con las recomendaciones del OIEA sobre la materia, en particular las que se formulan en el documento INFCIRC/225.

## **FIN DEL TEXTO**

---

<sup>c</sup> La Comisión Europea y el Presidente del Comité Zangger participan como observadores.

Los Gobiernos mencionados han decidido también enmendar como se indica a continuación el anexo A y el anexo B de las Directrices del GSN, parte 1 (la Lista inicial), para definir con más claridad el nivel de aplicación que, a juicio de todos los Gobiernos participantes en el Grupo de Suministradores Nucleares, es esencial para el cumplimiento de las Directrices.

Anexo A:

- Definiciones, “utilización”. En la definición de “utilización”, la palabra “y” podría interpretarse en el sentido de que tienen que concurrir todos los elementos enumerados para que una actividad pueda considerarse una “utilización”. Puesto que esta nunca fue la intención de la definición, la palabra “y” se ha sustituido por “o”.
- La expresión “isótopos estables”, empleada hasta ahora, podría no abarcar todos los casos pertinentes. Esta expresión se ha sustituido por “otros elementos”, definidos como “cualquier elemento distinto del hidrógeno, el uranio y el plutonio”.
- “Controles de los programas informáticos”. Antes, la Lista inicial controlaba los programas informáticos especiales de forma implícita, como una “tecnología”. Con este cambio se establece el control explícito de los programas informáticos, en consonancia con otros regímenes y en reconocimiento de su creciente importancia.

Anexo B:

- 1.1. “Reactores nucleares completos”. El principal cambio efectuado en esta entrada es la eliminación de la exención de los “reactores de energía nula”, lo que, entre otras cosas, asegurará que también se sometan a control los reactores que utilizan el ciclo del combustible de torio.
- 1.2. “Vasijas de reactores nucleares”. La nota explicativa de esta entrada se ha ampliado a fin de aclarar que la Lista inicial comprende las vasijas de los reactores independientemente de su presión de servicio, e incluye las vasijas de presión y las calandrias.
- 1.5. “Tubos de presión de reactores nucleares”. Los cambios efectuados en esta entrada tienen por objeto asegurar que se incluyan los tubos de flujo. Estos tubos se emplean en determinados diseños de núcleos de reactores para contener los elementos o conjuntos combustibles y para crear canales de refrigeración separados.
- 1.6. “Vainas del combustible nuclear”. Los cambios introducidos en esta entrada aclaran el alcance actual del control en relación con la cantidad o composición de los tubos de circonio metálico. El texto revisado incluye los tubos de aleaciones de circonio y limita las transferencias a pequeñas muestras.
- 1.7. “Bombas o circuladores del refrigerante primario”. El primer cambio efectuado en esta entrada amplía su alcance añadiendo los circuladores. El segundo cambio afecta a la nota explicativa y tiene por objeto mejorar la coherencia y simplificar la traducción a otros idiomas.
- 1.8. “Elementos internos de los reactores nucleares”. El propósito del cambio efectuado en esta entrada es estructurar mejor el texto y añadir los tubos de las calandrias a la lista de ejemplos de elementos internos de los reactores nucleares.

- 1.9. “Intercambiadores de calor”. Se ha aclarado el texto, que en su versión anterior podía dar la impresión de que solo se sometían a control los generadores de vapor.
- 1.10. “Detectores de neutrones”. La formulación anterior tenía por efecto que los controles de la exportación se aplicaran también a artículos de uso general. El nuevo texto aclara que solo se aplican a los detectores.
- 1.11. “Elementos internos de los reactores nucleares”. Con este cambio se añaden a la Lista inicial los escudos térmicos externos, en una entrada aparte.
- 2.2. “Grafito de pureza nuclear”. Los cambios introducidos en esta entrada suprimen los resquicios del texto precedente que hacían posible la adquisición gradual de grandes cantidades de grafito de pureza nuclear.
- 3.1. a 3.4. Los cambios introducidos en estas entradas son solo de formato y no modifican su contenido.
- 3.5. “Sistemas de medición de neutrones para el control de procesos”. Esta nueva entrada se ha añadido con el fin de incluir de forma explícita los sistemas de medición de neutrones especialmente diseñados o preparados para su integración y empleo con sistemas automáticos de control de procesos en una planta de reprocesamiento.
- 4. “Plantas de fabricación de elementos combustibles nucleares, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas”. El cambio efectuado en esta entrada aclara que no solo se debe controlar el equipo utilizado para sellar el material nuclear en las vainas, sino también el equipo utilizado para producir las vainas.
- Sección 5. “Plantas de separación de isótopos del uranio natural, el uranio empobrecido o el material fisiónable especial, y equipo, distinto de los instrumentos de análisis, diseñado o preparado especialmente para ellas”. Los cambios introducidos en las entradas de la sección 5 de la Lista inicial incluyen varias modificaciones editoriales. Otros son cambios técnicos efectuados para reforzar los controles y/o añadir un lenguaje explícito que recoja las aplicaciones alternativas de la tecnología sometida a control.
- 5.1.2.a. “Soportes magnéticos de suspensión”. En esta entrada se han añadido los soportes magnéticos activos especialmente diseñados o preparados para su empleo en centrifugadoras de gas.
- 5.2.3. “Válvulas de cierre y control especiales”. El cambio efectuado en esta entrada amplía su alcance a las válvulas de cierre sin sello de fuelle.
- 5.2.5. “Cambiadores de frecuencia”. Los cambios introducidos actualizan la entrada a la luz de los avances tecnológicos.
- 6.1. “Torres de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno”. Los cambios de esta entrada se refieren al tamaño y la composición de las torres de intercambio y se han introducido para tener en cuenta el posible uso de materiales diferentes.
- 6.9. “Convertidores de síntesis de amoniaco”. Este cambio suprime los convertidores de síntesis de amoniaco de la Lista de artículos de doble uso y los añade a la Lista inicial, si están diseñados o preparados especialmente para la producción de agua pesada. Para mayor claridad, en el apéndice se ofrece el texto íntegro de las Directrices para las Transferencias

Nucleares y sus anexos modificados, así como un cuadro comparativo de los cambios efectuados en ellas.

Los Gobiernos antes mencionados han decidido actuar de acuerdo con las Directrices así revisadas y aplicarlas de conformidad con sus respectivas legislaciones nacionales.

Al adoptar esta decisión, esos Gobiernos son plenamente conscientes de la necesidad de contribuir al desarrollo económico, evitando a la vez contribuir en la forma que fuere a la proliferación de las armas nucleares o de otros dispositivos nucleares explosivos, o a su desviación hacia actos de terrorismo nuclear, así como de la necesidad de distinguir entre la cuestión de las garantías de no proliferación o no desviación y la de la competencia comercial.

En lo que respecta al comercio dentro de la Unión Europea, los Gobiernos de los Estados Miembros de la Unión Europea aplicarán esta decisión teniendo en cuenta sus compromisos como Estados Miembros de la Unión.

Le agradecería que pusiera en conocimiento de todos los Estados Miembros del OIEA el texto de la presente nota y su apéndice como documento INFCIRC/254/Rev.12/Part 1.

En nombre de los Gobiernos antes mencionados, aprovecho esta oportunidad para reiterarle la seguridad de su más alta consideración.

Le saluda atentamente,

[Firmado]

Emb. Veronika Kuchyňová Šmigolová

Presidenta del Grupo de Suministradores Nucleares

## **DIRECTRICES PARA LAS TRANSFERENCIAS NUCLEARES**

1. A continuación se exponen los principios fundamentales de las salvaguardias y los controles de la exportación que deberían aplicarse a las transferencias nucleares con fines pacíficos a los Estados que no posean armas nucleares y, en el caso de los controles sobre las retransferencias, a las transferencias a cualquier Estado. A este respecto, los suministradores han establecido una Lista inicial de exportaciones.

### **Prohibición de los explosivos nucleares**

2. Los suministradores deberían autorizar la transferencia de los artículos o la tecnología conexas consignados en la Lista inicial solo cuando reciban garantías formales de los gobiernos receptores por las que se excluyan explícitamente los usos que puedan dar lugar a un dispositivo nuclear explosivo.

### **Protección física**

3. a) Todas las instalaciones y los materiales nucleares indicados en la Lista inicial deberían someterse a niveles de protección física efectivos para impedir su utilización y manipulación no autorizadas, de conformidad con las recomendaciones del OIEA sobre la materia, en particular las que se formulan en el documento INFCIRC/225.  
b) La responsabilidad de la aplicación de las medidas de protección física en el país receptor recae en el gobierno de dicho país. Sin embargo, para aplicar las condiciones acordadas entre los suministradores, los niveles de protección física en que hayan de basarse estas medidas deberían ser objeto de un acuerdo entre el suministrador y el receptor.  
c) En cada caso deberían adoptarse disposiciones especiales para definir claramente las responsabilidades relacionadas con el transporte de los artículos consignados en la Lista inicial.

### **Salvaguardias**

4. a) Los suministradores deberían transferir los artículos o las tecnologías conexas incluidos en la Lista inicial a un Estado no poseedor de armas nucleares solamente cuando el Estado receptor haya puesto en vigor un acuerdo con el OIEA que estipule la aplicación de salvaguardias a todos los materiales básicos y materiales fisiónables especiales en sus actividades presentes y futuras con fines pacíficos. Los suministradores deberían autorizar tales transferencias solo cuando reciban garantías formales del gobierno del país receptor de que:
  - en caso de rescisión del acuerdo antes mencionado, el receptor pondrá en vigor un acuerdo con el OIEA, basado en los acuerdos modelo de salvaguardias del OIEA vigentes, que estipule la aplicación de salvaguardias a todos los artículos o las tecnologías conexas consignados en la Lista inicial que haya transferido el suministrador o que se hayan procesado, o producido o utilizado, en relación con tales transferencias; y
  - en caso de que el OIEA decida que ya no es posible aplicar las salvaguardias del OIEA, el suministrador y el receptor elaborarán medidas de verificación apropiadas. Si no acepta estas medidas, el receptor debería permitir, cuando así lo solicite el suministrador, la restitución de los artículos consignados en la Lista inicial que se hayan transferido u obtenido.

- b) Las transferencias mencionadas en el párrafo 4 a) a un Estado no poseedor de armas nucleares sin el correspondiente acuerdo de salvaguardias deberían autorizarse solamente en casos excepcionales, cuando se consideren esenciales para el funcionamiento seguro de instalaciones existentes y cuando se apliquen salvaguardias a dichas instalaciones. Los suministradores deberían informar y, si procede, celebrar consultas cuando tengan la intención de autorizar o denegar esas transferencias.
  - c) La política a que se hace referencia en el párrafo 4 a) y b) no se aplica a los acuerdos o contratos concertados hasta el 3 de abril de 1992, inclusive. En el caso de los países que se hayan adherido o se adhieran al INFCIRC/254/Rev.1/Part 1 con posterioridad al 3 de abril de 1992, la política sólo se aplica a los acuerdos concertados después de su fecha de adhesión.
  - d) En el caso de los acuerdos a los que no se aplica la política mencionada en el párrafo 4 a) (véanse los párrafos 4 b) y c)), los suministradores deberían transferir artículos o tecnologías conexas que figuren en la Lista inicial solamente cuando estén sometidos a las salvaguardias del OIEA con disposiciones de duración y cobertura en conformidad con el documento GOV/1621 del OIEA. No obstante, los suministradores se comprometen a esforzarse para que se aplique lo antes posible la política a que se hace referencia en el párrafo 4 a) en el marco de dichos acuerdos.
  - e) Los suministradores se reservan el derecho de aplicar condiciones de suministro adicionales, cuando así lo requiera la política nacional.
5. Los suministradores reconsiderarán conjuntamente sus requisitos comunes de salvaguardias, cuando sea el caso.

#### **Controles especiales de las exportaciones sensibles**

6. Los suministradores deberían aplicar una política de moderación en la transferencia de instalaciones, equipo y tecnología sensibles, así como de materiales aptos para la fabricación de armas o de otros dispositivos nucleares explosivos, en particular cuando un Estado tenga en su territorio entidades que hayan sido objeto de activas notificaciones de denegación, conforme a lo previsto en las Directrices del GSN, parte 2, por más de un gobierno participante en el GSN.
- a) En el contexto de esta política, los suministradores no deberían autorizar la transferencia de instalaciones de enriquecimiento y reprocesamiento, ni del equipo y la tecnología correspondientes, si el receptor no satisface, como mínimo, todos los criterios siguientes:
    - i) ser Parte en el Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (TNP) y cumplir plenamente las obligaciones dimanantes de este Tratado;
    - ii) no estar mencionado, en un informe de la Secretaría del OIEA que esté siendo examinado por la Junta de Gobernadores del Organismo, como un Estado que infringe las obligaciones contraídas en virtud de su acuerdo de salvaguardias, ni ser objeto de decisiones continuas de la Junta de Gobernadores que lo insten a adoptar medidas adicionales para cumplir sus obligaciones en materia de salvaguardias, o a generar confianza en cuanto al carácter pacífico de su programa nuclear, ni haber sido designado por la Secretaría del OIEA como un Estado en el que el OIEA no puede en ese momento aplicar su acuerdo de salvaguardias. Este criterio no se aplicaría en los casos en que la Junta de Gobernadores del OIEA o el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas decidan posteriormente que existen garantías suficientes en cuanto a los fines pacíficos del programa nuclear del receptor y al cumplimiento de sus obligaciones en materia de salvaguardias. A los efectos del presente párrafo, la

“infracción” de las obligaciones se refiere únicamente a los incumplimientos graves que susciten preocupación con respecto a la proliferación;

- iii) respetar las Directrices del GSN y haber comunicado al Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas que aplica los controles a la exportación efectivos establecidos en la resolución 1540 del Consejo de Seguridad;
  - iv) haber concertado un acuerdo intergubernamental con el suministrador que incluya garantías respecto del uso no explosivo, las salvaguardias efectivas a perpetuidad y la retransferencia;
  - v) haber contraído con el suministrador el compromiso de aplicar normas de protección física establecidas de común acuerdo sobre la base de las directrices internacionales vigentes; y
  - vi) haberse adherido a las normas de seguridad del OIEA y cumplir con las convenciones internacionales aceptadas en materia de seguridad.
- b) Al considerar si autorizan esas transferencias, los suministradores, sin dejar de tener en cuenta los párrafos 4 e), 6 a) y 10, deberían consultar con los posibles receptores para asegurarse de que las instalaciones, el equipo y la tecnología de enriquecimiento y reprocesamiento estén destinados exclusivamente a fines pacíficos, tomando en consideración también, a su discreción nacional, todo factor pertinente que pueda ser de aplicación.
- c) Los suministradores realizarán esfuerzos especiales para apoyar la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA a las instalaciones, el equipo o la tecnología de enriquecimiento o reprocesamiento y, de conformidad con los párrafos 4 y 14 de las Directrices, deberían asegurarse de su índole pacífica. A este respecto, los suministradores, de conformidad con este párrafo, deberían autorizar transferencias solo cuando el receptor haya puesto en vigor un acuerdo de salvaguardias amplias y un protocolo adicional basado en el modelo de protocolo adicional o, en espera de ello, esté aplicando los acuerdos de salvaguardias adecuados en cooperación con el OIEA, incluido un arreglo regional para la contabilidad y el control de los materiales nucleares aprobado por la Junta de Gobernadores del OIEA.
- d) De conformidad con el párrafo 17 b) de las Directrices, los suministradores, antes de iniciar transferencias de instalaciones, equipo o tecnología de enriquecimiento o reprocesamiento, deberían consultar con los Gobiernos participantes acerca de los términos y las condiciones aplicables a la transferencia en relación con la no proliferación.
- e) Cuando hayan de transferirse instalaciones, equipo o tecnología de enriquecimiento o reprocesamiento, los suministradores deberían alentar a los receptores a aceptar, como alternativa a las plantas nacionales, la participación del suministrador y/u otra participación multinacional apropiada en las instalaciones resultantes. Los suministradores deberían promover también las actividades internacionales (incluidas las del OIEA) relativas a los centros regionales multinacionales del ciclo del combustible.

#### **Disposiciones especiales para la exportación de instalaciones, equipo y tecnología de enriquecimiento**

7. Todos los Estados que cumplan los criterios expuestos en el párrafo 6 *supra* podrán ser receptores de transferencias de instalaciones, equipo y tecnologías de enriquecimiento. Los suministradores reconocen que la aplicación de las disposiciones especiales ha de ser coherente con los principios del TNP, en particular con su artículo IV. La aplicación por parte de los suministradores de las

siguientes disposiciones especiales no podrá derogar los derechos de los Estados que cumplan los criterios expuestos en el párrafo 6.

- a) Para la transferencia de una instalación de enriquecimiento, o del equipo o la tecnología correspondientes, los suministradores deberían tratar de obtener un compromiso jurídicamente vinculante por parte del Estado receptor de que ni la instalación transferida ni ninguna instalación en que se incorpore ese equipo o que se base en esa tecnología serán modificadas o explotadas para la producción de uranio enriquecido en más del 20 %. Los suministradores deberían procurar diseñar y construir las instalaciones de enriquecimiento o el equipo correspondiente de modo que quede excluida, en la medida que sea factible, la posibilidad de producir uranio enriquecido en más del 20 %.
- b) Para la transferencia de una instalación de enriquecimiento o de equipo basado en una determinada tecnología de enriquecimiento que se haya demostrado que produce uranio enriquecido en una escala importante al 31 de diciembre de 2008, los suministradores deberían:
  - 1) evitar, en la medida de lo posible, la transferencia de tecnología habilitante para el diseño y la fabricación de esos elementos; y
  - 2) tratar de obtener de los receptores un acuerdo apropiado de que aceptan el equipo de enriquecimiento sensible, y las tecnologías habilitantes, o una instalación de enriquecimiento operativa, en condiciones que no permitan o posibilitem la replicación de las instalaciones.

La información requerida para fines de reglamentación o para garantizar el establecimiento y funcionamiento seguros de una instalación debería darse a conocer en la medida en que sea necesario sin divulgar tecnologías habilitantes.

- c) Los participantes podrán, a título individual o conjuntamente, crear empresas cooperativas de enriquecimiento mediante una tecnología de enriquecimiento particular respecto de la cual no se haya demostrado que produce uranio enriquecido en una escala importante al 31 de diciembre de 2008, y toda transferencia de las instalaciones o el equipo resultantes quedará sometida a lo dispuesto en el párrafo 7 b) a más tardar antes del despliegue de un prototipo. A los efectos del párrafo 7 c) de las Directrices, un prototipo es un sistema o instalación explotado para generar información técnica que confirme, desde el punto de vista técnico, el potencial o la viabilidad del proceso de separación para la separación en gran escala de los isótopos del uranio.

Los suministradores podrán proponer disposiciones alternativas en relación con el control de las transferencias de nueva tecnología de enriquecimiento para facilitar la cooperación con respecto a esta tecnología. Esas disposiciones deberían ser equivalentes a las indicadas en el párrafo 7 b), y se debería consultar al GSN a ese respecto. Los Gobiernos participantes examinarán las disposiciones para la exportación de instalaciones, equipo y tecnología de enriquecimiento cada cinco años a partir de 2013, con objeto de incorporar los cambios que se hayan producido en la tecnología de enriquecimiento y las prácticas comerciales.

- d) Los suministradores reconocen que, al aplicar las disposiciones previstas en el párrafo 7 en relación con las empresas cooperativas de enriquecimiento nuevas y ya existentes, los asociados de esas empresas podrán poseer, compartir y transferirse mutuamente tecnología habilitante, siempre que así lo acuerden mediante sus procedimientos establecidos para la adopción de decisiones. Los suministradores reconocen que el enriquecimiento del uranio puede entrañar cadenas de suministro para la producción y transferencia del equipo requerido en las instalaciones de enriquecimiento, y esas transferencias podrán llevarse a cabo, con sujeción a lo establecido en las disposiciones pertinentes de las presentes Directrices.

- e) Los suministradores deberían desplegar esfuerzos especiales para asegurar la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA en las instalaciones de enriquecimiento suministradas, de conformidad con los párrafos 14 y 15 de estas Directrices. Cuando se transfiera una instalación de enriquecimiento, el suministrador y el Estado receptor deberían colaborar para asegurarse de que el diseño y la construcción de la instalación transferida faciliten la aplicación de las salvaguardias del OIEA. El suministrador y el Estado receptor deberían consultar con el OIEA acerca de las características del diseño y la construcción lo antes posible durante la fase de diseño de la instalación de enriquecimiento, y en todo caso antes de que se inicie la construcción. El suministrador y el Estado receptor deberían colaborar también en el establecimiento de medidas eficaces de protección del material y las instalaciones nucleares en el Estado receptor, de conformidad con los párrafos 13 y 15 de las Directrices.
- f) Los suministradores deberían cerciorarse de que los receptores tienen disposiciones de seguridad física en vigor que son equivalentes o superiores a las suyas propias para proteger las instalaciones y la tecnología contra el uso o la transferencia no conformes con las leyes nacionales del Estado receptor.

Definiciones:

A los efectos de la aplicación del párrafo 7 de las Directrices, por “empresa cooperativa de enriquecimiento” se entiende una iniciativa conjunta de desarrollo o producción multinacional o multiempresarial (en que al menos dos de las empresas estén constituidas en países diferentes). Podría tratarse de un consorcio de Estados o empresas o de una empresa multinacional.

**Controles de los materiales suministrados, o producidos a partir de materiales suministrados, que puedan utilizarse para la fabricación de armas o de otros dispositivos nucleares explosivos**

- 8. Para promover el logro de los objetivos de estas directrices y brindar oportunidades de reducir aún más los riesgos de proliferación, siempre que sea procedente y factible los suministradores deberían incluir en los acuerdos de suministro de materiales nucleares, o de instalaciones que produzcan materiales aptos para la fabricación de armas o de otros dispositivos nucleares explosivos, disposiciones que exijan un acuerdo mutuo entre el suministrador y el receptor sobre los arreglos necesarios para el reprocesamiento, almacenamiento, modificación, utilización, transferencia o retransferencia de todo material que pueda utilizarse para la fabricación de armas nucleares o de otros dispositivos nucleares explosivos.

**Controles de las retransferencias**

- 9. a) Los suministradores deberían transferir los artículos o la tecnología conexas incluidos en la Lista inicial únicamente cuando tengan la garantía del receptor de que, en caso de:
  - 1) retransferencia de dichos artículos o de la tecnología conexas,
  - o
  - 2) transferencia de artículos de la Lista inicial obtenidos en instalaciones transferidas anteriormente por el suministrador, o con ayuda de equipo o tecnología transferidos anteriormente por el suministrador,

el receptor de la retransferencia o transferencia habrá facilitado las mismas garantías que las exigidas por el suministrador para la transferencia inicial.

- b) Además, debería exigirse el consentimiento del suministrador para:
- 1) toda retransferencia de artículos o tecnología conexas incluidos en la Lista inicial, y toda transferencia del tipo de las mencionadas en el siguiente apartado 2), desde cualquier Estado que no exija salvaguardias totales, conforme al párrafo 4 a) de las presentes Directrices, como condición para el suministro;
  - 2) toda retransferencia de instalaciones, equipo o tecnología conexas de enriquecimiento, reprocesamiento o producción de agua pesada, y toda transferencia de instalaciones o equipo del mismo tipo obtenidos a partir de artículos transferidos inicialmente por el suministrador;
  - 3) toda retransferencia de agua pesada o materiales que puedan utilizarse para la fabricación de armas nucleares o de otros dispositivos nucleares explosivos.
- c) Para asegurar el derecho de consentimiento definido en el párrafo 9 b), se requerirán garantías de gobierno a gobierno respecto de todas las transferencias iniciales pertinentes.
- d) Los suministradores deberían considerar la posibilidad de abstenerse de transferir artículos y tecnología conexas que figuren en la Lista inicial si existe el riesgo de retransferencias que contravengan las garantías proporcionadas con arreglo al párrafo 9 a) y c) debido a que el receptor no ha establecido o no mantiene controles nacionales de exportación y transbordo apropiados y eficaces, de conformidad con lo dispuesto en la resolución 1540 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas.

### **Principio de no proliferación**

10. No obstante lo establecido en otras disposiciones de las presentes Directrices, los suministradores deberían autorizar la transferencia de artículos o tecnología conexas que figuren en la Lista inicial solamente si están convencidos de que esas transferencias no contribuirán a la proliferación de las armas nucleares o de otros dispositivos nucleares explosivos ni se desviarán hacia actos de terrorismo nuclear.

### **Aplicación**

11. Los suministradores deberían contar con medidas jurídicas para garantizar la aplicación eficaz de las presentes Directrices, con inclusión de reglamentos sobre la concesión de licencias de exportación, medidas coercitivas y sanciones en caso de infracción.

## **ACTIVIDADES DE APOYO**

### **Apoyo para el acceso a materiales nucleares con fines pacíficos**

12. Los suministradores, de conformidad con el objetivo de las presentes Directrices, deberían facilitar el acceso a materiales nucleares para los usos pacíficos de la energía nuclear y, en el marco de lo dispuesto en el artículo IV del TNP, alentar a los receptores a recurrir en la mayor medida posible al mercado comercial internacional y a otros mecanismos internacionales disponibles para obtener servicios relacionados con el combustible nuclear sin perjudicar el mercado mundial del combustible.

### **Seguridad física**

13. Los suministradores deberían fomentar la cooperación internacional en materia de seguridad física mediante el intercambio de información al respecto, la protección de los materiales nucleares en tránsito y la recuperación de los materiales y equipos nucleares robados. Los suministradores deberían promover la más amplia adhesión a los instrumentos internacionales respectivos, entre ellos la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares, así como la aplicación del documento INFCIRC/225, con las enmiendas que se introduzcan cada cierto tiempo. Los suministradores reconocen la importancia de estas actividades y de otras actividades conexas del OIEA para prevenir la proliferación de las armas nucleares y hacer frente a la amenaza del terrorismo nuclear.

### **Apoyo a la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA**

14. Los suministradores deberían desplegar esfuerzos especiales para apoyar la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA. Los suministradores deberían apoyar también los esfuerzos del Organismo por ayudar a los Estados Miembros a mejorar sus sistemas nacionales de contabilidad y control de los materiales nucleares y a acrecentar la eficacia técnica de las salvaguardias.

De igual modo, deberían hacer todo lo posible para apoyar al OIEA en su tarea de aumentar aún más la idoneidad de las salvaguardias a la luz de los avances técnicos y del rápido crecimiento del número de instalaciones nucleares, así como para apoyar las iniciativas adecuadas que tengan por objeto mejorar la eficacia de las salvaguardias del OIEA.

### **Características de diseño de las plantas incluidas en la Lista inicial**

15. Los suministradores deberían alentar a los diseñadores y fabricantes de instalaciones incluidas en la Lista inicial a que las construyan de manera tal que facilite la aplicación de salvaguardias y acreciente la protección física, teniendo en cuenta también el riesgo de atentados terroristas. Los suministradores deberían promover la protección de la información sobre el diseño de las instalaciones incluidas en la Lista inicial, e insistir ante los receptores en la necesidad de hacerlo. Los suministradores también reconocen la importancia de introducir características de seguridad tecnológica y no proliferación en el diseño y la construcción de las instalaciones incluidas en la Lista inicial.

### **Controles de las exportaciones**

16. Cuando proceda, los suministradores deberían recalcar ante los receptores la necesidad de someter los artículos y la tecnología conexas de la Lista inicial que se transfieran, y los artículos de la Lista que se obtengan en instalaciones inicialmente transferidas por el suministrador, o con ayuda de equipo o tecnología inicialmente transferidos por este, a los controles de las exportaciones especificados en la resolución 1540 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas. Se alienta a los suministradores a que, cuando proceda y sea posible, ofrezcan asistencia a los receptores en el cumplimiento de sus respectivas obligaciones en virtud de esa resolución.

### **Consultas**

17. a) Los suministradores deberían mantenerse en contacto y consultarse por cauces regulares sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las presentes Directrices.
- b) Cuando lo estimen oportuno, los suministradores deberían consultar con los otros gobiernos interesados sobre los casos concretos de carácter delicado, a fin de asegurarse de que ninguna transferencia contribuya a elevar los riesgos de conflicto o inestabilidad.
- c) Sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados d) a f) del presente párrafo:

- En caso de que uno o varios suministradores opinen que se han vulnerado los acuerdos entre el suministrador y el receptor derivados de las presentes Directrices, especialmente en caso de explosión de un dispositivo nuclear, o de que un receptor ponga término ilegalmente a las salvaguardias del OIEA o las infrinja, los suministradores deberían consultarse inmediatamente por conductos diplomáticos a fin de determinar y evaluar la realidad y el alcance de la presunta infracción. Se alienta igualmente a los suministradores a que se consulten cuando se revele la existencia de materiales nucleares o actividades del ciclo del combustible nuclear no declarados al OIEA o de una actividad relacionada con dispositivos nucleares explosivos.
  - En espera de los primeros resultados de dichas consultas, los suministradores no actuarán de un modo que pueda ir en perjuicio de cualquier medida que adopten otros suministradores con respecto a sus contactos con el receptor en cuestión. Cada suministrador debería considerar también la posibilidad de suspender las transferencias de artículos de la Lista inicial mientras estén en curso las consultas prevista en el presente apartado c), en espera de un acuerdo entre los suministradores sobre la respuesta apropiada.
  - Sobre la base de los resultados de dichas consultas, los suministradores, teniendo en cuenta el artículo XII del Estatuto del OIEA, deberían convenir en la respuesta apropiada y las medidas posibles, entre las que podría figurar la suspensión de las transferencias nucleares al receptor en cuestión.
- d) Cuando el OIEA notifique que un receptor ha infringido su obligación de cumplir las disposiciones de su acuerdo de salvaguardias, los suministradores deberían considerar la posibilidad de suspender la transferencia de artículos de la Lista inicial a ese Estado mientras esté siendo investigado por el OIEA. A los efectos del presente párrafo, esta “infracción” se refiere únicamente a los incumplimientos graves que susciten preocupación con respecto a la proliferación.
- e) Los suministradores respaldan la suspensión de las transferencias de artículos de la Lista inicial a los Estados que incumplan sus obligaciones de no proliferación nuclear y en materia de salvaguardias, reconociendo que la responsabilidad y autoridad respecto de esas decisiones incumben a los gobiernos nacionales o al Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas. En particular, esto se aplica en las situaciones en que la Junta de Gobernadores del OIEA:
- determina, con arreglo al párrafo C del artículo XII del Estatuto, que ha habido incumplimiento por parte del receptor, o pide a un receptor que adopte medidas concretas para dar cumplimiento a sus obligaciones en materia de salvaguardias; o bien
  - decide que el Organismo no está en condiciones de verificar que no se ha producido ninguna desviación de los materiales nucleares sometidos a salvaguardias, incluidas las situaciones en que las medidas adoptadas por un Estado receptor hayan impedido al OIEA cumplir su misión de salvaguardias en ese Estado.
- En el plazo de un mes contado a partir del momento en que la Junta de Gobernadores haya adoptado una de estas medidas, se celebrará una sesión plenaria extraordinaria en que los suministradores examinarán la situación, compararán las políticas nacionales y acordarán la respuesta apropiada.
- f) Las disposiciones previstas en el apartado e) del presente párrafo no se aplican a las transferencias a que se refiere el párrafo 4 b) de las Directrices.
18. Se requerirá un consentimiento unánime para introducir cualquier modificación en las presentes Directrices, incluidas las que puedan derivarse de la reconsideración mencionada en el párrafo 5.

**ANEXO A**  
**LISTA INICIAL CITADA EN LAS DIRECTRICES**

**NOTAS GENERALES**

1. El objeto de estos controles no debería frustrarse por la transferencia de partes componentes. Cada gobierno tomará todas las medidas que estén en su mano para alcanzar este objetivo, y continuará buscando una definición práctica de las partes componentes, que todos los suministradores puedan utilizar.
2. Con referencia al párrafo 9 b) 2) de las Directrices, *del mismo tipo* debería entenderse en el sentido de que el diseño, la construcción o los procesos de explotación se basan en procesos físicos o químicos iguales o similares a los especificados en la Lista inicial.
3. Los suministradores reconocen la estrecha relación que existe, en ciertos procesos de separación isotópica, entre las instalaciones, el equipo y la tecnología utilizados para el enriquecimiento del uranio y los que se emplean en la separación de isótopos de “otros elementos” para la investigación, el uso médico y otros fines industriales no nucleares. A este respecto, los suministradores deberían examinar cuidadosamente sus disposiciones jurídicas relativas a las actividades de separación de isótopos de “otros elementos”, con inclusión de los reglamentos sobre la concesión de licencias de exportación y las prácticas de seguridad y clasificación de la información y/o la tecnología, para asegurarse de que se apliquen las medidas de protección apropiadas que sean necesarias. Los suministradores reconocen que, en determinados casos, las medidas de protección apropiadas para las actividades de separación de isótopos de “otros elementos” serán esencialmente las mismas que las aplicables al enriquecimiento del uranio. (Véase la nota introductoria de la sección 5 de la Lista inicial.) De conformidad con el párrafo 17 a) de las Directrices, los suministradores se consultarán, cuando proceda, a fin de promover la aplicación de políticas y procedimientos uniformes en la transferencia y protección de las instalaciones, el equipo y la tecnología de separación de isótopos de “otros elementos”. Los suministradores deberían también proceder con la debida cautela en los casos que entrañen la aplicación de equipo y tecnología derivados de procesos de enriquecimiento del uranio para otros usos no nucleares, por ejemplo en la industria química.

**CONTROLES DE LA TECNOLOGÍA**

La transferencia de “tecnología” directamente asociada a cualquier artículo de la Lista será objeto del mismo grado de escrutinio y control que el propio artículo, en la medida en que lo permita la legislación nacional.

Los controles de la transferencia de “tecnología” no se aplicarán a la información “de dominio público” ni a la “investigación científica básica”.

Además de los controles de la transferencia de “tecnología” por motivos de no proliferación nuclear, los suministradores deberían promover la protección de esa tecnología en el diseño, la construcción y la explotación de las instalaciones incluidas en la Lista inicial en razón del riesgo de atentados terroristas, y deberían insistir ante los receptores en la necesidad de hacerlo.

**CONTROLES DE LOS PROGRAMAS INFORMÁTICOS**

La transferencia de “programas informáticos” directamente relacionados con cualquier artículo de la lista será objeto del mismo grado de escrutinio y control que el propio artículo, en la medida en que lo permita la legislación nacional.

Los controles de la transferencia de “programas informáticos” no se aplicarán a la información “de dominio público” ni a la “investigación científica básica”.

## DEFINICIONES

“Asistencia técnica” - Asistencia que puede consistir en instrucción, adiestramiento especializado, capacitación, aportación de conocimientos prácticos o servicios consultivos, entre otras cosas.

Nota: La “asistencia técnica” puede entrañar la transferencia de “datos técnicos”.

“Datos técnicos” - Datos que pueden proporcionarse en distintas formas, como copias heliográficas, planos, diagramas, modelos, fórmulas, diseños y especificaciones de ingeniería, manuales e instrucciones escritas o registradas en otros medios o dispositivos tales como discos, cintas o memorias “ROM”.

“De dominio público” - Tal como se emplea en el presente texto, expresión que indica la “tecnología” o los “programas informáticos” que se han puesto a disposición sin restricciones con respecto a su difusión ulterior. (Las restricciones dimanantes de los derechos de propiedad intelectual o industrial no impiden que la “tecnología” o los “programas informáticos” se consideren “de dominio público”).

“Desarrollo” - Término que se refiere a todas las fases previas a la “producción”, tales como:

- El diseño
- La investigación para el diseño
- Los análisis del diseño
- Los conceptos del diseño
- El montaje y ensayo de prototipos
- Los planes de producción piloto
- Los datos del diseño
- El proceso de conversión de los datos del diseño en un producto
- El diseño de la configuración
- El diseño de la integración
- Los planos

“Investigación científica básica” - Trabajo experimental o teórico realizado principalmente para adquirir nuevos conocimientos acerca de los principios fundamentales de fenómenos o de hechos observables y que no está orientado primordialmente a la consecución de un fin u objetivo práctico específico.

“Microprograma” - Secuencia de instrucciones elementales, almacenadas en una memoria especial, cuya ejecución se inicia por la introducción de su instrucción de referencia en un registro de instrucciones.

“Otros elementos” - Cualquier elemento distinto del hidrógeno, el uranio y el plutonio.

“Producción” - Término que comprende todas las fases de la producción, tales como:

- La construcción
- La ingeniería de producción
- La fabricación
- La integración
- El ensamblado (montaje)
- La inspección
- Los ensayos
- La garantía de la calidad

“Programa” — Secuencia de instrucciones para llevar a cabo un proceso en una forma ejecutable por una computadora electrónica, o que puede ser convertida a esa forma.

“Programas informáticos” — Colección de uno o más “programas” o “microprogramas” fijados a cualquier medio tangible de expresión.

“Tecnología” - Información específica requerida para el “desarrollo”, la “producción” o la “utilización” de cualquiera de los artículos que figuran en la Lista. Esta información puede consistir en “datos técnicos” o “asistencia técnica”.

“Utilización” - Término que comprende el funcionamiento, la instalación (incluida la instalación *in situ*), el mantenimiento (verificación), la reparación, la revisión general o la renovación.



## MATERIALES Y EQUIPO

### 1. Material básico y material fisiónable especial

Conforme a las definiciones que figuran en el artículo XX del Estatuto del Organismo Internacional de Energía Atómica:

#### 1.1. “Material básico”

Se entiende por “material básico” el uranio constituido por la mezcla de isótopos que contiene en su estado natural; el uranio empobrecido en el isótopo 235; el torio; cualquiera de estos elementos en forma de metal, aleación, compuesto químico o concentrado; cualquier otro material que contenga uno o más de estos elementos en las concentraciones que la Junta de Gobernadores determine de tanto en tanto; y los demás materiales que la Junta de Gobernadores determine de tanto en tanto.

#### 1.2. “Material fisiónable especial”

- i) Se entiende por “material fisiónable especial” el plutonio 239; el uranio 233; el “uranio enriquecido en los isótopos 235 o 233”; cualquier material que contenga uno o varios de estos elementos; y los demás materiales fisiónables que la Junta de Gobernadores determine de tanto en tanto; sin embargo, la expresión “material fisiónable especial” no comprende el material básico.
- ii) Se entiende por “uranio enriquecido en los isótopos 235 o 233” el uranio que contiene los isótopos 235 o 233, o ambos, en tal cantidad que la relación entre la suma de estos isótopos y el isótopo 238 es mayor que la relación entre el isótopo 235 y el isótopo 238 en el uranio natural.

Sin embargo, a los efectos de las Directrices, no se incluirán los artículos especificados en el siguiente apartado a), ni las exportaciones de material básico o material fisiónable especial efectuadas dentro de un período de 12 meses a un mismo país receptor en cantidades inferiores a los límites especificados en el siguiente apartado b):

- a) Plutonio con una concentración isotópica de plutonio 238 superior al 80 %.

Material fisiónable especial que se utilice en cantidades del orden del gramo o menores para los elementos sensores de instrumentos; y

Material básico respecto del cual el gobierno haya comprobado a su satisfacción que se utilizará únicamente en actividades no nucleares, como la producción de aleaciones o de materiales cerámicos.

- |                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| b) Material fisiónable especial | 50 gramos efectivos; |
| Uranio natural                  | 500 kilogramos;      |
| Uranio empobrecido              | 1000 kilogramos; y   |
| Torio                           | 1000 kilogramos.     |

**2. Equipo y materiales no nucleares**

La denominación de las partidas de equipo y materiales no nucleares aprobada por el gobierno es la que figura a continuación (considerándose como insignificantes, para todos los fines prácticos, las cantidades inferiores a los valores indicados en el anexo B):

- 2.1. Reactores nucleares, y equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para ellos (véase el anexo B, sección 1);**
- 2.2. Materiales no nucleares para reactores (véase el anexo B, sección 2);**
- 2.3. Plantas de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas (véase el anexo B, sección 3);**
- 2.4. Plantas de fabricación de elementos combustibles de reactores nucleares, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas (véase el anexo B, sección 4);**
- 2.5. Plantas de separación de isótopos del uranio natural, el uranio empobrecido o el material fisionable especial, y equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente diseñado o preparado para ellas (véase el anexo B, sección 5);**
- 2.6. Plantas de producción o concentración de agua pesada, deuterio y compuestos de deuterio, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas (véase el anexo B, sección 6);**
- 2.7. Plantas de conversión de uranio y plutonio para su uso en la fabricación de elementos combustibles y en la separación de isótopos del uranio, según se definen en las secciones 4 y 5 respectivamente, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas (véase el anexo B, sección 7).**

**ANEXO B**  
**ACLARACIONES SOBRE LAS PARTIDAS CONSIGNADAS EN LA LISTA INICIAL**  
**(conforme a las denominaciones indicadas en la sección 2 de**  
**MATERIALES Y EQUIPO, en el anexo A)**

**1. Reactores nucleares, y equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para ellos**

NOTA INTRODUCTORIA

Los diversos tipos de reactores nucleares se pueden caracterizar por el moderador que emplean (por ejemplo, grafito, agua pesada, agua ligera o ninguno), el espectro de neutrones que contienen (por ejemplo, térmicos o rápidos), el tipo de refrigerante que utilizan (por ejemplo, agua, metal líquido, sales fundidas o gas), o su función o tipo (por ejemplo, reactores de potencia, reactores de investigación, reactores de ensayo). La intención es que todos estos tipos de reactor nuclear queden comprendidos en esta entrada, y en todas las subentradas que correspondan. Esta entrada no incluye los reactores de fusión.

**1.1. Reactores nucleares completos**

Reactores nucleares capaces de funcionar de manera que se pueda mantener una reacción de fisión en cadena controlada y autosostenida.

NOTA EXPLICATIVA

Un “reactor nuclear” comprende fundamentalmente todos los elementos que se encuentran en el interior de la vasija del reactor o que están conectados directamente a ella, el equipo que regula el nivel de potencia en el núcleo, y los componentes que normalmente contienen el refrigerante primario del núcleo del reactor, están directamente en contacto con dicho refrigerante o lo regulan.

EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de las principales partidas comprendidas en este concepto solo tendrá lugar de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices. Las distintas partidas de este concepto funcional que solo se podrán exportar de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices se enumeran en los párrafos 1.2 a 1.11. El gobierno se reserva el derecho de aplicar los procedimientos expuestos en las Directrices a otras partidas comprendidas en este concepto funcional.

**1.2. Vasijas de reactores nucleares**

Vasijas metálicas, o las piezas importantes fabricadas para ellas en taller, especialmente diseñadas o preparadas para contener el núcleo de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, así como los elementos internos pertinentes del reactor, según se definen en el siguiente párrafo 1.8.

#### NOTA EXPLICATIVA

La entrada 1.2 abarca las vasijas de reactores nucleares independientemente de su presión de servicio, e incluye las vasijas de presión y las calandrias. La tapa de la vasija del reactor queda comprendida en la entrada 1.2, por ser una pieza importante fabricada en taller para la vasija del reactor.

### **1.3. Máquinas para la carga y descarga del combustible en los reactores nucleares**

Equipo de manipulación especialmente diseñado o preparado para insertar o extraer el combustible en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.

#### NOTA EXPLICATIVA

Estos artículos permiten cargar el combustible con el reactor en funcionamiento o utilizar características de posicionamiento o alineación técnicamente sofisticadas para poder realizar operaciones complejas de carga de combustible con el reactor parado, como aquellas en que normalmente no es posible la visión directa del combustible o el acceso a este.

### **1.4. Barras y equipo de control para reactores nucleares**

Barras especialmente diseñadas o preparadas, y sus estructuras de apoyo o suspensión, los mecanismos de accionamiento de las barras o los tubos guía de las barras, para el control del proceso de fisión en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.

### **1.5. Tubos de presión de reactores nucleares**

Tubos especialmente diseñados o preparados para contener tanto los elementos combustibles como el refrigerante primario en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los tubos de presión son elementos de los canales de combustible diseñados para funcionar a presiones elevadas, a veces superiores a 5 MPa.

### **1.6. Vainas del combustible nuclear**

Tubos (o conjuntos de tubos) de circonio metálico o aleaciones de circonio especialmente diseñados o preparados para su uso como vainas del combustible en un reactor, según se define en el anterior párrafo 1.1, en cantidades superiores a 10 kg.

N.B.: Los tubos de presión de circonio están incluidos en la entrada 1.5. Con respecto a los tubos de calandrias, véase la entrada 1.8.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los tubos de circonio metálico o de aleaciones de circonio destinados a ser utilizados en un reactor nuclear se componen de circonio con una razón de hafnio:circonio normalmente inferior a 1:500 partes, en peso.

### **1.7. Bombas o circuladores del refrigerante primario**

Bombas o circuladores especialmente diseñados o preparados para hacer circular el refrigerante primario de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.

#### NOTA EXPLICATIVA

Las bombas o los circuladores especialmente diseñados o preparados comprenden bombas para reactores refrigerados por agua, circuladores para reactores refrigerados por gas, y bombas electromagnéticas y mecánicas para reactores refrigerados por metal líquido. Este equipo puede incluir bombas con sistemas complejos de estanqueidad sencilla o múltiple para impedir las fugas del refrigerante primario, bombas de rotor blindado y bombas con sistemas de masa inercial. Esta definición abarca las bombas certificadas conforme a la subsección NB (componentes de la Clase 1) de la sección III, División I, del Código de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), o a normas equivalentes.

### 1.8. Elementos internos de reactores nucleares

“Elementos internos de reactores nucleares” especialmente diseñados o preparados para su utilización en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1. Esto incluye, por ejemplo, las columnas de soporte del núcleo, los canales de combustible, los tubos de calandrias, los escudos térmicos, las pantallas, las placas para el reticulado del núcleo y las placas difusoras.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los “elementos internos de reactores nucleares” son estructuras importantes situadas dentro de la vasija del reactor que tienen una o varias funciones tales como las de servir de soporte al núcleo, mantener la alineación del combustible, dirigir el flujo del refrigerante primario, proporcionar blindaje radiológico para la vasija del reactor y guiar la instrumentación intranuclear.

### 1.9. Intercambiadores de calor

- a) Generadores de vapor especialmente diseñados o preparados para el circuito primario, o intermedio, de refrigeración de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.
- b) Otros intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados para su utilización en el circuito primario de refrigeración de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los generadores de vapor están especialmente diseñados o preparados para transferir el calor generado en el reactor al agua de alimentación para la generación de vapor. En el caso de un reactor rápido en el que existe también un circuito de refrigeración intermedio, el generador de vapor se encuentra en el circuito intermedio.

En un reactor refrigerado por gas, el intercambiador de calor puede utilizarse para transferir calor a un circuito secundario de refrigeración por gas que acciona una turbina de gas.

El control aplicable con arreglo a esta entrada no incluye los intercambiadores de calor para los sistemas de apoyo del reactor, por ejemplo el sistema de refrigeración de emergencia o el sistema de eliminación del calor de desintegración.

### 1.10. Detectores de neutrones

Detectores de neutrones especialmente diseñados o preparados para determinar los niveles de flujo neutrónico dentro del núcleo de un reactor, según se define en el anterior párrafo 1.1.

#### NOTA EXPLICATIVA

Esta entrada comprende los detectores intranucleares y extranucleares que miden los niveles de flujo en un intervalo amplio, típicamente de  $10^4$  neutrones por  $\text{cm}^2$  por segundo a  $10^{10}$  neutrones por  $\text{cm}^2$  por segundo, o más. Por extranuclear se entiende la instrumentación situada fuera del núcleo de un reactor, según se define en el anterior párrafo 1.1, pero dentro del blindaje biológico.

### 1.11. Escudos térmicos externos

“Escudos térmicos externos” especialmente diseñados o preparados para su utilización en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, con el fin de reducir la pérdida de calor y también de proteger la vasija de contención.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los “escudos térmicos externos” son estructuras importantes situadas en torno a la vasija del reactor que reducen la pérdida de calor del reactor y disminuyen la temperatura dentro de la vasija de contención.

## 2. Materiales no nucleares para reactores

### 2.1. Deuterio y agua pesada

Deuterio, agua pesada (óxido de deuterio) y cualquier otro compuesto de deuterio con una razón de átomos de deuterio a átomos de hidrógeno superior a 1:5000 que se vaya a utilizar en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, de un mismo país receptor, en un período de 12 meses, en cantidades que excedan de 200 kg de átomos de deuterio.

### 2.2. Grafito de pureza nuclear

Grafito con un nivel de pureza superior a 5 partes por millón de equivalente en boro y con una densidad superior a  $1,50 \text{ g/cm}^3$  que se vaya a utilizar en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, en cantidades que excedan de 1 kilogramo.

#### NOTA EXPLICATIVA

A los efectos del control de las exportaciones, el gobierno determinará si las exportaciones de grafito que cumplan las especificaciones anteriores están o no destinadas a ser utilizadas en un reactor nuclear.

El equivalente en boro (EB) puede determinarse experimentalmente, o calcularse como la suma de los valores de  $EB_z$  de las impurezas (excluido el  $EB_{\text{carbono}}$ , dado que el carbono no se considera una impureza), incluido el boro, donde:

$EB_z$  (ppm) = FC x concentración del elemento z (en ppm);

FC es el factor de conversión:  $(\sigma_z \times A_B)$  dividido por  $(\sigma_B \times A_z)$ ;

$\sigma_B$  y  $\sigma_z$  son las secciones eficaces de captura de neutrones térmicos (en barnios) del boro natural y

el elemento z, respectivamente; y  $A_B$  y  $A_z$  son las masas atómicas del boro natural y del elemento z, respectivamente.

### **3. Plantas de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas**

#### NOTA INTRODUCTORIA

En el reprocesamiento del combustible nuclear irradiado, el plutonio y el uranio se separan de los productos de fisión intensamente radiactivos y de otros elementos transuránicos. Esta separación puede lograrse mediante diferentes procesos técnicos. Sin embargo, el que se ha impuesto a lo largo de los años como el más utilizado y aceptado es el proceso Purex. Este proceso entraña la disolución del combustible nuclear irradiado en ácido nítrico, seguida de la separación del uranio, el plutonio y los productos de fisión mediante la extracción con disolventes, empleando una mezcla de fosfato de tributilo en un diluyente orgánico.

Las instalaciones Purex tienen funciones de proceso similares entre sí, como el troceado de los elementos combustibles irradiados, la disolución del combustible, la extracción con disolventes y el almacenamiento de los licores del proceso. Puede haber asimismo equipo para la desnitrificación térmica del nitrato de uranio, la conversión del nitrato de plutonio en óxido o metal, y el tratamiento del licor de desecho que contiene productos de fisión a fin de darle una forma adecuada para el almacenamiento a largo plazo o la disposición final. No obstante, el tipo y la configuración específicos del equipo utilizado para estas operaciones pueden no ser iguales en todas las instalaciones Purex, por varias razones que incluyen el tipo y la cantidad del combustible nuclear irradiado que se ha de reprocesar y el destino que se quiera dar a los materiales recuperados, además de las consideraciones de seguridad y de mantenimiento que hayan orientado el diseño de cada instalación.

Una “planta de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados” comprende el equipo y los componentes que normalmente están en contacto directo con el combustible irradiado y con las principales corrientes de procesamiento de los materiales nucleares y los productos de fisión, y los controlan directamente.

Estos procesos, incluidos los sistemas completos de conversión del plutonio y producción de plutonio metálico, pueden identificarse por las medidas adoptadas para evitar la criticidad (p. ej. la geometría), la exposición a las radiaciones (p. ej. el blindaje) y los peligros de toxicidad (p. ej. la contención).

#### EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de las principales partidas comprendidas en este concepto solo tendrá lugar de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices.

El gobierno se reserva el derecho de aplicar los procedimientos expuestos en las Directrices a otras partidas comprendidas en este concepto funcional, como se indica a continuación.

Los artículos que se consideran incluidos en la frase “y equipo especialmente diseñado o preparado” para el reprocesamiento de elementos combustibles irradiados comprenden lo siguiente:

#### **3.1. Troceadores de elementos combustibles irradiados**

Equipo accionado a distancia especialmente diseñado o preparado para ser utilizado en una planta de reprocesamiento, según se describe más arriba, y destinado al troceo, corte o cizallamiento de conjuntos, haces o barras de combustible irradiado.

#### NOTA EXPLICATIVA

Este equipo rompe la vaina del elemento combustible y expone así a la disolución el material nuclear irradiado. Para esta operación suelen emplearse cizallas especialmente diseñadas con este fin, aunque puede utilizarse también equipo avanzado, como el láser.

### **3.2. Recipientes de lixiviación**

Tanques a prueba del riesgo de criticidad (por ejemplo, tanques de pequeño diámetro, anulares o de placas) especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en una planta de reprocesamiento como la descrita anteriormente en la disolución del combustible nuclear irradiado, capaces de resistir la presencia de un líquido caliente y muy corrosivo y que pueden ser accionados a distancia para su carga y mantenimiento.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los recipientes de lixiviación reciben normalmente el combustible gastado troceado. En estos recipientes a prueba de criticidad, el material nuclear irradiado se disuelve en ácido nítrico, y los fragmentos de vainas remanentes se eliminan de la corriente de proceso.

### **3.3. Extractores con disolventes y equipo de extracción con disolventes**

Extractores con disolventes especialmente diseñados o preparados, por ejemplo columnas pulsantes o de relleno, mezcladores-sedimentadores o contactores centrífugos, destinados a ser utilizados en una planta de reprocesamiento de combustible irradiado. Los extractores con disolventes deben ser resistentes al efecto corrosivo del ácido nítrico. Estos extractores suelen fabricarse aplicando normas sumamente estrictas (que incluyen soldaduras especiales y técnicas especiales de inspección, control de calidad y garantía de calidad) con aceros inoxidable de bajo contenido de carbono, titanio, circonio u otros materiales de alta calidad.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los extractores con disolventes reciben la solución de combustible irradiado proveniente de los recipientes de lixiviación y también la solución orgánica que separa el uranio, el plutonio y los productos de fisión. El equipo de extracción con disolventes suele diseñarse de modo que cumpla parámetros de operación rigurosos, como una vida operacional prolongada sin necesidad de mantenimiento, o la adaptabilidad para una sustitución fácil, la sencillez del funcionamiento y el control, y la flexibilidad ante las variaciones en las condiciones del proceso.

### **3.4. Recipientes de retención o almacenamiento químico**

Recipientes de retención o de almacenamiento especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de reprocesamiento de combustible irradiado. Los recipientes de retención o almacenamiento deben ser resistentes al efecto corrosivo del ácido nítrico. Suelen fabricarse con materiales tales como aceros inoxidable de bajo contenido de carbono, titanio, circonio u otros materiales de alta calidad. Los recipientes de retención o almacenamiento pueden diseñarse para la manipulación y el mantenimiento por control remoto, y pueden tener las siguientes características para el control de la criticidad nuclear:

- 1) paredes o estructuras internas con un equivalente en boro de por lo menos el 2 %, o bien

- 2) un diámetro máximo de 175 mm (7 pulgadas) en el caso de los recipientes cilíndricos, o bien
- 3) un ancho máximo de 75 mm (3 pulgadas) en el caso de los recipientes anulares o de placas.

#### NOTA EXPLICATIVA

De la fase de extracción con disolventes se derivan tres corrientes principales de licores de proceso. Para el tratamiento ulterior de estas tres corrientes se emplean recipientes de retención o almacenamiento, de la manera siguiente:

- a) La solución de nitrato de uranio puro se concentra por evaporación y se hace pasar a un proceso de desnitrificación en el que se convierte en óxido de uranio. Este óxido se reutiliza en el ciclo del combustible nuclear.
- b) La solución de productos de fisión intensamente radiactivos suele concentrarse por evaporación y almacenarse como concentrado líquido. Este concentrado puede luego dejarse evaporar y convertirse en una forma adecuada para el almacenamiento o la disposición final.
- c) La solución de nitrato de plutonio puro se concentra y se almacena en espera de su transferencia a fases posteriores del proceso. En particular, los recipientes de retención o almacenamiento destinados a las soluciones de plutonio están diseñados para evitar problemas de criticidad resultantes de cambios en la concentración y la forma de esta corriente.

### **3.5. Sistemas de medición de neutrones para el control de procesos**

Sistemas de medición de neutrones especialmente diseñados o preparados para su integración y utilización con sistemas automáticos de control de procesos en una planta de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados.

#### NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas permiten la medición y discriminación de neutrones en forma activa y pasiva para determinar la cantidad de material fisible y su composición. El sistema completo se compone de un generador de neutrones, un detector de neutrones, amplificadores y sistemas electrónicos de procesamiento de señales.

Esta entrada no incluye los instrumentos de detección y medición de neutrones destinados a la contabilidad de materiales nucleares y la aplicación de salvaguardias, ni ninguna otra aplicación no relacionada con la integración y utilización con sistemas automáticos de control de procesos en una planta de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados.

### **4. Plantas de fabricación de elementos combustibles de reactores nucleares, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas**

#### NOTA INTRODUCTORIA

Los elementos combustibles nucleares se fabrican con uno o varios de los materiales básicos o los materiales fisiónables especiales mencionados en la sección MATERIALES Y EQUIPO del anexo A. En el caso de los combustibles de óxidos, el tipo de combustible más corriente, existirá equipo de prensado de las pastillas, de sinterización, de molienda y de granulometría.

Los combustibles de mezcla de óxidos se manipulan en cajas de guantes (o una contención equivalente) hasta que se sellan en las vainas. En todos los casos, el combustible se sella herméticamente en vainas adecuadas diseñadas para constituir la envolvente primaria de encapsulación del combustible de modo que se logren el comportamiento y la seguridad requeridos durante la explotación del reactor. También es necesario en todos los casos un control preciso de los procesos, procedimientos y equipos con sujeción a normas sumamente estrictas, para tener la certeza de un comportamiento previsible y seguro del combustible.

#### NOTA EXPLICATIVA

El equipo que se considera incluido en la frase “y equipo especialmente diseñado o preparado” para la fabricación de elementos combustibles es aquel que:

- a) está normalmente en contacto directo con la corriente de producción de materiales nucleares o se emplea directamente para el tratamiento o control de dicha corriente;
- b) sella el combustible nuclear dentro de su vaina;
- c) verifica la integridad de las vainas o del sellado;
- d) verifica el tratamiento de acabado del combustible sellado; o bien
- e) se emplea para ensamblar elementos combustibles para reactores.

Estos equipos o sistemas de equipo pueden comprender, por ejemplo:

- 1) estaciones de inspección de pastillas totalmente automáticas, especialmente diseñadas o preparadas para verificar las dimensiones finales y los defectos superficiales de las pastillas de combustible;
- 2) máquinas soldadoras automáticas especialmente diseñadas o preparadas para soldar las tapas de los extremos con las varillas (o barras) de combustible;
- 3) estaciones automáticas de ensayo e inspección especialmente diseñadas o preparadas para verificar la integridad de las varillas (o barras) de combustible completas;
- 4) sistemas especialmente diseñados o preparados para la fabricación de vainas de combustible nuclear.

La partida 3 suele comprender lo siguiente: a) equipo de examen por rayos X de las soldaduras de las tapas de los extremos de las varillas (o barras), b) equipo de detección de fugas de helio de las varillas (o barras) a presión, y c) equipo de gammagrafía de las varillas (o barras) para comprobar la carga correcta de las pastillas de combustible en su interior.

#### **5. Plantas de separación de isótopos del uranio natural, el uranio empobrecido o el material fisiónable especial, y equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente diseñado o preparado para ellas**

#### NOTA INTRODUCTORIA

Las instalaciones, el equipo y la tecnología que se utilizan en la separación de los isótopos del uranio guardan, en muchos casos, una estrecha relación con los que se emplean para la separación isotópica de “otros elementos”. En determinados casos, los controles previstos en la sección 5 también se aplican a las plantas y el equipo utilizados para separar los isótopos de

“otros elementos”. Estos controles de las plantas y el equipo que separan los isótopos de “otros elementos” son complementarios a los que se aplican a las plantas y el equipo especialmente diseñados o preparados para el procesamiento, la utilización o la producción de material fisiónable especial, incluidos en la Lista inicial. Los controles complementarios de la sección 5 que se refieren a “otros elementos” no se aplican al proceso de separación electromagnética de isótopos, que se aborda en la parte 2 de las Directrices.

Los procesos a los que se aplican los controles de la sección 5 tanto si el objetivo es separar los isótopos del uranio como si es separar los isótopos de “otros elementos” son la centrifugación gaseosa, la difusión gaseosa, la separación en plasma y los procesos aerodinámicos.

En algunos casos, la relación con la separación isotópica del uranio depende del elemento que haya de separarse. Estos casos son los procesos basados en rayos láser (por ejemplo, la separación isotópica por láser de uranio molecular y la separación isotópica por láser en vapor atómico), el intercambio químico y el intercambio iónico. Por consiguiente, los suministradores deben evaluar estos procesos caso por caso para aplicar los controles de la sección 5 a los usos que entrañen “otros elementos” según corresponda.

El equipo que se considera incluido en la frase “equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente diseñado o preparado” para la separación de isótopos del uranio comprende lo siguiente:

#### **5.1. Centrifugadoras de gas y conjuntos y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en ellas**

##### **NOTA INTRODUCTORIA**

Una centrifugadora de gas consiste normalmente en uno o varios cilindros de paredes delgadas, de un diámetro de 75 mm a 650 mm, contenidos en un vacío y sometidos a un movimiento rotatorio que produce una velocidad periférica elevada, del orden de 300 m/s o más; el eje central del cilindro es vertical. Para conseguir una alta velocidad de rotación, los materiales de construcción de los componentes rotatorios deben poseer una alta razón de resistencia/densidad, y el conjunto rotor, y por consiguiente sus diversos componentes, deben fabricarse con tolerancias muy ajustadas para reducir al mínimo el desequilibrio. A diferencia de otras centrifugadoras, la de gas utilizada para el enriquecimiento del uranio se caracteriza por tener dentro de la cámara del rotor una o varias pantallas rotatorias en forma de disco y un sistema de tubos estacionarios para la alimentación y extracción del gas UF<sub>6</sub>, consistente en por lo menos tres canales separados, de los cuales dos están conectados a paletas que se extienden desde el eje del rotor hacia la periferia de la cámara del rotor. También contenidos en el vacío se encuentran varios elementos importantes no rotatorios que, aunque de diseño especial, no son difíciles de fabricar ni están hechos de materiales muy especiales. Sin embargo, una instalación de centrifugación necesita un gran número de estos componentes, de modo que las cantidades pueden dar una indicación importante del uso final.

##### **5.1.1. Componentes rotatorios**

###### **a) Conjuntos rotores completos:**

Cilindros de paredes delgadas, o varios cilindros de ese tipo interconectados, fabricados con uno o más de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección. Cuando se hallan interconectados, los cilindros están unidos por los anillos o fuelles flexibles que se describen en el apartado 5.1.1. c). En su forma final, el rotor está provisto de una o varias pantallas internas y tapas terminales, como las que se describen en los apartados 5.1.1. d) y e). Sin embargo, el conjunto completo puede también entregarse solo parcialmente montado.

b) Tubos rotores:

Cilindros de paredes delgadas especialmente diseñados o preparados, con un espesor de 12 mm o menos y un diámetro de 75 mm a 650 mm, fabricados con uno o varios de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.

c) Anillos o fuelles:

Componentes especialmente diseñados o preparados para brindar un soporte localizado al tubo rotor o unir varios tubos rotores. Los fuelles son cilindros cortos, con paredes de un espesor de 3 mm o menos y un diámetro de 75 mm a 650 mm, de forma helicoidal, fabricados con uno de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.

d) Pantallas

Componentes en forma de disco de 75 mm a 650 mm de diámetro especialmente diseñados o preparados para ser montados dentro del tubo rotor de la centrifugadora a fin de aislar la cámara de toma de la cámara principal de separación y, en algunos casos, de facilitar la circulación del gas de UF<sub>6</sub> dentro de la cámara principal de separación del tubo rotor; están fabricados con uno de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.

e) Tapas superiores/tapas inferiores:

Componentes en forma de disco, de 75 mm a 650 mm de diámetro, especialmente diseñados o preparados para que se ajusten a los extremos del tubo rotor y contengan así el UF<sub>6</sub> dentro de dicho tubo, y, en algunos casos, para sostener, retener o contener, como parte integrada, un elemento del cojinete superior (tapa superior) o sostener los elementos rotatorios del motor y del cojinete inferior (tapa inferior); están fabricados con uno de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los materiales usados para los componentes rotatorios de la centrifugadora son los siguientes:

- a) Acero martensítico envejecido capaz de soportar una carga de rotura por tracción de 1,95 GPa o más;
- b) Aleaciones de aluminio capaces de soportar una carga de rotura por tracción de 0,46 GPa o más;
- c) Materiales filamentosos apropiados para su utilización en estructuras compuestas y que poseen un módulo específico de  $3,18 \times 10^6$  m o mayor, y una resistencia específica a la tracción de  $7,62 \times 10^4$  m o más (el “módulo específico” es el módulo de Young en N/m<sup>2</sup> dividido por el peso específico en N/m<sup>3</sup>; la “resistencia específica a la tracción” es la carga de rotura por tracción en N/m<sup>2</sup> dividida por el peso específico en N/m<sup>3</sup>).

### 5.1.2. Componentes estáticos

a) Soportes magnéticos de suspensión:

1. Conjuntos de soportes especialmente diseñados o preparados consistentes en un electroimán anular suspendido en una caja que contiene un medio amortiguador. La caja se fabrica con un material resistente al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.2). El imán se acopla con una pieza polar o con un segundo imán ajustado a la tapa superior descrita en la sección 5.1.1.e). Puede tener forma anular, con una relación entre el diámetro exterior y el interior igual o inferior a 1,6:1. El imán puede tener una permeabilidad inicial de 0,15 H/m o más, o una remanencia del 98,5 % o más, o un producto energético de más de 80 kJ/m<sup>3</sup>. Además de las propiedades usuales de los materiales, es un requisito indispensable que la desviación de los ejes magnéticos respecto de los geométricos se limite a tolerancias muy pequeñas (menos de 0,1 mm) y que la homogeneidad del material del imán sea muy elevada.
2. Soportes magnéticos activos especialmente diseñados o preparados para su utilización en centrifugadoras de gas.

#### NOTA EXPLICATIVA

Estos soportes tienen normalmente las siguientes características:

- están diseñados para mantener centrado un rotor que gire a 600 Hz o más, y
- están conectados a un suministro fiable de energía eléctrica y/o a una fuente de suministro eléctrico no interrumpible (UPS) para poder funcionar durante más de una hora.

b) Soportes/amortiguadores:

Soportes especialmente diseñados o preparados que comprenden un conjunto pivote/copa montado en un amortiguador. El pivote es generalmente un eje de acero templado con un extremo en forma de semiesfera y provisto en el otro extremo de un medio de sujeción a la tapa inferior descrita en la sección 5.1.1 e). Sin embargo, el eje puede tener también un soporte hidrodinámico. La copa es una pastilla con una indentación hemisférica en una de sus superficies. Estos dos componentes se suministran a menudo por separado del amortiguador.

c) Bombas moleculares:

Cilindros especialmente diseñados o preparados con surcos helicoidales internamente maquinados o extruidos y paredes interiores maquinadas. Las dimensiones típicas son las siguientes: diámetro interno de 75 mm a 650 mm; paredes de 10 mm o más de espesor; longitud igual o superior al diámetro. Los surcos tienen generalmente una sección transversal rectangular, y 2 mm o más de profundidad.

d) Estatores de motores:

Estatores de forma anular especialmente diseñados o preparados para motores de histéresis (o reluctancia) multifásicos, de alta velocidad y de corriente alterna, para su funcionamiento sincrónico en un vacío a una frecuencia de 600 Hz o superior y una potencia de 40 VA o superior. Los estatores pueden consistir en embobinados multifásicos sobre un núcleo de hierro laminado de baja pérdida compuesto de finas capas de un espesor típico de 2,0 mm o menos.

e) Recipientes/armazones de centrifugadoras:

Componentes especialmente diseñados o preparados para alojar el conjunto de tubos rotores de una centrifugadora de gas. El armazón está formado por un cilindro rígido con paredes de un espesor de hasta 30 mm y los extremos maquinados con precisión para contener los soportes, y dotado de una o varias bridas para el montaje. Los extremos maquinados son paralelos entre sí y perpendiculares al eje longitudinal del cilindro con una desviación de 0,05 grados o menos. La caja puede ser también una estructura alveolar que contenga varios conjuntos rotores.

f) Paletas:

Tubos especialmente diseñados o preparados para la extracción del UF<sub>6</sub> gaseoso del tubo rotor por acción de un tubo de Pitot (es decir, con una abertura que desemboca en el flujo de gas circunferencial dentro del tubo rotor, lo que puede obtenerse, por ejemplo, doblando el extremo de un tubo dispuesto radialmente) y que se pueden fijar al sistema central de extracción de gas.

## 5.2. **Sistemas, equipo y componentes auxiliares especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa**

### NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas, equipos y componentes auxiliares de una planta de enriquecimiento por centrifugación gaseosa son los que se necesitan en una instalación para introducir el UF<sub>6</sub> en las centrifugadoras, conectar las centrifugadoras entre sí para que formen cascadas (o etapas) que conduzcan a un enriquecimiento progresivo, y extraer de ellas el “producto” y las “colas” del UF<sub>6</sub>, junto con el equipo necesario para impulsar las centrifugadoras o controlar la planta.

Normalmente, el UF<sub>6</sub> se evapora a partir de su fase sólida en autoclaves calentados y se distribuye a las centrifugadoras en forma gaseosa por medio de un sistema de tuberías de cabecera en cascada. Las corrientes gaseosas de “producto” y “colas” del UF<sub>6</sub> fluyen, también por un sistema de tuberías de ese tipo, hacia trampas frías (que funcionan a unos 203 K (- 70 °C)), donde se condensan antes de ser transferidas a recipientes apropiados para su transporte o almacenamiento. Como una planta de enriquecimiento consiste en muchos miles de centrifugadoras conectadas en cascadas, hay también muchos kilómetros de tuberías de cabecera en cascada, con miles de soldaduras y una repetición considerable en su configuración. El equipo, los componentes y los sistemas de tuberías se fabrican en un entorno con un grado muy elevado de vacío y limpieza.

### NOTA EXPLICATIVA

Algunos de los artículos enumerados a continuación están en contacto directo con el gas de proceso UF<sub>6</sub> o controlan directamente las centrifugadoras y el paso del gas de unas a otras y de cascada en cascada. Entre los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> figuran el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel, y los polímeros de hidrocarburos fluorados.

### 5.2.1. **Sistemas de alimentación y sistemas de extracción del producto y las colas**

Sistemas o equipo especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:

- a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> en el proceso de enriquecimiento;
- b) Desublimadores, trampas frías o bombas utilizadas para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento, para su transferencia ulterior después del calentamiento;
- c) Estaciones de solidificación o licuefacción utilizadas para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento mediante su compresión y conversión al estado líquido o sólido;
- d) Estaciones de “producto” o “colas” utilizadas para transferir el UF<sub>6</sub> a contenedores.

### 5.2.2. Sistemas de tuberías de cabecera

Sistemas de tuberías y sistemas de cabecera especialmente diseñados o preparados para dirigir el UF<sub>6</sub> en las centrifugadoras en cascada. Esta red de tuberías es normalmente del tipo de cabecera “triple”, y cada centrifugadora está conectada a cada una de las cabeceras. Por lo tanto, hay una repetición considerable en su configuración. Está enteramente fabricada o protegida con materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta sección) y se construye en un entorno con un grado muy elevado de vacío y limpieza.

### 5.2.3 Válvulas de cierre y control especiales

- a) Válvulas de cierre especialmente diseñadas o preparadas para actuar en las corrientes gaseosas de UF<sub>6</sub> de alimentación, de producto o de colas de una centrifugadora de gas.
- b) Válvulas con sello de fuelle, de cierre o control, manuales o automáticas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con un diámetro interior de 10 mm a 160 mm, especialmente diseñadas o preparadas para su utilización en los sistemas principales o auxiliares de las plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa.

#### NOTA EXPLICATIVA

Las válvulas especialmente diseñadas o preparadas son habitualmente válvulas selladas por fuelle, válvulas con cierre de acción rápida o válvulas de acción rápida, entre otras.

### 5.2.4. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para el UF<sub>6</sub>

Espectrómetros de masas especialmente diseñados o preparados para tomar muestras “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso y que posean todas las características siguientes:

1. Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;
2. Fuentes de iones fabricadas o protegidas con níquel, aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel del 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo;
3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;
4. Un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.

### **5.2.5. Cambiadores de frecuencia**

Cambiadores de frecuencia (denominados también convertidores o inversores) especialmente diseñados o preparados para alimentar los estatores de motores según se definen en la sección 5.1.2 d); o partes, componentes y subconjuntos de tales cambiadores de frecuencia que posean las dos características siguientes:

1. Frecuencia de salida multifásica igual o superior a 600 Hz; y
2. Elevada estabilidad (con un control de frecuencia mejor que un 0,2 %).

### **5.3. Conjuntos y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en el enriquecimiento por difusión gaseosa**

#### **NOTA INTRODUCTORIA**

En el método de separación de los isótopos del uranio por difusión gaseosa, la principal unidad tecnológica consiste en una barrera porosa especial para la difusión gaseosa, un intercambiador de calor para el enfriamiento del gas (que se calienta por el proceso de compresión), válvulas de estanqueidad y de control, y tuberías. Puesto que la tecnología de difusión gaseosa utiliza el hexafluoruro de uranio ( $UF_6$ ), todo el equipo, las tuberías y las superficies de los instrumentos (que entran en contacto con el gas) deben fabricarse con materiales que permanezcan estables en contacto con el  $UF_6$ . Una instalación de difusión gaseosa requiere varias de estas unidades, de modo que las cantidades pueden dar una indicación importante del uso final.

#### **5.3.1. Barreras de difusión gaseosa y materiales para las barreras**

- a) Filtros finos porosos especialmente diseñados o preparados, con un tamaño de poro de 10 a 100 nm, un espesor de 5 mm o menos y, para los de forma tubular, un diámetro de 25 mm o menos, fabricados con metales, polímeros o materiales cerámicos resistentes a la acción corrosiva del  $UF_6$  (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4), y
- b) compuestos o polvos especialmente preparados para la fabricación de tales filtros. Estos compuestos y polvos incluyen el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel, el óxido de aluminio, y polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al  $UF_6$ , con una pureza del 99,9 % o más en peso y con tamaños de partículas inferiores a 10  $\mu m$  y de alto grado de uniformidad, especialmente preparados para la fabricación de barreras de difusión gaseosa.

#### **5.3.2. Cajas de difusores gaseosos**

Vasijas estancas especialmente diseñadas o preparadas para contener la barrera de difusión gaseosa, fabricadas o protegidas con materiales resistentes al  $UF_6$  (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4).

#### **5.3.3. Compresores y sopladores de gas**

Compresores o sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, con una capacidad de aspiración de  $UF_6$  de 1 m<sup>3</sup> por minuto o más y con una presión de descarga de hasta 500 kPa, diseñados para un funcionamiento prolongado en la atmósfera de  $UF_6$ , así como conjuntos autónomos de esos compresores y sopladores de gas. Estos compresores y sopladores de gas tienen una relación de presión de 10:1 o menos y están fabricados o protegidos con materiales resistentes al  $UF_6$  (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4).

#### **5.3.4. Obturadores para ejes de rotación**

Obturadores de vacío especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y de salida, para asegurar la estanqueidad del eje que conecta el rotor del compresor o del soplador de gas con el motor de propulsión a fin de obtener un sellado fiable y evitar que se infiltre aire en la cámara interior del compresor o del soplador de gas, que está llena de UF<sub>6</sub>. Estos obturadores están diseñados normalmente para una tasa de infiltración de gas separador inferior a 1000 cm<sup>3</sup> por minuto.

#### **5.3.5. Intercambiadores de calor para el enfriamiento del UF<sub>6</sub>**

Intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados, fabricados o protegidos con materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4), y concebidos para una tasa de cambio de presión por pérdida inferior a 10 Pa por hora a una diferencia de presión de 100 kPa.

#### **5.4. Sistemas, equipo y componentes auxiliares especialmente diseñados o preparados para su utilización en el enriquecimiento por difusión gaseosa**

##### NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas, equipos y componentes auxiliares para plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa son los sistemas necesarios para introducir el UF<sub>6</sub> en la unidad de difusión gaseosa, conectar las unidades entre sí para formar cascadas (o etapas) que permitan el enriquecimiento progresivo y extraer de dichas cascadas el “producto” y las “colas” de UF<sub>6</sub>. Debido al elevado carácter inercial de las cascadas de difusión, cualquier interrupción en su funcionamiento, y especialmente su parada, tiene serias consecuencias. Por lo tanto, el mantenimiento estricto y constante del vacío en todos los sistemas tecnológicos, la protección automática contra accidentes y una regulación automática precisa del flujo de gas son importantes en una planta de difusión gaseosa. Ello genera la necesidad de equipar la planta con un gran número de sistemas especiales de medición, regulación y control.

Normalmente el UF<sub>6</sub> se evapora en cilindros colocados dentro de autoclaves y se distribuye en forma gaseosa al punto de entrada por medio de un sistema de tuberías de cabecera en cascada. Las corrientes gaseosas de UF<sub>6</sub> correspondientes al “producto” y las “colas” que fluyen de los puntos de salida pasan por ese sistema de tuberías ya sea hacia trampas frías o hacia estaciones de compresión, donde el UF<sub>6</sub> gaseoso es licuado antes de ser transferido a contenedores apropiados para su transporte o almacenamiento. Dado que una planta de enriquecimiento por difusión gaseosa se compone de un gran número de unidades de difusión gaseosa dispuestas en cascadas, hay muchos kilómetros de tuberías de cabecera en cascada, con miles de soldaduras y una repetición considerable en su configuración. El equipo, los componentes y los sistemas de tuberías se fabrican en entornos con un grado muy elevado de vacío y limpieza.

##### NOTA EXPLICATIVA

Los artículos que se enumeran a continuación entran en contacto directo con el UF<sub>6</sub> gaseoso o controlan de manera directa el flujo dentro de la cascada. Entre los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> figuran el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel, y los polímeros de hidrocarburos fluorados.

#### **5.4.1. Sistemas de alimentación y sistemas de extracción del producto y las colas**

Sistemas o equipo especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:

- a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> en el proceso de enriquecimiento;
- b) Desublimadores, trampas frías o bombas utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento, para su transferencia ulterior después del calentamiento;
- c) Estaciones de solidificación o licuefacción utilizadas para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento mediante su compresión y conversión al estado líquido o sólido;
- d) Estaciones de “producto” o “colas” utilizadas para transferir el UF<sub>6</sub> a contenedores.

#### **5.4.2. Sistemas de tuberías de cabecera**

Sistemas de tuberías y sistemas de cabecera especialmente diseñados o preparados para dirigir el UF<sub>6</sub> dentro de las cascadas de difusión gaseosa.

##### **NOTA EXPLICATIVA**

Esta red de tuberías es normalmente del tipo de cabecera “doble”, y cada celda está conectada a cada una de las cabeceras.

#### **5.4.3. Sistemas de vacío**

- a) Distribuidores de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío, especialmente diseñados o preparados, con una capacidad de aspiración de 5 m<sup>3</sup> por minuto o más.
- b) Bombas de vacío especialmente diseñadas para funcionar en atmósferas con UF<sub>6</sub>, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta sección). Dichas bombas pueden ser rotativas o impelentes, estar dotadas de obturadores de fluorocarburos y de desplazamiento y tener fluidos de trabajo especiales.

#### **5.4.4. Válvulas de cierre y control especiales**

Válvulas con sello de fuelle especialmente diseñadas o preparadas, de cierre o de control, manuales o automáticas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, para su instalación en los sistemas principales o auxiliares de las plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa.

#### **5.4.5. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para UF<sub>6</sub>**

Espectrómetros de masas especialmente diseñados o preparados para tomar muestras “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso y que posean todas las características siguientes:

1. Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;
2. Fuentes de iones fabricadas o protegidas con níquel, aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel del 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo;

3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;
4. Un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.

#### **5.5. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento aerodinámico**

##### NOTA INTRODUCTORIA

En los procesos de enriquecimiento aerodinámico, una mezcla de  $UF_6$  gaseoso con un gas ligero (hidrógeno o helio) se comprime y luego se hace pasar a través de elementos separadores en los que se produce la separación isotópica por la generación de elevadas fuerzas centrífugas en una geometría de paredes curvas. Se han desarrollado dos procesos de este tipo: el de las toberas de separación y el de los tubos vorticiales. En ambos procesos, los principales componentes de la etapa de separación son los recipientes cilíndricos que contienen los elementos especiales de separación (toberas o tubos vorticiales), los compresores de gas y los intercambiadores de calor para eliminar el calor de compresión. Una planta aerodinámica requiere varias de estas etapas, de modo que las cantidades pueden dar una indicación importante del uso final. Como los procesos aerodinámicos emplean  $UF_6$ , todo el equipo, las tuberías y las superficies de los instrumentos (que entran en contacto con el gas) deben estar fabricados o protegidos con materiales que permanezcan estables en contacto con el  $UF_6$ .

##### NOTA EXPLICATIVA

Los artículos enumerados en esta sección entran en contacto directo con el gas de proceso  $UF_6$  o controlan directamente el flujo en la cascada. Todas las superficies que entran en contacto con el gas de proceso están totalmente fabricadas o protegidas con materiales resistentes al  $UF_6$ . A los efectos de la sección relativa al equipo de enriquecimiento aerodinámico, los materiales resistentes a la corrosión por el  $UF_6$  comprenden el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel en peso, y los polímeros de hidrocarburos fluorados.

##### **5.5.1. Toberas de separación**

Toberas de separación especialmente diseñadas o preparadas, y conjuntos de toberas de ese tipo. Las toberas de separación están constituidas por canales curvos en forma de hendidura, con un radio de curvatura inferior a 1 mm y resistentes a la corrosión por el  $UF_6$ , en cuyo interior se encuentra un filo que separa en dos fracciones el gas que circula por ellas.

##### **5.5.2. Tubos vorticiales**

Tubos vorticiales especialmente diseñados o preparados y conjuntos de tubos de ese tipo. Los tubos vorticiales son elementos cilíndricos o cónicos, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el  $UF_6$ , que poseen una o varias entradas tangenciales. Los tubos pueden estar equipados con dispositivos de tipo tobera en uno de los extremos o en ambos.

##### NOTA EXPLICATIVA

El gas de alimentación penetra tangencialmente en el tubo vorticial por uno de los extremos, o con ayuda de deflectores ciclónicos, o bien tangencialmente por numerosos orificios a lo largo de la periferia del tubo.

### **5.5.3. Compresores y sopladores de gas**

Compresores y sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por la mezcla de UF<sub>6</sub> con un gas portador (hidrógeno o helio).

### **5.5.4. Obturadores para ejes de rotación**

Obturadores de vacío especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y de salida, para asegurar la estanqueidad del eje que conecta el rotor del compresor o del soplador de gas con el motor de propulsión a fin de obtener un sellado fiable y evitar las fugas del gas de proceso o la penetración de aire o de gas de sellado en la cámara interior del compresor o del soplador de gas, que está llena de una mezcla de UF<sub>6</sub> con un gas portador.

### **5.5.5. Intercambiadores de calor para el enfriamiento del gas**

Intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>.

### **5.5.6. Cajas de los elementos de separación**

Cámaras especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, para alojar los tubos vorticiales o las toberas de separación.

### **5.5.7. Sistemas de alimentación y sistemas de extracción del producto y las colas**

Sistemas o equipo de proceso especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:

- a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> en el proceso de enriquecimiento;
- b) Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento, para su transferencia ulterior después del calentamiento;
- c) Estaciones de solidificación o licuefacción utilizadas para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento mediante su compresión y conversión al estado líquido o sólido;
- d) Estaciones de “producto” o “colas” utilizadas para transferir el UF<sub>6</sub> a contenedores.

### **5.5.8. Sistemas de tuberías de cabecera**

Sistemas de tuberías de cabecera especialmente diseñados o preparados, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, para dirigir el UF<sub>6</sub> dentro de las cascadas aerodinámicas. Esta red de tuberías es normalmente del tipo de cabecera “doble”, y cada etapa o grupo de etapas está conectado a cada una de las cabeceras.

### **5.5.9. Bombas y sistemas de vacío**

- a) Sistemas de vacío especialmente diseñados o preparados, que comprenden distribuidores de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío y que están concebidos para funcionar en atmósferas con UF<sub>6</sub>;

- c) Bombas de vacío especialmente diseñadas o preparadas para funcionar en atmósferas con UF<sub>6</sub>, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>. Estas bombas pueden estar dotadas de obturadores de fluorocarburos y tener fluidos de trabajo especiales.

#### **5.5.10. Válvulas de cierre y control especiales**

Válvulas con sello de fuelle especialmente diseñadas o preparadas, de cierre o de control, manuales o automáticas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, de un diámetro de 40 mm o superior, para su instalación en los sistemas principales y auxiliares de las plantas de enriquecimiento aerodinámico.

#### **5.5.11. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para el UF<sub>6</sub>**

Espectrómetros de masas especialmente diseñados o preparados para tomar muestras “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso y que posean todas las características siguientes:

1. Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;
2. Fuentes de iones fabricadas o protegidas con níquel, aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel de un 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo;
3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;
4. Un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.

#### **5.5.12. Sistemas de separación del UF<sub>6</sub> y el gas portador**

Sistemas de proceso especialmente diseñados o preparados para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador (hidrógeno o helio).

##### NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas se diseñan para reducir el contenido de UF<sub>6</sub> del gas portador a 1 ppm o menos y pueden comprender el equipo siguiente:

- a) Intercambiadores de calor criogénicos y crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de 153 K (-120 °C) o menos; o
- b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de 153 K (-120 °C) o menos; o
- c) Unidades con toberas de separación o tubos vorticiales para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador; o
- d) Trampas frías para el UF<sub>6</sub> capaces de separar este compuesto por congelación.

**5.6. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por intercambio químico o por intercambio iónico**

NOTA INTRODUCTORIA

La ligera diferencia de masa entre los isótopos del uranio causa pequeños cambios en los equilibrios de las reacciones químicas, que pueden servir de base para la separación de los isótopos. Se han desarrollado dos procesos que realizan esta operación: el intercambio químico líquido-líquido y el intercambio iónico sólido-líquido.

En el proceso de intercambio químico líquido-líquido, dos fases líquidas inmiscibles (acuosa y orgánica) se ponen en contacto por circulación en contracorriente para obtener el efecto en cascada de miles de etapas de separación. La fase acuosa está compuesta por cloruro de uranio en una solución de ácido clorhídrico, y la fase orgánica, por un extractante que contiene cloruro de uranio en un solvente orgánico. Los contactores empleados en la cascada de separación pueden ser columnas de intercambio líquido-líquido (por ejemplo, columnas pulsadas con placas-tamiz) o contactores centrífugos líquido-líquido. En ambos extremos de la cascada de separación se necesitan conversiones químicas (oxidación y reducción) para establecer el reflujo requerido. Un aspecto importante del diseño es la necesidad de evitar la contaminación de las corrientes de proceso con ciertos iones metálicos. Para ello se utilizan tuberías y columnas de plástico, revestidas de plástico (por ejemplo, de polímeros de fluorocarburos) y/o revestidas de vidrio.

En el proceso de intercambio iónico sólido-líquido, el enriquecimiento se consigue por adsorción/desorción del uranio en un adsorbente o resina de intercambio iónico especial y de acción muy rápida. Una solución de uranio en ácido clorhídrico y otros agentes químicos circula a través de columnas cilíndricas de enriquecimiento que contienen lechos de relleno formados por el adsorbente. Para conseguir un proceso continuo es necesario un sistema de reflujo que libere el uranio del adsorbente y lo reinyecte en el flujo líquido de modo que puedan recogerse el “producto” y las “colas”. Esto se realiza con ayuda de agentes químicos de reducción/oxidación adecuados que se regeneran por completo en circuitos externos independientes y que pueden regenerarse parcialmente dentro de las propias columnas de separación isotópica. La presencia de soluciones de ácido clorhídrico concentrado caliente en el proceso obliga a utilizar equipo fabricado o protegido con materiales especiales que resistan a la corrosión.

**5.6.1. Columnas de intercambio líquido-líquido (intercambio químico)**

Columnas de intercambio líquido-líquido en contracorriente con aportación de energía mecánica, especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio mediante el proceso de intercambio químico. Para que sean resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, estas columnas y su interior se fabrican o protegen normalmente con materiales plásticos adecuados (por ejemplo, polímeros de hidrocarburos fluorados) o vidrio. Las columnas están diseñadas por lo general de modo que el tiempo de residencia en una etapa sea de 30 segundos o menos.

**5.6.2. Contactores centrífugos líquido-líquido (intercambio químico)**

Contactores centrífugos líquido-líquido especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio mediante el proceso de intercambio químico. Estos contactores utilizan la rotación para conseguir la dispersión de las corrientes orgánica y acuosa y luego la fuerza centrífuga para separar las fases. Para que sean resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, los contactores se fabrican o protegen

normalmente con materiales plásticos adecuados (por ejemplo, polímeros de hidrocarburos fluorados) o vidrio. Los contactores centrífugos están diseñados por lo general de modo que el tiempo de residencia en una etapa sea de 30 segundos o menos.

### 5.6.3. Equipo y sistemas de reducción del uranio (intercambio químico)

- a) Celdas de reducción electroquímica especialmente diseñadas o preparadas al objeto de reducir el uranio de un estado de valencia a otro para su enriquecimiento por el proceso de intercambio químico. Los materiales de las celdas en contacto con las soluciones de proceso deben ser resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado.

#### NOTA EXPLICATIVA

El compartimiento catódico de la celda debe estar diseñado de modo que no se produzca la reoxidación del uranio a su estado de valencia más alto. Para mantener el uranio en el compartimiento catódico, la celda debe poseer una membrana de diafragma impenetrable fabricada con un material de intercambio catiónico especial. El cátodo consiste en un conductor sólido adecuado, como el grafito.

- b) Sistemas, situados en el extremo de la cascada donde se recupera el producto, especialmente diseñados o preparados para separar el  $U^{+4}$  de la corriente orgánica, ajustar la concentración de ácido y alimentar las celdas de reducción electroquímica.

#### NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas están formados por equipo de extracción con disolventes que separa el  $U^{+4}$  de la corriente orgánica y lo introduce en la solución acuosa, equipo de evaporación y/o de otra índole que ajusta y controla el pH de la solución, y bombas u otros dispositivos de transferencia que alimentan las celdas de reducción electroquímica. Un aspecto importante del diseño es la necesidad de evitar la contaminación de la corriente acuosa con ciertos iones metálicos. En consecuencia, las partes del sistema que están en contacto con la corriente de proceso se fabrican o protegen con materiales adecuados (por ejemplo, vidrio, polímeros de fluorocarburos, sulfato de polifenilo, poliéter sulfona y grafito impregnado con resina).

### 5.6.4. Sistemas de preparación de la alimentación (intercambio químico)

Sistemas especialmente diseñados o preparados para producir soluciones de cloruro de uranio de elevada pureza destinadas a alimentar las plantas de separación isotópica del uranio por intercambio químico.

#### NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas consisten en equipo de disolución, extracción con disolventes y/o intercambio iónico para la purificación, y celdas electrolíticas para reducir el uranio  $U^{+6}$  o  $U^{+4}$  a  $U^{+3}$ . Producen soluciones de cloruro de uranio que solo contienen algunas partes por millón de impurezas metálicas tales como cromo, hierro, vanadio, molibdeno y otros cationes bivalentes o multivalentes. Los materiales utilizados para fabricar las partes del sistema que procesan  $U^{+3}$  de elevada pureza son vidrio, polímeros de hidrocarburos fluorados o grafito revestido con plástico de sulfato de polifenilo o poliéter sulfona e impregnado con resina.

#### **5.6.5. Sistemas de oxidación del uranio (intercambio químico)**

Sistemas especialmente diseñados o preparados para oxidar el uranio de  $U^{+3}$  a  $U^{+4}$  a fin de reintroducirlo en la cascada de separación isotópica en el proceso de enriquecimiento por intercambio químico.

#### **NOTA EXPLICATIVA**

Estos sistemas pueden comprender el equipo siguiente:

- a) Equipo para poner en contacto el cloro y el oxígeno con el efluente acuoso procedente del equipo de separación isotópica y extraer el  $U^{+4}$  resultante e introducirlo en la corriente orgánica empobrecida procedente del extremo de la cascada en que se recupera el producto;
- b) Equipo para separar el agua del ácido clorhídrico, de modo que el agua y el ácido clorhídrico concentrado puedan reintroducirse en los lugares adecuados del proceso.

#### **5.6.6. Resinas/adsorbentes de intercambio iónico de reacción rápida (intercambio iónico)**

Resinas o adsorbentes de intercambio iónico de reacción rápida especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio por el proceso de intercambio iónico, en particular resinas macrorreticulares porosas y/o estructuras peliculares en que los grupos de intercambio químico activos están limitados a un revestimiento superficial en un soporte poroso inactivo, y otras estructuras compuestas en forma adecuada, como partículas o fibras. Estas resinas/adsorbentes de intercambio iónico tienen diámetros de 0,2 mm o menos, y deben poseer resistencia química a las soluciones de ácido clorhídrico concentrado y suficiente resistencia física para no experimentar degradación en las columnas de intercambio. Las resinas/adsorbentes están diseñados especialmente para conseguir una cinética de intercambio de los isótopos del uranio muy rápida (con un tiempo de semirreacción inferior a 10 segundos) y pueden operar a temperaturas comprendidas entre 373 K (100 °C) y 473 K (200 °C).

#### **5.6.7. Columnas de intercambio iónico (intercambio iónico)**

Columnas cilíndricas de más de 1000 mm de diámetro que contienen lechos de relleno de resina/adsorbente de intercambio iónico, especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio por intercambio iónico. Estas columnas están fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por soluciones de ácido clorhídrico concentrado (por ejemplo, titanio o plásticos de fluorocarburos) y pueden operar a temperaturas comprendidas entre 373 K (100 °C) y 473 K (200 °C) y a presiones superiores a 0,7 MPa.

#### **5.6.8. Sistemas de reflujo del intercambio iónico (intercambio iónico)**

- a) Sistemas de reducción química o electroquímica especialmente diseñados o preparados para regenerar el agente o los agentes de reducción química utilizados en las cascadas de enriquecimiento del uranio por intercambio iónico.
- b) Sistemas de oxidación química o electroquímica especialmente diseñados o preparados para regenerar el agente o los agentes de oxidación química utilizados en las cascadas de enriquecimiento del uranio por intercambio iónico.

#### NOTA EXPLICATIVA

En el proceso de enriquecimiento por intercambio iónico se puede utilizar, por ejemplo, el titanio trivalente ( $Ti^{+3}$ ) como catión reductor, en cuyo caso el sistema de reducción regenerará el  $Ti^{+3}$  por reducción del  $Ti^{+4}$ .

El proceso puede utilizar, por ejemplo, hierro trivalente ( $Fe^{+3}$ ) como oxidante, en cuyo caso el sistema de oxidación regenerará el  $Fe^{+3}$  por oxidación del  $Fe^{+2}$ .

### 5.7. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por láser

#### NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas actuales de enriquecimiento por láser se clasifican en dos categorías: aquellos en que el medio utilizado en el proceso es vapor de uranio atómico y aquellos en que es un compuesto de uranio, a veces mezclado con otro u otros gases. La nomenclatura común de esos procesos es la siguiente:

- primera categoría - separación isotópica por láser en vapor atómico
- segunda categoría - separación isotópica por láser de uranio molecular, que incluye una reacción química por activación láser selectiva de isótopos.

Los sistemas, equipos y componentes de las plantas de enriquecimiento por láser comprenden lo siguiente: a) dispositivos de alimentación de vapor de uranio metálico (para la fotoionización selectiva) o dispositivos de alimentación de vapor de un compuesto del uranio (para la fotodisociación selectiva o excitación/activación selectiva); b) dispositivos para recoger el uranio metálico enriquecido o empobrecido como “producto” y “colas” en la primera categoría, y dispositivos para recoger los compuestos de uranio enriquecido y empobrecido como “producto” y “colas” en la segunda categoría; c) sistemas láser del proceso para excitar selectivamente la especie uranio 235; y d) equipo para la preparación de la alimentación y la conversión del producto. Debido a la complejidad de la espectroscopia de los átomos y compuestos del uranio, puede ser necesario incorporar alguna de las diversas tecnologías láser y de óptica láser que están disponibles.

#### NOTA EXPLICATIVA

Muchos de los artículos enumerados en esta sección entran en contacto directo con el uranio metálico vaporizado o líquido, o con el gas de proceso formado por  $UF_6$  o por una mezcla de  $UF_6$  con otros gases. Todas las superficies que entran en contacto directo con el uranio o con el  $UF_6$  están fabricadas o protegidas enteramente con materiales resistentes a la corrosión. A los efectos de la sección relativa a los artículos para el enriquecimiento por láser, los materiales resistentes a la corrosión por el uranio metálico o las aleaciones de uranio vaporizados o líquidos son el tántalo y el grafito revestido con óxido de itrio; los materiales resistentes a la corrosión por el  $UF_6$  incluyen el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen el 60 % o más de níquel en peso, y los polímeros de hidrocarburos fluorados.

#### 5.7.1. Sistemas de vaporización del uranio (métodos basados en el vapor atómico)

Sistemas de vaporización del uranio metálico especialmente diseñados o preparados para su utilización en el enriquecimiento por láser.

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas pueden contener cañones de electrones y están diseñados para alcanzar una potencia (1 kW o más) en el blanco suficiente para generar vapor de uranio metálico al ritmo requerido para realizar la función de enriquecimiento por láser.

**5.7.2. Sistemas de manipulación del uranio metálico líquido o vaporizado y sus componentes (métodos basados en el vapor atómico)**

Sistemas especialmente diseñados o preparados para manipular uranio fundido, aleaciones de uranio fundido o vapor de uranio metálico para su utilización en el enriquecimiento por láser, o componentes especialmente diseñados o preparados para ellos.

NOTA EXPLICATIVA

Los sistemas de manipulación del uranio metálico líquido pueden consistir en crisoles y en el equipo de enfriamiento de los crisoles. Los crisoles y otras partes de estos sistemas que entran en contacto con el uranio fundido, las aleaciones de uranio fundido o el uranio metálico vaporizado están fabricados o protegidos con materiales dotados de la debida resistencia a la corrosión y al calor. Entre los materiales adecuados se cuentan el tántalo, el grafito revestido con óxido de itrio, el grafito revestido con otros óxidos de tierras raras (véase el documento INFCIRC/254/Part 2 (en su forma enmendada)) o mezclas de estas sustancias.

**5.7.3. Conjuntos colectores del “producto” y las “colas” de uranio metálico (métodos basados en el vapor atómico)**

Conjuntos colectores del “producto” y las “colas” especialmente diseñados o preparados para el uranio metálico en estado líquido o sólido.

NOTA EXPLICATIVA

Los componentes de estos conjuntos se fabrican o protegen con materiales resistentes al calor y a la corrosión por el uranio metálico vaporizado o líquido (por ejemplo, tántalo o grafito revestido con óxido de itrio) y pueden comprender tuberías, válvulas, accesorios, “canalones”, alimentadores directos, intercambiadores de calor y placas colectoras para los métodos de separación magnética, electrostática y de otro tipo.

**5.7.4. Cajas de módulos separadores (métodos basados en el vapor atómico)**

Recipientes rectangulares o cilíndricos especialmente diseñados o preparados para contener la fuente de vapor de uranio metálico, el cañón de electrones y los colectores del “producto” y las “colas”.

NOTA EXPLICATIVA

Estas cajas poseen numerosos puntos de acceso para la alimentación directa de electricidad y agua, las ventanas de los haces de láser, las conexiones de las bombas de vacío, y el diagnóstico y la vigilancia de la instrumentación. Están dotadas de medios de apertura y cierre para poder reparar los componentes internos.

**5.7.5. Toberas de expansión supersónica (métodos basados en uranio molecular)**

Toberas de expansión supersónica especialmente diseñadas o preparadas para enfriar mezclas de  $UF_6$  con un gas portador hasta 150 K (-123 °C) o menos y resistentes a la corrosión por el  $UF_6$ .

**5.7.6. Colectores del “producto” o las “colas” (métodos basados en uranio molecular)**

Componentes o dispositivos especialmente diseñados o preparados para recoger el producto de uranio o el material de colas de uranio tras la iluminación con luz láser.

NOTA EXPLICATIVA

En un ejemplo de separación isotópica por láser de uranio molecular, los colectores de producto se utilizan para recolectar el material sólido de pentafluoruro de uranio ( $UF_5$ ) enriquecido. Los colectores pueden ser de tipo filtro, impacto o ciclón, o combinaciones de estos, y deben ser resistentes a la corrosión en un medio de  $UF_5/UF_6$ .

**5.7.7. Compresores de  $UF_6$ /gas portador (métodos basados en uranio molecular)**

Compresores especialmente diseñados o preparados para mezclas de  $UF_6$  con un gas portador, concebidos para un funcionamiento prolongado en un medio de  $UF_6$ . Los componentes de estos compresores que entran en contacto con el gas de proceso están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el  $UF_6$ .

**5.7.8. Obturadores para ejes de rotación (métodos basados en uranio molecular)**

Obturadores para ejes de rotación especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y salida, para asegurar la estanqueidad del eje que conecta el rotor del compresor con el motor de propulsión a fin de obtener un sellado fiable y evitar las fugas del gas de proceso o la penetración de aire o de gas de sellado en la cámara interior del compresor, que está llena de una mezcla de  $UF_6$  con un gas portador.

**5.7.9. Sistemas de fluoración (métodos basados en uranio molecular)**

Sistemas especialmente diseñados o preparados para fluorar el  $UF_5$  (sólido) y obtener  $UF_6$  (gaseoso).

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas están diseñados para fluorar el polvo de  $UF_5$  recolectado y convertirlo en  $UF_6$ , que luego se transfiere a los contenedores de producto o se reintroduce en el proceso para un enriquecimiento adicional. En uno de los métodos, la fluoración puede realizarse dentro del sistema de separación isotópica, y la reacción y la recuperación tienen lugar directamente a nivel de los colectores del “producto”. En otro método, el polvo de  $UF_5$  puede retirarse de los colectores del “producto” y transferirse a una vasija de reacción adecuada (por ejemplo, un reactor de lecho fluidizado, un reactor helicoidal o una torre de llama) para la fluoración. En ambos métodos se utiliza equipo de almacenamiento y transferencia del flúor (u otros agentes de fluoración adecuados) y de recolección y transferencia del  $UF_6$ .

**5.7.10. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para el UF<sub>6</sub> (métodos basados en uranio molecular)**

Espectrómetros de masas especialmente diseñados o preparados para tomar muestras “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso y que posean todas las características siguientes:

1. Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;
2. Fuentes de iones fabricadas o protegidas con níquel, aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel de un 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo;
3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;
4. Un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.

**5.7.11. Sistemas de alimentación y sistemas de extracción del producto y las colas (métodos basados en uranio molecular)**

Sistemas o equipo de proceso especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:

- a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> en el proceso de enriquecimiento;
- b) Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento, para su transferencia ulterior después del calentamiento;
- c) Estaciones de solidificación o licuefacción utilizadas para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento mediante su compresión y conversión al estado líquido o sólido;
- d) Estaciones de “producto” o “colas” utilizadas para transferir el UF<sub>6</sub> a contenedores.

**5.7.12. Sistemas de separación del UF<sub>6</sub> y el gas portador (métodos basados en uranio molecular)**

Sistemas especialmente diseñados o preparados para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador.

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas pueden comprender el equipo siguiente:

- a) Intercambiadores de calor criogénicos o crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de 153 K (-120 °C) o menos;
- b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de 153 K (-120 °C) o menos; o
- c) Trampas frías para el UF<sub>6</sub> capaces de separar este compuesto por congelación.

El gas portador puede ser nitrógeno, argón u otro gas.

### **5.7.13. Sistemas láseres**

Láseres o sistemas lásericos especialmente diseñados o preparados para la separación de los isótopos del uranio.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los láseres y los componentes lásericos de importancia en los procesos de enriquecimiento por láser son los que se indican en el documento INFCIRC/254/Part 2 (en su forma enmendada). El sistema láserico contiene normalmente componentes ópticos y electrónicos para el manejo del haz (o los haces) de láser y la transmisión a la cámara de separación de isótopos. El sistema láserico para los métodos basados en el vapor atómico suele consistir en láseres de colorantes sintonizables bombeados por otro tipo de láser (por ejemplo, láseres de vapor de cobre o ciertos láseres de estado sólido). El sistema láserico para los métodos basados en uranio molecular puede consistir en láseres de CO<sub>2</sub> o láseres de excímero y una celda óptica de multipasos. En ambos métodos, los láseres o sistemas lásericos requieren la estabilización de la frecuencia espectral para poder funcionar durante períodos prolongados.

### **5.8. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por separación en plasma**

#### NOTA INTRODUCTORIA

En el proceso de separación en plasma, un plasma de iones de uranio atraviesa un campo eléctrico sintonizado con la frecuencia de resonancia de los iones de <sup>235</sup>U, lo que hace que estos absorban la energía de manera preferente y aumenten el diámetro de sus órbitas helicoidales. Los iones con trayectorias de gran diámetro son atrapados, obteniéndose así un producto enriquecido en <sup>235</sup>U. El plasma, creado por ionización de vapor de uranio, está contenido en una cámara de vacío con un campo magnético de elevada intensidad producido por un imán superconductor. Los principales sistemas tecnológicos del proceso comprenden el sistema de generación del plasma de uranio, el módulo separador con el imán superconductor (véase el documento INFCIRC/254/Part 2 (en su forma enmendada)), y los sistemas de extracción del metal para recoger el “producto” y las “colas”.

#### **5.8.1. Fuentes de energía y antenas de microondas**

Fuentes de energía y antenas de microondas especialmente diseñadas o preparadas para producir o acelerar iones y que posean las siguientes características: frecuencia superior a 30 GHz y potencia media de salida superior a 50 kW para la producción de iones.

#### **5.8.2. Bobinas excitadoras de iones**

Bobinas excitadoras de iones de radiofrecuencia especialmente diseñadas o preparadas para frecuencias superiores a 100 kHz y capaces de soportar una potencia media superior a 40 kW.

#### **5.8.3. Sistemas generadores de plasma de uranio**

Sistemas especialmente diseñados o preparados para generar plasma de uranio destinado a las plantas de separación en plasma.

#### **5.8.4. [Se dejó de utilizar el 14 de junio de 2013]**

### **5.8.5. Conjuntos colectores del “producto” y las “colas” de uranio metálico**

Conjuntos colectores del “producto” y las “colas” especialmente diseñados o preparados para el uranio metálico en estado sólido. Estos conjuntos colectores están fabricados o protegidos con materiales resistentes al calor y a la corrosión por el vapor de uranio metálico, como el tántalo o el grafito revestido con óxido de itrio.

### **5.8.6. Cajas de módulos separadores**

Recipientes cilíndricos especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en plantas de enriquecimiento por separación en plasma y destinados a alojar una fuente de plasma de uranio, una bobina excitadora de radiofrecuencia y los colectores del “producto” y las “colas”.

#### NOTA EXPLICATIVA

Estas cámaras poseen numerosos puntos de acceso para la alimentación directa de electricidad, las conexiones de las bombas de difusión, y el diagnóstico y la vigilancia de la instrumentación. Están dotadas de medios de apertura y cierre para poder reparar los componentes internos, y fabricadas con un material no magnético adecuado, como el acero inoxidable.

### **5.9. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento electromagnético**

#### NOTA INTRODUCTORIA

En el proceso electromagnético, los iones de uranio metálico producidos por ionización de una sal (normalmente  $UCl_4$ ) se aceleran y se introducen en un campo electromagnético, en que los iones de los diferentes isótopos siguen trayectorias distintas. Los principales componentes de un separador electromagnético de isótopos son: un campo magnético para la desviación del haz iónico y la separación de los isótopos, una fuente de iones con su sistema de aceleración y un sistema colector para los iones separados. Los sistemas auxiliares del proceso comprenden la alimentación eléctrica del imán, la alimentación de alta tensión de la fuente de iones, el sistema de vacío y diversos sistemas de manipulación química para la recuperación del producto y la depuración/reciclado de los componentes.

#### **5.9.1. Separadores electromagnéticos de isótopos**

Separadores electromagnéticos de isótopos especialmente diseñados o preparados para la separación de los isótopos del uranio, y el equipo y los componentes correspondientes, con inclusión de:

##### a) Fuentes de iones

Fuentes de iones de uranio independientes o múltiples especialmente diseñadas o preparadas, consistentes en una fuente de vapor, un ionizador y un acelerador de haz, fabricadas con materiales adecuados, como el grafito, el acero inoxidable o el cobre, y capaces de producir una corriente de ionización total de 50 mA o más.

##### b) Colectores de iones

Placas colectoras formadas por dos o más ranuras y bolsas especialmente diseñadas o preparadas para recoger los haces de iones de uranio enriquecidos y empobrecidos, fabricadas con materiales adecuados, como el grafito o el acero inoxidable.

c) Cajas de vacío

Cajas de vacío especialmente diseñadas o preparadas para los separadores electromagnéticos del uranio, fabricadas con materiales no magnéticos adecuados, como el acero inoxidable, y capaces de funcionar a presiones de 0,1 Pa o menos.

NOTA EXPLICATIVA

Las cajas están especialmente diseñadas para contener las fuentes de iones, las placas colectoras y las camisas de agua, y cuentan con puntos de acceso para las conexiones de las bombas de difusión y con dispositivos de apertura y cierre para retirar y reinstalar estos componentes.

d) Piezas polares de los imanes

Piezas polares de los imanes especialmente diseñadas o preparadas, de diámetro superior a 2 m, utilizadas para mantener un campo magnético constante en el interior del separador electromagnético de isótopos y transferir el campo magnético entre separadores contiguos.

**5.9.2. Alimentación de alta tensión**

Alimentación de alta tensión especialmente diseñada o preparada para las fuentes de iones, dotada de todas las características siguientes: capacidad de funcionar de modo continuo, tensión de salida de 20 000 V o superior, corriente de salida de 1 A o superior y regulación de la tensión con variaciones inferiores a un 0,01 % en un período de 8 horas.

**5.9.3. Alimentación eléctrica de los imanes**

Fuentes de suministro de corriente continua de alta potencia a los imanes, especialmente diseñadas o preparadas y dotadas de todas las características siguientes: capacidad de funcionar de modo continuo con una corriente de salida de 500 A o superior, a una tensión de 100 V o más, y con una regulación de la corriente o la tensión que entrañe variaciones inferiores a un 0,01 % en un período de 8 horas.

**6. Plantas de producción o concentración de agua pesada, deuterio y compuestos de deuterio, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas**

NOTA INTRODUCTORIA

El agua pesada puede producirse por diversos procesos. Sin embargo, los dos que han demostrado ser viables desde el punto de vista comercial son el proceso de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno (proceso GS) y el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.

El proceso GS se basa en el intercambio de hidrógeno y deuterio entre el agua y el sulfuro de hidrógeno en una serie de torres que funcionan con la sección superior en frío y la sección inferior en caliente. En las torres, el agua baja mientras el sulfuro de hidrógeno gaseoso circula en sentido ascendente. Mediante una serie de bandejas perforadas se favorece la mezcla entre el gas y el agua. El deuterio pasa al agua a baja temperatura y al sulfuro de hidrógeno a alta temperatura. El gas o el agua, enriquecidos en deuterio, se extraen de las torres de la primera etapa en la confluencia de las secciones caliente y fría y el proceso se repite en las torres de las etapas siguientes. El producto de la última etapa, que es agua enriquecida hasta un 30 % en deuterio, se envía a una unidad de destilación a fin de obtener el agua pesada apta para un reactor, es decir, óxido de deuterio al 99,75 %.

El proceso de intercambio entre el amoniaco y el hidrógeno permite extraer deuterio a partir de un gas de síntesis por contacto con amoniaco líquido en presencia de un catalizador. El gas

de síntesis se envía a las torres de intercambio y a un convertidor de amoniaco. Dentro de las torres el gas circula en sentido ascendente y el amoniaco líquido lo hace en sentido inverso. El deuterio se separa del hidrógeno en el gas de síntesis y se concentra en el amoniaco. El amoniaco pasa entonces a un fraccionador de amoniaco en la parte inferior de la torre, mientras que el gas sube a un convertidor de amoniaco en la parte superior. El enriquecimiento continúa en las etapas ulteriores, y mediante la destilación final se obtiene agua pesada apta para un reactor. El gas de síntesis puede obtenerse de una fábrica de amoniaco, que a su vez puede construirse en asociación con una planta de producción de agua pesada por intercambio amoniaco-hidrógeno. El proceso de intercambio entre el amoniaco y el hidrógeno también puede utilizar agua común como fuente de deuterio.

Muchos de los equipos esenciales de las plantas de producción de agua pesada que emplean el proceso GS o el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno se utilizan también en varios sectores de las industrias química y petrolera. Esto ocurre en particular con el equipo de las pequeñas plantas que aplican el proceso GS. Sin embargo, pocos de estos equipos están disponibles en el mercado. Los procesos GS y de intercambio amoniaco-hidrógeno exigen la manipulación de grandes cantidades de fluidos inflamables, corrosivos y tóxicos a presiones elevadas. Por consiguiente, cuando se establecen las normas de diseño y funcionamiento de las plantas y el equipo que utilizan estos procesos, es necesario prestar cuidadosa atención a la selección de los materiales y sus especificaciones, para lograr una prolongada vida útil con altos niveles de seguridad y fiabilidad. La elección de la escala está en función principalmente de los aspectos económicos y de las necesidades. Así pues, la mayor parte del equipo se preparará atendiendo a las necesidades del cliente.

Por último, cabe señalar que tanto en el proceso GS como en el de intercambio amoniaco-hidrógeno es posible montar equipo no especialmente diseñado o preparado para la producción de agua pesada y obtener sistemas que sí están especialmente diseñados o preparados para ese tipo de producción. Son ejemplos de ello el sistema de producción catalítica que se utiliza en el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno y los sistemas de destilación de agua empleados en la concentración final del agua pesada a fin de obtener la calidad adecuada para un reactor en ambos procesos.

El equipo especialmente diseñado o preparado para la producción de agua pesada, ya sea por el proceso de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno o por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno, comprende lo siguiente:

### **6.1. Torres de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno**

Torres de intercambio con diámetros de 1,5 m o más, capaces de funcionar a presiones superiores o iguales a 2 MPa (300 psi), especialmente diseñadas o preparadas para la producción de agua pesada por el proceso de intercambio entre el agua y el sulfuro de hidrógeno.

### **6.2. Sopladores y compresores**

Sopladores o compresores centrífugos, de etapa única y baja presión (es decir, 0,2 MPa o 30 psi), para la circulación de sulfuro de hidrógeno gaseoso (es decir, de un gas que contenga más de un 70 % de H<sub>2</sub>S) especialmente diseñados o preparados para la producción de agua pesada por el proceso de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno. Estos sopladores o compresores tienen una capacidad de caudal superior o igual a 56 m<sup>3</sup>/segundo (120 000 SCFM) al funcionar a presiones de aspiración superiores o iguales a 1,8 MPa (260 psi), y están dotados de juntas diseñadas para operar en un medio húmedo con H<sub>2</sub>S.

### **6.3. Torres de intercambio amoniaco-hidrógeno**

Torres de intercambio amoniaco-hidrógeno de altura superior o igual a 35 m (114,3 pies) y diámetro de 1,5 m (4,9 pies) a 2,5 m (8,2 pies), capaces de operar a presiones superiores a 15 MPa (2225 psi), especialmente diseñadas o preparadas para la producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno. Estas torres también tienen al menos una abertura axial, de tipo pestaña, del mismo diámetro que la parte cilíndrica, a través de la cual pueden insertarse o extraerse los elementos internos.

### **6.4. Elementos internos de la torre y bombas de etapa**

Elementos internos de la torre y bombas de etapa especialmente diseñados o preparados para torres de producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno. Los elementos internos de la torre comprenden contactores de etapa especialmente diseñados para favorecer un contacto íntimo del gas y el líquido. Las bombas de etapa incluyen bombas sumergibles especialmente diseñadas para la circulación del amoniaco líquido en una etapa de contacto dentro de las torres.

### **6.5. Fraccionadores de amoniaco**

Fraccionadores de amoniaco con presiones de funcionamiento superiores o iguales a 3 MPa (450 psi) especialmente diseñados o preparados para la producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.

### **6.6. Analizadores de absorción infrarroja**

Analizadores de absorción infrarroja capaces de realizar análisis “en línea” de la razón hidrógeno/deuterio cuando las concentraciones de deuterio son iguales o superiores al 90 %.

### **6.7. Quemadores catalíticos**

Quemadores catalíticos para la conversión del gas de deuterio enriquecido en agua pesada especialmente diseñados o preparados para la producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.

### **6.8. Sistemas completos de enriquecimiento del agua pesada, o columnas para estos sistemas**

Sistemas completos de enriquecimiento del agua pesada, o las columnas correspondientes, especialmente diseñados o preparados para elevar la concentración de deuterio del agua pesada hasta alcanzar la calidad adecuada para un reactor.

#### **NOTA EXPLICATIVA**

Estos sistemas, que por lo general utilizan la destilación del agua para separar el agua pesada del agua ligera, están especialmente diseñados o preparados para producir agua pesada apta para un reactor (normalmente óxido de deuterio al 99,75 %) a partir de agua pesada de menor concentración.

### **6.9. Convertidores de síntesis o unidades de síntesis de amoniaco**

Convertidores de síntesis o unidades de síntesis de amoniaco especialmente diseñados o preparados para la producción de agua pesada mediante el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.

#### NOTA EXPLICATIVA

Estos convertidores o unidades toman el gas de síntesis (nitrógeno e hidrógeno) de una (o varias) columnas de intercambio amoniaco/hidrógeno de alta presión, y el amoniaco sintetizado se devuelve a dicha columna (o columnas).

- 7. Plantas de conversión de uranio y plutonio para su uso en la fabricación de elementos combustibles y en la separación de los isótopos del uranio, según se definen en las secciones 4 y 5 respectivamente, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas**

#### EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de las principales partidas comprendidas en este concepto solo tendrá lugar de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices. Todas las plantas, los sistemas y el equipo especialmente diseñado o preparado que forman parte de este concepto pueden emplearse en la elaboración, producción o utilización de material fisiónable especial.

- 7.1. Plantas de conversión del uranio y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas**

#### NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas y plantas de conversión del uranio pueden realizar una o varias transformaciones de una de las especies químicas del uranio en otra, en particular, la conversión de concentrados de mineral de uranio en  $UO_3$ , la conversión de  $UO_3$  en  $UO_2$ , la conversión de óxidos de uranio en  $UF_4$ ,  $UF_6$  o  $UCl_4$ , la conversión de  $UF_4$  en  $UF_6$ , la conversión de  $UF_6$  en  $UF_4$ , la conversión de  $UF_4$  en uranio metálico y la conversión de fluoruros de uranio en  $UO_2$ . Muchos de los equipos esenciales de las plantas de conversión del uranio se utilizan también en diversos sectores de la industria química, por ejemplo los hornos estáticos, los hornos rotatorios, los reactores de lecho fluidizado, los reactores de torres de llama, las centrifugadoras en fase líquida, las columnas de destilación y las columnas de extracción líquido-líquido. Sin embargo, pocos de estos equipos están disponibles en el mercado; la mayoría se prepara según las necesidades y especificaciones del cliente. En algunos casos se requieren consideraciones de diseño y construcción especiales para tener en cuenta las propiedades corrosivas de algunos de los productos químicos manipulados ( $HF$ ,  $F_2$ ,  $ClF_3$  y fluoruros de uranio), así como los problemas de criticidad nuclear. Por último, cabe señalar que en todos los procesos de conversión del uranio es posible montar equipos no diseñados o preparados especialmente para ese fin y obtener sistemas que están especialmente diseñados o preparados para la conversión del uranio.

- 7.1.1. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión de los concentrados de mineral de uranio en  $UO_3$**

#### NOTA EXPLICATIVA

La conversión de concentrados de mineral de uranio en  $UO_3$  puede realizarse disolviendo primero el mineral en ácido nítrico y extrayendo el nitrato de uranio purificado con ayuda de un disolvente como el fosfato de tributilo. A continuación, el nitrato de uranio es convertido en  $UO_3$  ya sea por concentración y desnitrificación o por neutralización con amoniaco gaseoso para producir un diuranato de amonio, que luego se filtra, seca y calcina.

**7.1.2. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del  $UO_3$  en  $UF_6$**

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del  $UO_3$  en  $UF_6$  puede realizarse directamente por fluoración. Este proceso necesita una fuente de flúor gaseoso o de trifluoruro de cloro.

**7.1.3. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del  $UO_3$  en  $UO_2$**

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del  $UO_3$  en  $UO_2$  puede realizarse por reducción del  $UO_3$  con hidrógeno o gas de amoníaco craqueado.

**7.1.4. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del  $UO_2$  en  $UF_4$**

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del  $UO_2$  en  $UF_4$  puede realizarse haciendo reaccionar el  $UO_2$  con fluoruro de hidrógeno gaseoso a 300-500 °C.

**7.1.5. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del  $UF_4$  en  $UF_6$**

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del  $UF_4$  en  $UF_6$  se realiza por reacción exotérmica con flúor en un reactor de torre. El  $UF_6$  se condensa a partir de los efluentes gaseosos calientes haciendo pasar la corriente de efluentes por una trampa fría a -10 °C. El proceso necesita una fuente de flúor gaseoso.

**7.1.6. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del  $UF_4$  en U metálico**

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del  $UF_4$  en U metálico se realiza por reducción con magnesio (lotes grandes) o calcio (lotes pequeños). La reacción se efectúa a temperaturas superiores al punto de fusión del uranio (1130 °C).

**7.1.7. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del  $UF_6$  en  $UO_2$**

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del  $UF_6$  en  $UO_2$  puede realizarse por tres procesos diferentes. En el primero, el  $UF_6$  se reduce e hidroliza hasta obtener  $UO_2$  utilizando hidrógeno y vapor. En el segundo, el  $UF_6$  se hidroliza por disolución en agua; la adición de amoníaco hace precipitar diuranato de amonio, que se reduce a  $UO_2$  con hidrógeno a 820 °C. En el tercer proceso, se combinan en agua  $NH_3$ ,  $CO_2$  y  $UF_6$  gaseosos, obteniéndose la precipitación de carbonato de uranilo y amonio. Este carbonato se combina con vapor e hidrógeno a 500-600 °C para producir el  $UO_2$ .

La conversión del  $UF_6$  en  $UO_2$  se realiza a menudo como primera etapa de una planta de fabricación de combustible.

### **7.1.8. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UF<sub>6</sub> en UF<sub>4</sub>**

#### NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UF<sub>6</sub> en UF<sub>4</sub> se realiza por reducción con hidrógeno.

### **7.1.9. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UO<sub>2</sub> en UCl<sub>4</sub>**

#### NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UO<sub>2</sub> en UCl<sub>4</sub> se realiza por dos procesos diferentes. En el primero, el UO<sub>2</sub> se hace reaccionar con tetracloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>) a 400 °C aproximadamente. En el segundo proceso, el UO<sub>2</sub> se hace reaccionar a 700 °C aproximadamente en presencia de negro de humo (CAS 1333-86-4), monóxido de carbono y cloro para obtener UCl<sub>4</sub>.

### **7.2. Plantas de conversión del plutonio y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas**

#### NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas y plantas de conversión del plutonio realizan una o más transformaciones de una especie química del plutonio en otra, en particular la conversión de nitrato de plutonio en PuO<sub>2</sub>, la conversión de PuO<sub>2</sub> en PuF<sub>4</sub>, y la conversión de PuF<sub>4</sub> en plutonio metálico. Las plantas de conversión del plutonio suelen estar asociadas con plantas de reprocesamiento, pero también pueden estar vinculadas a instalaciones de fabricación de combustible de plutonio. Muchos de los principales equipos de las plantas de conversión del plutonio se utilizan también en varios otros sectores de la industria química, por ejemplo los hornos estáticos, los hornos rotatorios, los reactores de lecho fluidizado, los reactores de torres de llama, las centrifugadoras en fase líquida, las columnas de destilación y las columnas de extracción líquido-líquido. Pueden requerirse también celdas calientes, cajas de guantes y manipuladores a distancia. Sin embargo, pocos de estos equipos están disponibles en el mercado; la mayoría se prepara según las necesidades y especificaciones del cliente. Es esencial que en el diseño se tengan en cuenta los peligros radiológicos, de toxicidad y de criticidad del plutonio. En algunos casos hay que incluir consideraciones de diseño y construcción especiales para tener en cuenta las propiedades corrosivas de algunos de los productos químicos utilizados (p. ej., el fluoruro de hidrógeno). Por último, cabe señalar que en todos los procesos de conversión del plutonio es posible montar equipo no especialmente diseñado o preparado para ese fin y obtener sistemas que están especialmente diseñados o preparados para la conversión del plutonio.

#### **7.2.1. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del nitrato de plutonio en óxido de plutonio**

##### NOTA EXPLICATIVA

Las principales operaciones de este proceso son las siguientes: almacenamiento y ajuste del material de alimentación del proceso, precipitación y separación del sólido y el licor, calcinación, manipulación del producto, ventilación, gestión de los desechos y control del proceso. Los sistemas del proceso están especialmente adaptados para evitar los efectos de la criticidad y de las radiaciones y reducir al mínimo los peligros de toxicidad. En la mayoría de las instalaciones de reprocesamiento, este proceso implica la conversión de nitrato de plutonio en dióxido de plutonio. Otros procesos pueden entrañar la precipitación de oxalato de plutonio o peróxido de plutonio.

### **7.2.2. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la producción de plutonio metálico**

#### NOTA EXPLICATIVA

Este proceso entraña por lo general la fluoración del dióxido de plutonio, normalmente con fluoruro de hidrógeno sumamente corrosivo, para obtener fluoruro de plutonio, que luego se reduce empleando calcio metálico de gran pureza para obtener plutonio metálico y escoria de fluoruro de calcio. Las principales operaciones de este proceso son las siguientes: fluoración (por ejemplo, mediante equipo fabricado o revestido con un metal noble), reducción a metal (por ejemplo, empleando crisoles de material cerámico), recuperación de la escoria, manipulación del producto, ventilación, gestión de los desechos y control del proceso. Los sistemas del proceso están especialmente adaptados para evitar los efectos de la criticidad y de las radiaciones y reducir al mínimo los peligros de toxicidad. Otros procesos incluyen la fluoración de oxalato de plutonio o peróxido de plutonio, seguida de la reducción a metal.



## ANEXO C

### CRITERIOS PARA LOS NIVELES DE PROTECCIÓN FÍSICA

1. La finalidad de la protección física de los materiales nucleares es evitar su utilización y manipulación no autorizadas. En el párrafo 3. a) del documento de las Directrices se insta a aplicar niveles de protección física efectivos, de conformidad con las recomendaciones del OIEA sobre la materia, en particular las que se formulan en el documento INFCIRC/225.
2. En el párrafo 3. b) del documento de las Directrices se afirma que la responsabilidad de la aplicación de las medidas de protección física en el país receptor recae en el gobierno de dicho país. Sin embargo, los niveles de protección física en que habrán de basarse esas medidas deberían establecerse en un acuerdo entre el suministrador y el receptor. En ese contexto, estos requisitos deberían aplicarse a todos los Estados.
3. El documento INFCIRC/225 del Organismo Internacional de Energía Atómica, titulado “Protección física de los materiales nucleares”, y otros documentos análogos que cada cierto tiempo preparan grupos internacionales de expertos y que se actualizan cuando es necesario para incorporar los cambios ocurridos en el estado de la tecnología y de los conocimientos con respecto a la protección física de los materiales nucleares, ofrecen una orientación útil a los Estados receptores que necesitan diseñar un sistema de medidas y procedimientos de protección física.
4. La categorización de los materiales nucleares que figura en el cuadro adjunto, con las actualizaciones que se introduzcan de tanto en tanto por mutuo acuerdo entre los suministradores, constituirá la base aceptada para designar niveles específicos de protección física en relación con el tipo de materiales y el equipo y las instalaciones que contengan dichos materiales, de conformidad con el párrafo 3. a) y b) del documento de las Directrices.
5. Los niveles de protección física acordados que las autoridades nacionales competentes deberán garantizar en la utilización, el almacenamiento y el transporte de los materiales enumerados en el cuadro adjunto incluirán, como mínimo, las características de protección siguientes:

#### **CATEGORÍA III**

**Utilización y almacenamiento** dentro de una zona de acceso controlado.

**Transporte** con precauciones especiales, que incluyan arreglos previos entre el expedidor, el receptor y el transportista, y un acuerdo previo entre las entidades sometidas a la jurisdicción y reglamentación del Estado suministrador y el Estado receptor, respectivamente, en el caso del transporte internacional, en que se especifiquen la fecha, el lugar y los procedimientos para la transferencia de la responsabilidad del transporte.

#### **CATEGORÍA II**

**Utilización y almacenamiento** dentro de una zona protegida de acceso controlado, es decir, una zona sometida a constante vigilancia por guardias o por dispositivos electrónicos, circundada por una barrera física y con un número limitado de puntos de acceso debidamente controlados, o cualquier zona con un nivel de protección física equivalente.

**Transporte** con precauciones especiales, que incluyan arreglos previos entre el expedidor, el receptor y el transportista, y un acuerdo previo entre las entidades sometidas a la jurisdicción y reglamentación del Estado suministrador y el Estado receptor, respectivamente, en el caso del transporte internacional, en que se especifiquen la fecha, el lugar y los procedimientos para la transferencia de la responsabilidad del transporte.

## **CATEGORÍA I**

Los materiales comprendidos en esta categoría se protegerán contra el uso no autorizado mediante sistemas de alta fiabilidad, como se indica a continuación:

**Utilización y almacenamiento** en una zona altamente protegida, es decir, una zona protegida como la que se define en la Categoría II *supra*, en la que, además, el acceso esté limitado a personas cuya probidad haya sido comprobada y que esté vigilada por guardias que se mantengan en estrecha comunicación con equipos de intervención adecuados. Las medidas específicas que se adopten a este respecto deberían perseguir el objetivo de detectar y evitar todo asalto, acceso no autorizado o retirada no autorizada de materiales.

**Transporte** con precauciones especiales como las especificadas para el transporte de materiales de las Categorías II y III y, además, bajo vigilancia constante por personal de escolta y en condiciones que aseguren una estrecha comunicación con equipos de intervención adecuados.

6. Los suministradores deberían solicitar a los receptores que identifiquen a los organismos o autoridades en que recaiga la responsabilidad de asegurar el debido cumplimiento de los niveles de protección y de coordinar internamente las operaciones de respuesta/recuperación en caso de utilización o manipulación no autorizadas de los materiales protegidos. Los suministradores y los receptores deberían designar también puntos de contacto dentro de sus organismos nacionales para la cooperación en las cuestiones relativas al transporte fuera del país y a otros asuntos de interés mutuo.

**CUADRO: CATEGORIZACIÓN DE LOS MATERIALES NUCLEARES**

Material	Forma	Categoría		
		I	II	III
1. Plutonio*[a]	No irradiado*[b]	2 kg o más	Menos de 2 kg pero más de 500 g	500 g o menos*[c]
2. Uranio 235	No irradiado*[b]	5 kg o más	Menos de 5 kg pero más de 1 kg	1 kg o menos*[c]
	- uranio con un enriquecimiento en <sup>235</sup> U de hasta el 20 % o más			
	- uranio con un enriquecimiento en <sup>235</sup> U de hasta un 10 % o más, pero inferior al 20 %	-	10 kg o más	Menos de 10 kg*[c]
	- uranio con una proporción de <sup>235</sup> U superior a la del uranio natural, pero inferior al 10 % *[d]	-	-	10 kg o más
3. Uranio 233	No irradiado*[b]	2 kg o más	Menos de 2 kg pero más de 500 g	500 g o menos*[c]
4. Combustible irradiado			Uranio natural o empobrecido, torio o combustible poco enriquecido (con un contenido fisible inferior al 10 %)*[e],[f]	

[a] En la forma indicada en la Lista inicial.

[b] Material no irradiado en un reactor, o material irradiado en un reactor pero con un nivel de radiación igual o inferior a 100 rads/hora a 1 metro de distancia sin que medie blindaje.

[c] Las cantidades inferiores a un valor radiológicamente significativo deberían declararse exentas.

[d] El uranio natural, el uranio empobrecido y el torio y las cantidades de uranio con un enriquecimiento inferior al 10 % que no se incluyen en la Categoría III, deberían protegerse de conformidad con las prácticas de gestión prudente.

[e] Aunque este es el nivel de protección recomendado, queda al arbitrio de los Estados asignar una categoría de protección física diferente, tras haber evaluado las circunstancias de cada caso.

[f] Podrá pasarse a la categoría inmediatamente inferior cualquier otro combustible que en razón de su contenido inicial de material fisible hubiera quedado incluido en las Categorías I o II antes de la irradiación, mientras el nivel de radiación de ese combustible exceda de 100 rads/hora a 1 metro de distancia sin que medie blindaje.

**Cuadro comparativo de los cambios efectuados en las Directrices para las Transferencias Nucleares  
y sus anexos A, B y C (INFCIRC/254/Part 1)**

Versión antigua (revisión 11)	Versión nueva
<p align="center">DIRECTRICES PARA LAS TRANSFERENCIAS NUCLEARES</p> <p><b>Protección física</b></p> <p>3.</p> <p>a) Todas las instalaciones y materiales nucleares indicados en la lista inicial que deberán someterse a medidas eficaces de protección física para impedir su empleo y manipulación no autorizados. Los suministradores han fijado de mutuo acuerdo, y teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales, los grados de protección física que han de observarse según la clase de materiales, equipo e instalaciones de que se trate.</p> <p>[...]</p>	<p align="center">DIRECTRICES PARA LAS TRANSFERENCIAS NUCLEARES</p> <p><b>Protección física</b></p> <p>3.</p> <p>a) Todas las instalaciones y los materiales nucleares indicados en la Lista inicial deberían someterse <u>a niveles de protección física efectivos para impedir su utilización y manipulación no autorizadas, de conformidad con las recomendaciones del OIEA sobre la materia, en particular las que se formulan en el documento INFCIRC/225</u> <del>medidas eficaces de protección física para impedir su empleo y manipulación no autorizados. Los suministradores han fijado de mutuo acuerdo, y teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales, los grados de protección física que han de observarse según la clase de materiales, equipo e instalaciones de que se trate.</del></p> <p>[...]</p>
<p><b>Controles especiales sobre exportaciones de carácter delicado</b></p> <p>6.</p> <p>[...]</p> <p>c) Los suministradores realizarán esfuerzos especiales en apoyo de la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA a las instalaciones, el equipo o la tecnología de enriquecimiento o reprocesamiento y, de conformidad con los párrafos 4 y 13 de</p>	<p><b>Controles especiales de las exportaciones sensibles</b></p> <p>6.</p> <p>[...]</p> <p>c) Los suministradores realizarán esfuerzos especiales para apoyar la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA a las instalaciones, el equipo o la tecnología de enriquecimiento o reprocesamiento y, de conformidad con los párrafos 4 y <del>13</del> <u>14</u></p>

<p>las Directrices, se asegurarán de su índole pacífica. A este respecto, los suministradores, de acuerdo con este párrafo, sólo deberán autorizar transferencias cuando el destinatario haya puesto en vigor un acuerdo de salvaguardias amplias y un protocolo adicional basado en el modelo de protocolo adicional o, en espera de ello, esté aplicando los correspondientes acuerdos de salvaguardias en cooperación con el OIEA, comprendida una disposición regional de contabilidad y control de materiales nucleares aprobada por la Junta de Gobernadores del OIEA.</p> <p>d) De conformidad con el párrafo 16 b) de las Directrices, los suministradores, antes de iniciar transferencias de instalaciones, equipo o tecnología de enriquecimiento o reprocesamiento, deberán consultar con los gobiernos participantes acerca de los términos y las condiciones aplicables a la transferencia en relación con la no proliferación.</p> <p>[...]</p>	<p>de las Directrices, deberían asegurarse de su índole pacífica. A este respecto, los suministradores, de conformidad con este párrafo, deberían autorizar transferencias solo cuando el receptor haya puesto en vigor un acuerdo de salvaguardias amplias y un protocolo adicional basado en el modelo de protocolo adicional o, en espera de ello, esté aplicando los acuerdos de salvaguardias adecuados en cooperación con el OIEA, incluido un arreglo regional para la contabilidad y el control de los materiales nucleares aprobado por la Junta de Gobernadores del OIEA.</p> <p>d) De conformidad con el párrafo <del>16</del><u>17</u> b) de las Directrices, los suministradores, antes de iniciar transferencias de instalaciones, equipo o tecnología de enriquecimiento o reprocesamiento, deberían consultar con los Gobiernos participantes acerca de los términos y las condiciones aplicables a la transferencia en relación con la no proliferación.</p> <p>[...]</p>
<p><b>Disposiciones especiales para la exportación de instalaciones, equipo y tecnología de enriquecimiento</b></p> <p>7.</p> <p>[...]</p> <p>e) Los suministradores deberían esforzarse especialmente por garantizar una aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA en las instalaciones de enriquecimiento suministradas, de conformidad con los párrafos 13 y 14 de estas Directrices. Para la transferencia de una instalación de enriquecimiento, el suministrador y el Estado destinatario deberán colaborar para asegurarse de que el diseño y la construcción de la instalación</p>	<p><b>Disposiciones especiales para la exportación de instalaciones, equipo y tecnología de enriquecimiento</b></p> <p>7.</p> <p>[...]</p> <p>e) Los suministradores deberían desplegar esfuerzos especiales para asegurar la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA en las instalaciones de enriquecimiento suministradas, de conformidad con los párrafos <del>13</del> y <u>14 y 15</u> de estas Directrices. <del>Para la transferencia</del> Cuando se transfiera una instalación de enriquecimiento, el suministrador y el Estado receptor deberían colaborar para asegurarse de que el diseño y la construcción de</p>

<p>transferida se hacen de forma que faciliten las salvaguardias del OIEA. El suministrador y el Estado destinatario deberán consultar con el OIEA las características del diseño y la construcción lo antes posible durante la fase de diseño de la instalación y en cualquier momento antes de que se inicie la construcción de la instalación de enriquecimiento. El suministrador y el Estado destinatario deberán colaborar también para ayudar a este último a elaborar medidas eficaces de protección del material y las instalaciones nucleares de conformidad con los párrafos 12 y 14 de las Directrices.</p> <p>[...]</p>	<p>la instalación transferida faciliten la aplicación de las salvaguardias del OIEA. El suministrador y el Estado receptor deberían consultar con el OIEA acerca de las características del diseño y la construcción lo antes posible durante la fase de diseño de la instalación de enriquecimiento, y en todo caso antes de que se inicie la construcción. El suministrador y el Estado receptor deberían colaborar también en el establecimiento de medidas eficaces de protección del material y las instalaciones nucleares en el Estado receptor, de conformidad con los párrafos <del>12</del><u>13</u> y <del>14</del><u>15</u> de las Directrices.</p> <p>[...]</p>
<p style="text-align: center;"><b><u>ACTIVIDADES AUXILIARES</u></b></p> <p><b>Apoyo para acceder a materiales nucleares con fines pacíficos</b></p> <p>12. Los suministradores, de conformidad con los objetivos de las presentes directrices, facilitarán el acceso a materiales nucleares para la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos, y alentarán, en el marco del artículo IV del TNP, a los receptores a recurrir en la mayor medida posible al mercado comercial internacional y a otros mecanismos internacionales disponibles para obtener servicios relacionados con el combustible nuclear sin perjudicar el mercado mundial del combustible.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ACTIVIDADES DE APOYO</b></p> <p><b>Apoyo para el acceso a materiales nucleares con fines pacíficos</b></p> <p>12. Los suministradores, de conformidad con <u>el</u> <del>los</del> objetivos de las presentes Directrices, deberían facilitar el acceso a materiales nucleares para los usos pacíficos de la energía nuclear y, en el marco de lo dispuesto en el artículo IV del TNP, alentar a los receptores a recurrir en la mayor medida posible al mercado comercial internacional y a otros mecanismos internacionales disponibles para obtener servicios relacionados con el combustible nuclear sin perjudicar el mercado mundial del combustible.</p>

## Consultas

17.

[...]

c) Sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados d) a f) del presente párrafo:

- En caso de que uno o más suministradores opinen que se han vulnerado los acuerdos suministrador - receptor derivados de estas Directrices, especialmente en caso de explosión de un dispositivo nuclear, o de que un receptor ponga término ilegalmente a las salvaguardias del OIEA o las infrinja, los suministradores se consultarán inmediatamente por conducto diplomático a fin de determinar y evaluar la realidad y alcance de la infracción denunciada. Se alienta igualmente a los suministradores a consultarse cuando se revele la existencia de materiales nucleares o actividades del ciclo del combustible nuclear no declarados al OIEA o de una actividad relacionada con dispositivos explosivos nucleares.
- En espera del rápido resultado de dichas consultas, los suministradores no actuarán de modo que pueda prejuzgar cualquier medida que tal vez adopten otros suministradores con respecto a sus contactos en curso con el receptor en cuestión. Cada suministrador considerará igualmente la posibilidad de suspender las transferencias de artículos de la lista inicial mientras se encuentren en curso las consultas prevista en el apartado 16 c) del presente párrafo, en espera de un acuerdo entre los suministradores sobre la respuesta apropiada.
- Sobre la base de los resultados de dichas consultas, los suministradores, teniendo en cuenta el artículo XII del Estatuto del OIEA, deberán convenir la respuesta apropiada y las posibles medidas, entre las que pudiera incluirse la suspensión de las transferencias nucleares al receptor en cuestión.

[...]

## Consultas

17.

[...]

c) Sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados d) a f) del presente párrafo:

- En caso de que uno o varios suministradores opinen que se han vulnerado los acuerdos entre el suministrador y el receptor derivados de las presentes Directrices, especialmente en caso de explosión de un dispositivo nuclear, o de que un receptor ponga término ilegalmente a las salvaguardias del OIEA o las infrinja, los suministradores deberían consultarse inmediatamente por conductos diplomáticos a fin de determinar y evaluar la realidad y el alcance de la presunta infracción. Se alienta igualmente a los suministradores a que se consulten cuando se revele la existencia de materiales nucleares o actividades del ciclo del combustible nuclear no declarados al OIEA o de una actividad relacionada con dispositivos nucleares explosivos.
- En espera de los primeros resultados de dichas consultas, los suministradores no actuarán de un modo que pueda ir en perjuicio de cualquier medida que adopten otros suministradores con respecto a sus contactos con el receptor en cuestión. Cada suministrador debería considerar también la posibilidad de suspender las transferencias de artículos de la Lista inicial mientras estén en curso las consultas prevista en el presente apartado 16 c) ~~del presente párrafo~~, en espera de un acuerdo entre los suministradores sobre la respuesta apropiada.
- Sobre la base de los resultados de dichas consultas, los suministradores, teniendo en cuenta el artículo XII del Estatuto del OIEA, deberían convenir en la respuesta apropiada y las medidas posibles, entre las que podría figurar la suspensión de las transferencias nucleares al receptor en cuestión.

[...]

**ANEXO A**  
**LISTA INICIAL CITADA EN LAS DIRECTRICES**

**NOTAS GENERALES**

3. Los suministradores reconocen la estrecha relación que existe, con respecto a determinados procesos de separación isotópica, entre las instalaciones, el equipo y la tecnología que se utilizan en el enriquecimiento del uranio y los dedicados a la separación de isótopos estables para actividades de investigación, aplicaciones médicas y otras finalidades industriales no nucleares. A este respecto, los suministradores deberían examinar cuidadosamente sus disposiciones jurídicas, comprendidos los reglamentos de concesión de licencias de exportación y las prácticas de clasificación de la información/tecnología y de seguridad para las actividades de separación de isótopos estables, con objeto de garantizar que se apliquen debidamente las medidas de protección apropiadas. Los suministradores reconocen que, en determinados casos, las medidas de protección apropiadas para las actividades de separación de isótopos estables serán esencialmente las mismas que las aplicables al enriquecimiento del uranio. (Véase la nota introductoria de la sección 5 de la lista inicial.) De conformidad con el apartado a) del párrafo 16 de las Directrices, los suministradores consultarán con otros suministradores, según proceda, a fin de promover la aplicación de políticas y procedimientos uniformes en lo que respecta a la transferencia y protección de instalaciones, equipo y tecnología de separación de isótopos estables.

**ANEXO A**  
**LISTA INICIAL CITADA EN LAS DIRECTRICES**

**NOTAS GENERALES**

3. Los suministradores reconocen la estrecha relación que existe, en ciertos procesos de separación isotópica, entre las instalaciones, el equipo y la tecnología utilizados para el enriquecimiento del uranio y los que se emplean en la separación de isótopos estables de “otros elementos” para la investigación, el uso médico y otros fines industriales no nucleares. A este respecto, los suministradores deberían examinar cuidadosamente sus disposiciones jurídicas relativas a las actividades de separación de isótopos estables de “otros elementos”, con inclusión de los reglamentos sobre la concesión de licencias de exportación y las prácticas de seguridad y clasificación de la información y/o la tecnología, para asegurarse de que se apliquen las medidas de protección apropiadas que sean necesarias. Los suministradores reconocen que, en determinados casos, las medidas de protección apropiadas para las actividades de separación de isótopos estables de “otros elementos” serán esencialmente las mismas que las aplicables al enriquecimiento del uranio. (Véase la nota introductoria de la sección 5 de la Lista inicial). De conformidad con el ~~apartado a)~~ párrafo ~~16~~17 a) de las Directrices, los suministradores se consultarán, cuando proceda, a fin de promover la aplicación de políticas y procedimientos uniformes en la transferencia y protección de las instalaciones, el equipo y la tecnología de separación de isótopos estables de “otros elementos”. Los suministradores deberían también proceder con la debida cautela en los casos que entrañen la aplicación de equipo y tecnología derivados de procesos de enriquecimiento del uranio para otros usos no nucleares, por ejemplo en la industria química.

<p>[No existía una versión anterior.]</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>CONTROLES DE LOS PROGRAMAS INFORMÁTICOS</u></b></p> <p><u>La transferencia de “programas informáticos” directamente relacionados con cualquier artículo de la lista será objeto del mismo grado de escrutinio y control que el propio artículo, en la medida en que lo permita la legislación nacional.</u></p> <p><u>Los controles de la transferencia de “programas informáticos” no se aplicarán a la información “de dominio público” ni a la “investigación científica básica”.</u></p>
<p style="text-align: center;"><b>DEFINICIONES</b></p> <p>La “asistencia técnica” Esta podrá asumir las formas de: instrucción, adiestramiento especializado, formación, conocimientos prácticos, servicios consultivos.</p> <p style="padding-left: 40px;"><u>Nota:</u> la “asistencia técnica” podrá entrañar la transferencia de “datos técnicos”.</p> <p>“Datos técnicos” - Los “datos técnicos” podrán asumir la forma de copias heliográficas, planos, diagramas, modelos, fórmulas, diseño y especificaciones de ingeniería, manuales e instrucciones escritas o registradas en otros medios o ingenios tales como discos, cintas, memorias “ROM”.</p> <p>“De dominio público” - Por tecnología de “dominio público”, tal como se emplea en el presente texto, se entenderá la “tecnología” que se ha puesto a disposición sin restricciones respecto a su ulterior difusión. (Las restricciones dimanantes de la propiedad intelectual o industrial no excluyen a la tecnología del dominio público.)</p>	<p style="text-align: center;"><b>DEFINICIONES</b></p> <p>“Asistencia técnica” - Asistencia que puede consistir en instrucción, adiestramiento especializado, capacitación, aportación de conocimientos prácticos o servicios consultivos, entre otras cosas.</p> <p style="padding-left: 40px;"><u>Nota:</u> La “asistencia técnica” puede entrañar la transferencia de “datos técnicos”.</p> <p>“Datos técnicos” - Datos que pueden proporcionarse en distintas formas, como copias heliográficas, planos, diagramas, modelos, fórmulas, diseños y especificaciones de ingeniería, manuales e instrucciones escritas o registradas en otros medios o dispositivos tales como discos, cintas o memorias “ROM”.</p> <p>“De dominio público” - Tal como se emplea en el presente texto, expresión que indica la “tecnología” <u>o los “programas informáticos”</u> que se han puesto a disposición sin restricciones con respecto a su difusión ulterior. (Las restricciones dimanantes de los derechos de propiedad intelectual o industrial no impiden que la “tecnología” <u>o los “programas informáticos”</u> se consideren “de dominio público”).</p>

Por “desarrollo” se entenderá todas las fases previas a la “producción”, tales como:

- El proyecto
- La investigación para el proyecto
- Los análisis del diseño
- Conceptos básicos del proyecto
- El montaje y ensayo de prototipos
- Los esquemas de producción
- Los datos del proyecto
- El proceso de convertir los datos del proyecto en un producto
- La configuración del proyecto
- La integración del proyecto
- Planos y esquemas (en general)

“Investigación científica básica” - Trabajos experimentales o teóricos emprendidos principalmente para adquirir nuevos conocimientos acerca de los principios fundamentales de fenómenos o de hechos observables, que no están orientados esencialmente hacia un fin u objetivo práctico específico.

[No existía una versión anterior.]

[No existía una versión anterior.]

Por “producción” se entenderán todas las fases de producción, tales como:

“Desarrollo” - Término que se refiere a todas las fases previas a la “producción”, tales como:

- El diseño
- La investigación para el diseño
- Los análisis del diseño
- Los conceptos del diseño
- El montaje y ensayo de prototipos
- Los planes de producción piloto
- Los datos del diseño
- El proceso de conversión de los datos del diseño en un producto
- El diseño de la configuración
- El diseño de la integración
- Los planos

“Investigación científica básica” - Trabajo experimental o teórico realizado principalmente para adquirir nuevos conocimientos acerca de los principios fundamentales de fenómenos o de hechos observables y que no está orientado primordialmente a la consecución de un fin u objetivo práctico específico.

“Microprograma” - Secuencia de instrucciones elementales, almacenadas en una memoria especial, cuya ejecución se inicia por la introducción de su instrucción de referencia en un registro de instrucciones.

“Otros elementos” - Cualquier elemento distinto del hidrógeno, el uranio y el plutonio.

“Producción” - Término que comprende todas las fases de la producción, tales como:

- Construcción
- La ingeniería de producción
- La fabricación
- La integración
- El ensamblado (montaje)
- La inspección
- Los ensayos
- La garantía de calidad

[No existía una versión anterior.]

[No existía una versión anterior.]

Se entenderá por “tecnología” la información específica requerida para el “desarrollo”, la “producción” o la “utilización” de cualquiera de los artículos que figuran en la Lista, información que podrá adoptar la forma de “datos técnicos” o “asistencia técnica”.

“Utilización” - Por “utilización” se entenderá la operación, la instalación (incluida la instalación *in situ*), el mantenimiento (verificación), la reparación, la revisión general y la reconstrucción.

- La construcción
- La ingeniería de producción
- La fabricación
- La integración
- El ensamblado (montaje)
- La inspección
- Los ensayos
- La garantía de la calidad

“Programa” — Secuencia de instrucciones para llevar a cabo un proceso en una forma ejecutable por una computadora electrónica, o que puede ser convertida a esa forma.

“Programas informáticos” — Colección de uno o más “programas” o “microprogramas” fijados a cualquier medio tangible de expresión.

“Tecnología” - Información específica requerida para el “desarrollo”, la “producción” o la “utilización” de cualquiera de los artículos que figuran en la Lista. Esta información que podrá adoptar la forma de puede consistir en “datos técnicos” o “asistencia técnica”.

“Utilización” - Término que comprende el funcionamiento, la instalación (incluida la instalación *in situ*), el mantenimiento (verificación), la reparación, la revisión general yo la renovación.

<p style="text-align: center;"><b>ANEXO B</b> <b>ACLARACIÓN SOBRE LOS ELEMENTOS DE EQUIPO</b> <b>CONSIGNADOS EN LA LISTA INICIAL</b> <b>(conforme a las denominaciones que figuran en la sección 2</b> <b>de MATERIALES Y EQUIPO, del anexo A)</b></p> <p><b>1. Reactores nucleares y equipo especialmente diseñado o preparado y componentes para los mismos</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>ANEXO B</b> <b>ACLARACIONES SOBRE LAS PARTIDAS</b> <b>CONSIGNADAS EN LA LISTA INICIAL</b> <b>(conforme a las denominaciones indicadas en la sección 2 de</b> <b>MATERIALES Y EQUIPO, en el anexo A)</b></p> <p><b>1. Reactores nucleares, y equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para ellos</b></p> <p style="text-align: center;"><u>NOTA INTRODUCTORIA</u></p> <p><u>Los diversos tipos de reactores nucleares se pueden caracterizar por el moderador que emplean (por ejemplo, grafito, agua pesada, agua ligera o ninguno), el espectro de neutrones que contienen (por ejemplo, térmicos o rápidos), el tipo de refrigerante que utilizan (por ejemplo, agua, metal líquido, sales fundidas o gas), o su función o tipo (por ejemplo, reactores de potencia, reactores de investigación, reactores de ensayo). La intención es que todos estos tipos de reactor nuclear queden comprendidos en esta entrada, y en todas las subentradas que correspondan. Esta entrada no incluye los reactores de fusión.</u></p>
<p><b>1.1. Reactores nucleares completos</b></p> <p>Reactores nucleares capaces de funcionar de manera que se pueda mantener y controlar una reacción de fisión en cadena autosostenida, excluidos los reactores de energía nula; éstos últimos se definen como reactores con un índice teórico máximo de producción de plutonio no superior a 100 gramos al año.</p>	<p><b>1.1. Reactores nucleares completos</b></p> <p>Reactores nucleares capaces de funcionar de manera que se pueda mantener una reacción de fisión en cadena controlada y autosostenida, <del>excluidos los reactores de energía nula; éstos últimos se definen como reactores con un índice teórico máximo de producción de plutonio no superior a 100 gramos al año.</del></p>

#### NOTA EXPLICATIVA

Un “reactor nuclear” comprende fundamentalmente todos los dispositivos que se encuentran en el interior de la vasija del reactor o que están conectados directamente con ella, el equipo que regula el nivel de potencia en el núcleo, y los componentes que normalmente contienen el refrigerante primario del núcleo del reactor o que están directamente en contacto con dicho refrigerante o lo regulan.

No se pretende excluir a los reactores que podrían razonablemente ser susceptibles de modificación para producir cantidades considerablemente superiores a 100 gramos de plutonio al año. Los reactores diseñados para funcionar en régimen continuo a niveles considerables de potencia no se considerarán como “reactores de energía nula” cualquiera que sea su capacidad de producción de plutonio.

#### EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de partidas principales comprendidas dentro de este concepto tendrá lugar únicamente de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices. Las partidas individuales de equipo comprendidas dentro de este concepto funcionalmente definido que habrán de exportarse únicamente de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices se enumeran en los párrafos 1.2 a 1.10. El Gobierno se reserva el derecho de aplicar los procedimientos expuestos en las Directrices a otros elementos de equipo comprendidos dentro de este concepto funcionalmente definido.

#### NOTA EXPLICATIVA

Un “reactor nuclear” comprende fundamentalmente todos los elementos que se encuentran en el interior de la vasija del reactor o que están conectados directamente a ella, el equipo que regula el nivel de potencia en el núcleo, y los componentes que normalmente contienen el refrigerante primario del núcleo del reactor, están directamente en contacto con dicho refrigerante o lo regulan.

~~No se pretende excluir a los reactores que podrían razonablemente ser susceptibles de modificación para producir cantidades considerablemente superiores a 100 gramos de plutonio al año. Los reactores diseñados para funcionar en régimen continuo a niveles considerables de potencia no se considerarán como “reactores de energía nula” cualquiera que sea su capacidad de producción de plutonio.~~

#### EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de las principales partidas comprendidas en este concepto solo tendrá lugar de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices. Las distintas partidas de este concepto funcional que solo se podrán exportar de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices se enumeran en los párrafos 1.2 a 1.40~~11~~. El gobierno se reserva el derecho de aplicar los procedimientos expuestos en las Directrices a otras partidas comprendidas en este concepto funcional.

<p><b>1.2. Vasijas de reactores nucleares</b></p> <p>Vasijas metálicas, o piezas importantes fabricadas en taller para las mismas, especialmente concebidas o preparadas para contener el núcleo de un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, así como los dispositivos interiores del reactor, conforme se definen en el siguiente párrafo 1.8.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>La tapa de la vasija del reactor queda comprendida en el concepto indicado en el párrafo 1.2 como pieza importante fabricada en taller para una vasija de reactor.</p>	<p><b>1.2. Vasijas de reactores nucleares</b></p> <p>Vasijas metálicas, o las piezas importantes fabricadas para ellas en taller, especialmente diseñadas o preparadas para contener el núcleo de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, así como los elementos internos pertinentes del reactor, según se definen en el siguiente párrafo 1.8.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p><u>La entrada 1.2 abarca las vasijas de reactores nucleares independientemente de su presión de servicio, e incluye las vasijas de presión y las calandrias.</u> La tapa de la vasija del reactor queda comprendida en la entrada 1.2, por ser una pieza importante fabricada en taller para la vasija del reactor.</p>
<p><b>1.5. Tubos de presión de reactores nucleares</b></p> <p>Tubos especialmente diseñados o preparados para contener los elementos combustibles y el refrigerante primario en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, a una presión de trabajo superior a 50 atmósferas.</p>	<p><b>1.5. Tubos de presión de reactores nucleares</b></p> <p>Tubos especialmente diseñados o preparados para contener <u>tanto</u> los elementos combustibles <u>como</u> <del>y</del> el refrigerante primario en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, <del>a una presión de trabajo superior a 50 atmósferas.</del></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Los tubos de presión son elementos de los canales de combustible diseñados para funcionar a presiones elevadas, a veces superiores a 5 MPa.</u></p>

<p><b>1.6. Tubos de circonio</b></p> <p>Circonio metálico y aleaciones de circonio en forma de tubos o conjuntos de tubos, y en cantidades que excedan de 500 kg para cualquier país destinatario y en cualquier período de 12 meses, especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en un reactor nuclear conforme se define en el anterior párrafo 1.1, y en los que la razón hafnio/circonio sea inferior a 1:500 partes en peso.</p>	<p><b>1.6. <del>Tubos de circonio</del> <u>Vainas del combustible nuclear</u></b></p> <p><del>Circonio metálico y aleaciones de circonio en forma de tubos o conjuntos de tubos, y en cantidades que excedan de 500 kg para cualquier país destinatario y en cualquier período de 12 meses, especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en un reactor nuclear conforme se define en el anterior párrafo 1.1, y en los que la razón hafnio/circonio sea inferior a 1:500 partes en peso.</del></p> <p><u>Tubos (o conjuntos de tubos) de circonio metálico o aleaciones de circonio especialmente diseñados o preparados para su uso como vainas del combustible en un reactor, según se define en el anterior párrafo 1.1, en cantidades superiores a 10 kg.</u></p> <p><u>N.B.: Los tubos de presión de circonio están incluidos en la entrada 1.5. Con respecto a los tubos de calandrias, véase la entrada 1.8.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Los tubos de circonio metálico o de aleaciones de circonio destinados a ser utilizados en un reactor nuclear se componen de circonio con una razón de hafnio: circonio normalmente inferior a 1:500 partes, en peso.</u></p>
<p><b>1.7. Bombas del refrigerante primario</b></p> <p>Bombas especialmente diseñadas o preparadas para hacer circular el refrigerante primario de reactores nucleares conforme se definen en el anterior párrafo 1.1.</p>	<p><b>1.7. Bombas <u>o circuladores</u> del refrigerante primario</b></p> <p>Bombas <u>o circuladores</u> especialmente diseñados o preparados para hacer circular el refrigerante primario de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.</p>

<p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Las bombas especialmente diseñadas o preparadas pueden comprender sistemas complejos de estanqueidad sencilla o múltiple para impedir las fugas del refrigerante primario, bombas de rotor blindado y bombas con sistemas de masa inercial. Esta definición abarca las bombas conformes con la subsección NB (componentes de la Clase 1) de la sección III, División I, del Código de la American Society of Mechanical Engineers (ASME) o normas equivalentes.</p>	<p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p><del>Las bombas especialmente diseñadas o preparadas pueden comprender</del> <u>Las bombas o los circuladores especialmente diseñados o preparados comprenden bombas para reactores refrigerados por agua, circuladores para reactores refrigerados por gas, y bombas electromagnéticas y mecánicas para reactores refrigerados por metal líquido. Este equipo puede incluir bombas con</u> sistemas complejos de estanqueidad sencilla o múltiple para impedir las fugas del refrigerante primario, bombas de rotor blindado y bombas con sistemas de masa inercial. Esta definición abarca las bombas certificadas conforme a la subsección NB (componentes de la Clase 1) de la sección III, División I, del Código de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), o a normas equivalentes.</p>
<p><b>1.8. Dispositivos interiores de reactores nucleares</b></p> <p>“Dispositivos interiores de reactores nucleares” especialmente concebidos o preparados para su empleo en un reactor nuclear conforme se define en el anterior párrafo 1.1, incluidos pilares de apoyo para el núcleo, canales de combustible, blindajes térmicos, placas deflectoras, placas para el reticulado del núcleo y placas difusoras.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los “dispositivos interiores de reactores nucleares” son estructuras importantes dentro de la vasija del reactor que tienen una o varias funciones tales como servir de soporte al núcleo, mantener la alineación del combustible, dirigir el flujo</p>	<p><b>1.8. <del>Dispositivos interiores</del> <u>Elementos internos</u> de reactores nucleares</b></p> <p><del>“Dispositivos interiores”</del> <u>Elementos internos</u> de reactores nucleares” especialmente diseñados o preparados para su utilización en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, <del>incluidos pilares.</del> <u>Esto incluye, por ejemplo, las columnas de soporte del núcleo, los canales de combustible, los tubos de calandrias, los escudos térmicos, las pantallas, las placas para el reticulado del núcleo y las placas difusoras.</u></p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los “<u>elementos internos</u> de reactores nucleares” son estructuras importantes situadas dentro de la vasija del reactor que tienen una o varias funciones tales como las de servir de soporte al núcleo, mantener la alineación del combustible, dirigir el flujo</p>

<p>del refrigerante primario, proporcionar blindaje radiológico para la vasija del reactor y guiar la instrumentación intranuclear.</p>	<p>del refrigerante primario, proporcionar blindaje radiológico para la vasija del reactor y guiar la instrumentación intranuclear.</p>
<p><b>1.9. Intercambiadores de calor</b></p> <p>Intercambiadores de calor (generadores de vapor) especialmente concebidos o preparados para su empleo en el circuito primario de refrigeración de un reactor nuclear conforme se define en el anterior párrafo 1.1.</p> <p><b>NOTA EXPLICATIVA</b></p> <p>Los generadores de vapor están especialmente diseñados o preparados para transferir el calor generado en el reactor (lado primario) al agua de alimentación (lado secundario) para la generación de vapor. En el caso de un reactor reproductor rápido refrigerado por metal líquido en el que existe también un circuito de refrigeración intermedio por metal líquido, se entiende que los intercambiadores de calor para transferir el calor del lado primario al circuito de refrigeración intermedio se encuentran dentro del alcance del control, además del generador de vapor. El alcance del control de este epígrafe no comprende los intercambiadores de calor para el sistema de refrigeración de emergencia o el sistema de refrigeración del calor de desintegración.</p>	<p><b>1.9. Intercambiadores de calor</b></p> <p><del>Intercambiadores de calor (generadores de vapor) especialmente concebidos o preparados para su empleo en el circuito primario de refrigeración de un reactor nuclear conforme se define en el anterior párrafo 1.1.</del></p> <p>a) <u>Generadores de vapor especialmente diseñados o preparados para el circuito primario, o intermedio, de refrigeración de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.</u></p> <p>b) <u>Otros intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados para su utilización en el circuito primario de refrigeración de un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1.</u></p> <p><b>NOTA EXPLICATIVA</b></p> <p>Los generadores de vapor están especialmente diseñados o preparados para transferir el calor generado en el reactor (<del>lado primario</del>) al agua de alimentación (<del>lado secundario</del>) para la generación de vapor. En el caso de un reactor reproductor rápido <del>refrigerado por metal líquido</del> en el que existe también un circuito de refrigeración intermedio, <del>por metal líquido</del>, se <del>entiende que los intercambiadores de calor para transferir el calor del lado primario al circuito de refrigeración intermedio se encuentran dentro del alcance del control, además del</del> el generador de vapor. <del>El alcance del control de este epígrafe no comprende los intercambiadores de calor para</del> <u>se encuentra en el sistema de refrigeración de emergencia o el sistema de refrigeración del calor de desintegración.circuito intermedio.</u></p>

	<p><u>En un reactor refrigerado por gas, el intercambiador de calor puede utilizarse para transferir calor a un circuito secundario de refrigeración por gas que acciona una turbina de gas.</u></p> <p><u>El control aplicable con arreglo a esta entrada no incluye los intercambiadores de calor para los sistemas de apoyo del reactor, por ejemplo el sistema de refrigeración de emergencia o el sistema de eliminación del calor de desintegración.</u></p>
<p><b>1.10. Instrumentos de detección y medición de neutrones</b></p> <p>Instrumentos de detección y medición de neutrones especialmente diseñados o preparados para determinar los niveles de flujo neutrónico dentro del núcleo de un reactor conforme se define en el anterior párrafo 1.1.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>El alcance de este epígrafe comprende la instrumentación intranuclear y extranuclear que mide los niveles de flujo en un amplio intervalo, característicamente de <math>10^4</math> neutrones por <math>\text{cm}^2</math> por segundo a <math>10^{10}</math> neutrones por <math>\text{cm}^2</math> por segundo, o más. Por extranuclear se entiende la instrumentación situada fuera del núcleo de un reactor conforme se define en el anterior párrafo 1.1, pero situada en el interior del blindaje biológico.</p>	<p><b>1.10. <del>Instrumentos de detección y medición</del> <u>Detectores de neutrones</u></b></p> <p><del>Instrumentos de detección y medición</del> <u>Detectores</u> de neutrones especialmente diseñados o preparados para determinar los niveles de flujo neutrónico dentro del núcleo de un reactor, según se define en el anterior párrafo 1.1.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p><u>Esta entrada comprende los detectores intranucleares y extranucleares que miden los niveles de flujo en un intervalo amplio, típicamente de <math>10^4</math> neutrones por <math>\text{cm}^2</math> por segundo a <math>10^{10}</math> neutrones por <math>\text{cm}^2</math> por segundo, o más.</u> <del>Esta entrada comprende la instrumentación intranuclear y extranuclear que mide los niveles de flujo en un amplio intervalo, easterísticamente de <math>10^4</math> neutrones por <math>\text{cm}^2</math> por segundo a <math>10^{10}</math> neutrones por <math>\text{cm}^2</math> por segundo, o más. Por extranuclear se entiende la instrumentación situada fuera del núcleo de un reactor, según se define en el anterior párrafo 1.1, pero dentro del blindaje biológico.</del></p>

<p>[No existe una versión anterior.]</p>	<p><b><u>1.11. Escudos térmicos externos</u></b></p> <p><u>“Escudos térmicos externos” especialmente diseñados o preparados para su utilización en un reactor nuclear, según se define en el anterior párrafo 1.1, con el fin de reducir la pérdida de calor y también de proteger la vasija de contención.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Los “escudos térmicos externos” son estructuras importantes situadas en torno a la vasija del reactor que reducen la pérdida de calor del reactor y disminuyen la temperatura dentro de la vasija de contención.</u></p>
<p><b>2.2. Grafito de pureza nuclear</b></p> <p>Grafito con un nivel de pureza superior a 5 partes por millón de boro equivalente y con una densidad superior a <math>1,50 \text{ g/cm}^3</math>, para su utilización en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, en cantidades que excedan de 30 toneladas métricas para un mismo país receptor dentro de un mismo período de 12 meses.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Al efecto de controlar las exportaciones, el Gobierno determinará si las exportaciones de grafito que cumplan las especificaciones anteriores son o no para ser utilizadas en un reactor nuclear.</p> <p>El boro equivalente (BE) puede determinarse experimentalmente o se calcula como la suma de <math>BE_z</math> para impurezas (excluido el <math>BE_{\text{carbono}}</math> dado que el carbono no se considera una impureza) incluido el boro, donde:</p>	<p><b>2.2. Grafito de pureza nuclear</b></p> <p>Grafito con un nivel de pureza superior a 5 partes por millón de equivalente en boro y con una densidad superior a <math>1,50 \text{ g/cm}^3</math> que se vaya a utilizar en un reactor nuclear,– según se define en el anterior párrafo 1.1, en cantidades que excedan de <del>30 toneladas métricas para un mismo país receptor dentro de un mismo período de 12 meses.</del> <u>1 kilogramo.</u></p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>A los efectos del control de las exportaciones, el gobierno determinará si las exportaciones de grafito que cumplan las especificaciones anteriores están o no destinadas a ser utilizadas en un reactor nuclear.</p> <p>El equivalente en boro (EB) puede determinarse experimentalmente, o calcularse como la suma de los valores de <math>EB_z</math> de las impurezas (excluido el <math>EB_{\text{carbono}}</math>, dado que el carbono no se considera una impureza), incluido el boro, donde:</p>

<p><math>BE_Z</math> (ppm) = CF x concentración del elemento Z (en ppm);  CF es el factor de conversión: <math>(\sigma_z \times A_B)</math> dividido por <math>(\sigma_B \times A_z)</math>;  <math>\sigma_B</math> y <math>\sigma_z</math> son las secciones eficaces de captura de neutrones térmicos (en barnios) para el boro natural y el elemento Z, respectivamente; y <math>A_B</math> y <math>A_z</math> son las masas atómicas del boro natural y del elemento Z, respectivamente.</p>	<p><math>EB_z</math> (ppm) = FC x concentración del elemento z (en ppm);  FC es el factor de conversión: <math>(\sigma_z \times A_B)</math> dividido por <math>(\sigma_B \times A_z)</math>;  <math>\sigma_B</math> y <math>\sigma_z</math> son las secciones eficaces de captura de neutrones térmicos (en barnios) del boro natural y el elemento z, respectivamente; y <math>A_B</math> y <math>A_z</math> son las masas atómicas del boro natural y del elemento z, respectivamente.</p>
<p><b>3.1. Troceadores de elementos combustibles irradiados</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Este equipo rompe la vaina del elemento combustible y expone así a la acción lixiviadora el material nuclear irradiado. Para esta operación suelen emplearse cizallas metálicas de diseño especial, aunque puede utilizarse equipo avanzado, como los láser, por ejemplo.</p> <p>Equipo teleaccionado especialmente diseñado o preparado para ser utilizado en una planta de reprocesamiento conforme se la describe anteriormente y destinado al troceo, corte o cizallamiento de conjuntos, haces o barras de combustible irradiado.</p>	<p><b>3.1. Troceadores de elementos combustibles irradiados</b></p> <p><u>Equipo accionado a distancia especialmente diseñado o preparado para ser utilizado en una planta de reprocesamiento, según se describe más arriba, y destinado al troceo, corte o cizallamiento de conjuntos, haces o barras de combustible irradiado.</u></p> <p><u>NOTA INTRODUCTORIA EXPLICATIVA</u></p> <p>Este equipo rompe la vaina del elemento combustible y expone así a la disolución el material nuclear irradiado. Para esta operación suelen emplearse cizallas especialmente diseñadas con este fin, aunque puede utilizarse también equipo avanzado, como el láser.</p> <p><del>Equipo teleaccionado especialmente diseñado o preparado para ser utilizado en una planta de reprocesamiento conforme se la describe anteriormente y destinado al troceo, corte o cizallamiento de conjuntos, haces o barras de combustible irradiado.</del></p>

<p><b>3.2. Recipientes de lixiviación</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Estos recipientes suelen recibir el combustible gastado troceado. En estos recipientes, a prueba de criticidad, el material nuclear irradiado se lixivia con ácido nítrico, y los fragmentos de vainas remanentes se eliminan del circuito del proceso.</p> <p>Tanques a prueba del riesgo de criticidad (por ejemplo: tanques de pequeño diámetro, anulares o de placas) especialmente concebidos o preparados para su utilización en una planta de reprocesamiento conforme se la describe anteriormente, destinados a la operación de disolución de combustible nuclear irradiado, capaces de resistir la presencia de un líquido a alta temperatura y muy corrosivo, y que pueden ser teleaccionados para su carga y mantenimiento.</p>	<p><b>3.2. Recipientes de lixiviación</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p><del>Estos recipientes suelen recibir el combustible gastado troceado. En estos recipientes, a prueba de criticidad, el material nuclear irradiado se lixivia con ácido nítrico, y los fragmentos de vainas remanentes se eliminan del circuito del proceso.</del></p> <p>Tanques a prueba del riesgo de criticidad (por ejemplo, tanques de pequeño diámetro, anulares o de placas) especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en una planta de reprocesamiento como la descrita anteriormente en la disolución del combustible nuclear irradiado, capaces de resistir la presencia de un líquido caliente y muy corrosivo y que pueden ser accionados a distancia para su carga y mantenimiento.</p> <p><u>NOTA INTRODUCTORIAEXPLICATIVA</u></p> <p><u>Los recipientes de lixiviación reciben normalmente el combustible gastado troceado. En estos recipientes a prueba de criticidad, el material nuclear irradiado se disuelve en ácido nítrico, y los fragmentos de vainas remanentes se eliminan de la corriente de proceso.</u></p>
<p><b>3.3. Extractores mediante disolvente y equipo para la extracción con disolventes</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Estos extractores reciben la solución de combustible irradiado proveniente de los recipientes de lixiviación y también la solución orgánica que separa el uranio, el plutonio y los</p>	<p><b>3.3. Extractores con disolventes y equipo de extracción con disolventes</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p><del>Estos extractores reciben la solución de combustible irradiado proveniente de los recipientes de lixiviación y también la solución orgánica que separa el uranio, el plutonio y los</del></p>

productos de fisión. El equipo para la extracción con disolventes suele diseñarse para cumplir parámetros de operación rigurosos, como la vida operacional prolongada sin necesidad de mantenimiento, o bien gran sustituibilidad, sencillez de funcionamiento y de control, y flexibilidad frente a las variaciones de las condiciones del proceso.

Extractores por disolvente especialmente diseñados o preparados, como por ejemplo, columnas pulsantes o de relleno, mezcladores - sedimentadores, o contactadores centrífugos, para ser empleados en una planta de reprocesamiento de combustible irradiado. Los extractores por disolvente deben ser resistentes a los efectos corrosivos del ácido nítrico. Los extractores por disolvente suelen construirse con arreglo a normas sumamente estrictas (incluso soldaduras especiales y técnicas especiales de inspección, control de calidad y garantía de calidad) con aceros inoxidables al carbono, titanio, circonio u otros materiales de alta calidad.

~~productos de fisión. El equipo para la extracción con disolventes suele diseñarse para cumplir parámetros de operación rigurosos, como la vida operacional prolongada sin necesidad de mantenimiento, o bien gran sustituibilidad, sencillez de funcionamiento y de control, y flexibilidad frente a las variaciones de las condiciones del proceso.~~

Extractores con disolventes especialmente diseñados o preparados, por ejemplo columnas pulsantes o de relleno, mezcladores-sedimentadores o contactores centrífugos, destinados a ser utilizados en una planta de reprocesamiento de combustible irradiado. Los extractores con disolventes deben ser resistentes al efecto corrosivo del ácido nítrico. Estos extractores suelen fabricarse aplicando normas sumamente estrictas (que incluyen soldaduras especiales y técnicas especiales de inspección, control de calidad y garantía de calidad) con aceros inoxidables de bajo contenido de carbono, titanio, circonio u otros materiales de alta calidad.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los extractores con disolventes reciben la solución de combustible irradiado proveniente de los recipientes de lixiviación y también la solución orgánica que separa el uranio, el plutonio y los productos de fisión. El equipo de extracción con disolventes suele diseñarse de modo que cumpla parámetros de operación rigurosos, como una vida operacional prolongada sin necesidad de mantenimiento, o la adaptabilidad para una sustitución fácil, la sencillez del funcionamiento y el control, y la flexibilidad ante las variaciones en las condiciones del proceso.

### 3.4. Recipientes de retención o almacenamiento químico

#### NOTA INTRODUCTORIA

De la etapa de extracción mediante disolvente se derivan tres circuitos principales de licor de proceso. Para el tratamiento ulterior de estos tres circuitos se emplean recipientes de retención o almacenamiento, de la manera siguiente:

- a) La solución de nitrato de uranio puro se concentra por evaporación y se hace pasar a un proceso de desnitrificación en el que se convierte en óxido de uranio. Este óxido se reutiliza en el ciclo del combustible nuclear.
- b) La solución de productos de fisión intensamente radiactivos suele concentrarse por evaporación y almacenarse como concentrado líquido. Este concentrado puede luego ser evaporado y convertido en una forma adecuada para el almacenamiento o la disposición final.
- c) La solución de nitrato de plutonio puro se concentra y se almacena en espera de su transferencia a etapas ulteriores del proceso. En particular, los recipientes de retención o almacenamiento destinados a las soluciones de plutonio están concebidos para evitar problemas de criticidad resultantes de cambios en la concentración y en la forma de este circuito.

Recipientes de retención o de almacenamiento especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en plantas de procesamiento de combustible irradiado. Los recipientes de retención o almacenamiento deben ser resistentes al efecto corrosivo del ácido nítrico. Suelen construirse con materiales

### 3.4. Recipientes de retención o almacenamiento químico

#### NOTA INTRODUCTORIA

~~De la etapa de extracción mediante disolvente se derivan tres circuitos principales de licor de proceso. Para el tratamiento ulterior de estos tres circuitos se emplean recipientes de retención o almacenamiento, de la manera siguiente:~~

- ~~a) La solución de nitrato de uranio puro se concentra por evaporación y se hace pasar a un proceso de desnitrificación en el que se convierte en óxido de uranio. Este óxido se reutiliza en el ciclo del combustible nuclear.~~
- ~~b) La solución de productos de fisión intensamente radiactivos suele concentrarse por evaporación y almacenarse como concentrado líquido. Este concentrado puede luego ser evaporado y convertido en una forma adecuada para el almacenamiento o la disposición final.~~
- ~~e) La solución de nitrato de plutonio puro se concentra y se almacena en espera de su transferencia a etapas ulteriores del proceso. En particular, los recipientes de retención o almacenamiento destinados a las soluciones de plutonio están concebidos para evitar problemas de criticidad resultantes de cambios en la concentración y en la forma de este circuito.~~

Recipientes de retención o de almacenamiento especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de procesamiento de combustible irradiado. Los recipientes de retención o almacenamiento deben ser resistentes al efecto corrosivo del ácido nítrico. Suelen fabricarse con materiales

tales como aceros inoxidables de bajo contenido de carbono, titanio, circonio, u otros materiales de alta calidad. Los recipientes de retención o almacenamiento pueden diseñarse para la manipulación y el mantenimiento por control remoto, y pueden tener las siguientes características para el control de la criticidad nuclear:

- 1) paredes o estructuras internas con un equivalente de boro de por lo menos el 2 %, o bien
- 2) (un diámetro máximo de 175 mm (7 pulgadas) en el caso de recipientes cilíndricos, o bien
- 3) un ancho máximo de 75 mm (3 pulgadas) en el caso de recipientes anulares o planos.

tales como aceros inoxidables de bajo contenido de carbono, titanio, circonio u otros materiales de alta calidad. Los recipientes de retención o almacenamiento pueden diseñarse para la manipulación y el mantenimiento por control remoto, y pueden tener las siguientes características para el control de la criticidad nuclear:

- 1) paredes o estructuras internas con un equivalente en boro de por lo menos el 2 %, o bien
- 2) un diámetro máximo de 175 mm (7 pulgadas) en el caso de los recipientes cilíndricos, o bien
- 3) un ancho máximo de 75 mm (3 pulgadas) en el caso de los recipientes anulares o de placas.

#### NOTA EXPLICATIVA

De la fase de extracción con disolventes se derivan tres corrientes principales de licores de proceso. Para el tratamiento ulterior de estas tres corrientes se emplean recipientes de retención o almacenamiento, de la manera siguiente:

- a) La solución de nitrato de uranio puro se concentra por evaporación y se hace pasar a un proceso de desnitrificación en el que se convierte en óxido de uranio. Este óxido se reutiliza en el ciclo del combustible nuclear.
- b) La solución de productos de fisión intensamente radiactivos suele concentrarse por evaporación y almacenarse como concentrado líquido. Este concentrado puede luego dejarse evaporar y convertirse en una forma adecuada para el almacenamiento o la disposición final.

	<p>c) <u>La solución de nitrato de plutonio puro se concentra y se almacena en espera de su transferencia a fases posteriores del proceso. En particular, los recipientes de retención o almacenamiento destinados a las soluciones de plutonio están diseñados para evitar problemas de criticidad resultantes de cambios en la concentración y la forma de esta corriente.</u></p>
<p>[No existe una versión anterior.]</p>	<p><b><u>3.5. Sistemas de medición de neutrones para el control de procesos</u></b></p> <p><u>Sistemas de medición de neutrones especialmente diseñados o preparados para su integración y utilización con sistemas automáticos de control de procesos en una planta de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Estos sistemas permiten la medición y discriminación de neutrones en forma activa y pasiva para determinar la cantidad de material fisible y su composición. El sistema completo se compone de un generador de neutrones, un detector de neutrones, amplificadores y sistemas electrónicos de procesamiento de señales.</u></p> <p><u>Esta entrada no incluye los instrumentos de detección y medición de neutrones destinados a la contabilidad de materiales nucleares y la aplicación de salvaguardias, ni ninguna otra aplicación no relacionada con la integración y utilización con sistemas automáticos de control de procesos en una planta de reprocesamiento de elementos combustibles irradiados.</u></p>

**4. Plantas para la fabricación de elementos combustibles para reactores nucleares, y equipo especialmente diseñado o preparado para dicha operación**

NOTA INTRODUCTORIA

Los elementos combustibles nucleares se fabrican de uno o más de los materiales básicos o fisionables especiales mencionados en MATERIALES Y EQUIPO del presente Anexo. Para los combustibles a base de óxidos, el tipo de combustible más corriente, existirá equipo de prensado de las pastillas, de sinterización, de molienda y de granulometría. Los combustibles de mezcla de óxidos se manipulan en cajas de guantes (o una contención equivalente) hasta que se sellan en las vainas. En todos los casos, el combustible se sella herméticamente en vainas adecuadas diseñadas para constituir la envolvente primaria de encapsulación del combustible de modo que se logre el comportamiento y la seguridad adecuados durante la explotación del reactor. También es necesario en todos los casos un control exacto de los procesos, procedimientos y equipo con sujeción a normas sumamente estrictas para tener la certeza de un comportamiento previsible y seguro del combustible.

NOTA EXPLICATIVA

Los elementos de equipo que se consideran incluidos en la frase “y equipo especialmente diseñado o preparado” para la fabricación de elementos combustibles comprenden:

- a) el equipo que normalmente está en contacto directo con la corriente de producción de materiales nucleares o que se

**4. Plantas de fabricación de elementos combustibles de reactores nucleares, y equipo especialmente diseñado o preparado para ellas**

NOTA INTRODUCTORIA

Los elementos combustibles nucleares se fabrican con uno o varios de los materiales básicos o los materiales fisionables especiales mencionados en la sección MATERIALES Y EQUIPO del anexo A. En el caso de los combustibles de óxidos, el tipo de combustible más corriente, existirá equipo de prensado de las pastillas, de sinterización, de molienda y de granulometría. Los combustibles de mezcla de óxidos se manipulan en cajas de guantes (o una contención equivalente) hasta que se sellan en las vainas. En todos los casos, el combustible se sella herméticamente en vainas adecuadas diseñadas para constituir la envolvente primaria de encapsulación del combustible de modo que se logren el comportamiento y la seguridad requeridos durante la explotación del reactor. También es necesario en todos los casos un control preciso de los procesos, procedimientos y equipos con sujeción a normas sumamente estrictas, para tener la certeza de un comportamiento previsible y seguro del combustible.

NOTA EXPLICATIVA

El equipo que se considera incluido en la frase “y equipo especialmente diseñado o preparado” para la fabricación de elementos combustibles es aquel que:

- a) está normalmente en contacto directo con la corriente de

emplea directamente para el tratamiento o control de dicha corriente, o bien;

- b) el equipo empleado para encerrar el combustible nuclear dentro de su vaina;
- c) el equipo que verifica la integridad de las vainas o del sellado;
- d) el equipo que verifica el tratamiento de acabado del combustible sellado.

Dicho equipo o sistemas de equipo pueden comprender, por ejemplo:

- 1) estaciones totalmente automáticas de inspección de pastillas especialmente concebidas o preparadas para verificar las dimensiones finales y defectos superficiales de las pastillas de combustible;
- 2) máquinas de soldadura automáticas especialmente concebidas o preparadas para soldar las tapas del extremo de las varillas (o barras) de combustible;
- 3) estaciones automáticas de ensayo e inspección especialmente concebidas o preparadas para verificar la integridad de las varillas (o barras) de combustible finalizadas.

El elemento de equipo 3 comprende normalmente: a) equipo de examen por rayos X para examinar las soldaduras de las tapas de los extremos de las varillas (o barras), b) equipo de detección de fugas de helio de varillas (o barras) a presión, y c) equipo de exploración por rayos

producción de materiales nucleares o se emplea directamente para el tratamiento o control de dicha corriente;

- b) sella el combustible nuclear dentro de su vaina;
- c) verifica la integridad de las vainas o del sellado;
- d) verifica el tratamiento de acabado del combustible sellado; o bien
- e) se emplea para ensamblar elementos combustibles para reactores.

Estos equipos o sistemas de equipo pueden comprender, por ejemplo:

- 1) estaciones de inspección de pastillas totalmente automáticas, especialmente diseñadas o preparadas para verificar las dimensiones finales y los defectos superficiales de las pastillas de combustible;
- 2) máquinas soldadoras automáticas especialmente diseñadas o preparadas para soldar las tapas de los extremos con las varillas (o barras) de combustible;
- 3) estaciones automáticas de ensayo e inspección especialmente diseñadas o preparadas para verificar la integridad de las varillas (o barras) de combustible completas.
- 4) sistemas especialmente diseñados o preparados para la fabricación de vainas de combustible nuclear.

La partida 3 suele comprender lo siguiente: a) equipo de examen por rayos X de las soldaduras de las tapas de los

<p>gamma de las varillas (o barras) para verificar la carga correcta de las pastillas de combustible en su interior.</p>	<p>extremos de las varillas (o barras), b) equipo de detección de fugas de helio de las varillas (o barras) a presión, y c) equipo de gammagrafía de las varillas (o barras) para comprobar la carga correcta de las pastillas de combustible en su interior.</p>
<p><b>5. Plantas para la separación de isótopos del uranio natural, uranio empobrecido o material fisionable especial y equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente concebido o preparado para ello</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Las instalaciones, el equipo y la tecnología que se utilizan en la separación isotópica del uranio tienen, en muchos casos, estrechas relaciones con los dedicados a la separación de isótopos estables. Por consiguiente en determinados casos, los controles previstos en la sección 5 también se aplican a las instalaciones y el equipo que se utilizan en la separación de isótopos estables. Estos controles complementan a los que se aplican a las instalaciones y el equipo especialmente diseñados o preparados para el tratamiento, el uso o la producción de material fisionable especial abarcado en la lista inicial. Estos controles complementarios de la sección 5 relativos a la utilización de los isótopos estables no se aplican al proceso de separación electromagnética de isótopos, que se aborda en la parte 2 de las Directrices.</p> <p>Los procesos a los que se aplican los controles de la sección 5, ya se trate de su utilización para la separación isotópica del uranio o bien para la separación de isótopos estables, son los siguientes: centrifugadora de gas, difusión gaseosa, proceso de separación en un plasma y procesos aerodinámicos.</p>	<p><b>5. Plantas de separación de isótopos del uranio natural, el uranio empobrecido o el material fisionable especial, y equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente diseñado o preparado para ellas</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Las instalaciones, el equipo y la tecnología que se utilizan en la separación de los isótopos del uranio guardan, en muchos casos, una estrecha relación con los que se emplean para la separación <u>isotópica</u> de <del>isótopos estables</del>. <del>Por consiguiente en</del> <u>“otros elementos”</u>. En determinados casos, los controles previstos en la sección 5 también se aplican a las plantas y el equipo utilizados para separar los isótopos <del>estables</del>. <del>Estos de</del> <u>“otros elementos”</u>. Estos controles de las plantas y el equipo que separan <u>los isótopos de “otros elementos”</u> son complementarios a los que se aplican a las plantas y el equipo especialmente diseñados o preparados para el procesamiento, la utilización o la producción de material fisionable especial, incluidos en la Lista inicial. Los controles complementarios de la sección 5 <del>relativos a la utilización de los isótopos estables</del> <u>que se refieren a “otros elementos”</u> no se aplican al proceso de separación electromagnética de isótopos, que se aborda en la parte 2 de las Directrices.</p> <p>Los procesos a los que se aplican los controles de la sección 5 tanto si el objetivo es separar los isótopos del uranio como si es separar <u>los isótopos estables</u>, <u>de “otros elementos”</u> son la centrifugación gaseosa, la difusión gaseosa, la separación en plasma y los procesos aerodinámicos.</p>

<p>En algunos procesos, la relación con la separación isotópica del uranio depende del elemento (isótopo estable) que haya de separarse. Esos procesos son los siguientes: procesos basados en rayos láser (por ejemplo, la separación isotópica por láser de moléculas y la separación isotópica por láser en vapor atómico), el intercambio químico y el intercambio iónico. Por consiguiente, los suministradores deben evaluar estos procesos caso por caso para aplicar los controles de la sección 5 relativos a la utilización de los isótopos estables.</p> <p>Los elementos de equipo que se consideran incluidos en la frase “equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente diseñado o preparado” para la separación de isótopos del uranio comprenden:</p>	<p>En algunos casos, la relación con la separación isotópica del uranio depende del elemento (<del>isótopo estable</del>) que haya de separarse. Estos casos son los procesos basados en rayos láser (por ejemplo, la separación isotópica por láser de uranio molecular y la separación isotópica por láser en vapor atómico), el intercambio químico y el intercambio iónico. Por consiguiente, los suministradores deben evaluar estos procesos caso por caso para aplicar los controles de la sección 5 <del>a la utilización de los isótopos estables</del> a los usos que entrañen “otros elementos” según corresponda.</p> <p>El equipo que se considera incluido en la frase “equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente diseñado o preparado” para la separación de isótopos del uranio comprende lo siguiente:</p>
<p><b>5.1. Centrifugadoras de gas y conjuntos y componentes especialmente diseñados o preparados para su uso en centrifugadoras de gas</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Una centrifugadora de gas consiste normalmente en un cilindro o cilindros de paredes delgadas, de un diámetro de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas), contenidos en un vacío y sometidos a un movimiento rotatorio que produce elevada velocidad periférica del orden de 300 m/s o más; el eje central del cilindro es vertical. A fin de conseguir una elevada velocidad de rotación, los materiales de construcción de los componentes rotatorios deben poseer una elevada razón resistencia/densidad, y el conjunto rotor y, por consiguiente, sus componentes individuales, deben construirse con</p>	<p><b>5.1. Centrifugadoras de gas y conjuntos y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en ellas</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Una centrifugadora de gas consiste normalmente en uno o varios cilindros de paredes delgadas, de un diámetro de 75 mm (<del>3 pulgadas</del>) a 400-650 mm (<del>16 pulgadas</del>), contenidos en un vacío y sometidos a un movimiento rotatorio que produce una velocidad periférica elevada, del orden de 300 m/s o más; el eje central del cilindro es vertical. Para conseguir una alta velocidad de rotación, los materiales de construcción de los componentes rotatorios deben poseer una alta razón de resistencia/densidad, y el conjunto rotor, y por consiguiente sus diversos componentes, deben fabricarse con tolerancias muy</p>

<p>tolerancias muy ajustadas con objeto de minimizar los desequilibrios. A diferencia de otras centrifugadoras, la de gas usada para el enriquecimiento del uranio se caracteriza por tener dentro de la cámara rotatoria una o varias pantallas rotatorias y en forma de disco y un sistema de tubo estacionario para alimentar y extraer el gas UF<sub>6</sub>, consistente en tres canales separados por lo menos, dos de los cuales se hallan conectados a paletas que se extienden desde el eje del rotor hacia la periferia de la cámara del mismo. También contenido en el medio vacío se encuentra un número de elementos importantes no rotatorios los que, aunque de diseño especial, no son difíciles de fabricar ni están fabricados con materiales muy especiales. Sin embargo, una instalación de centrifugación necesita un gran número de estos componentes, de modo que su cantidad puede constituir una importante indicación del uso a que se destinan.</p>	<p>ajustadas para reducir al mínimo el desequilibrio. A diferencia de otras centrifugadoras, la de gas utilizada para el enriquecimiento del uranio se caracteriza por tener dentro de la cámara del rotor una o varias pantallas rotatorias en forma de disco y un sistema de tubos estacionarios para la alimentación y extracción del gas UF<sub>6</sub>, consistente en por lo menos tres canales separados, de los cuales dos están conectados a paletas que se extienden desde el eje del rotor hacia la periferia de la cámara del rotor. También contenidos en el vacío se encuentran varios elementos importantes no rotatorios que, aunque de diseño especial, no son difíciles de fabricar ni están hechos de materiales muy especiales. Sin embargo, una instalación de centrifugación necesita un gran número de estos componentes, de modo que las cantidades pueden dar una indicación importante del uso final.</p>
<p><b>5.1.1. Componentes rotatorios</b></p> <p>[...]</p> <p>b) Tubos de rotores:</p> <p>Cilindros de paredes delgadas especialmente diseñados o preparados, con un espesor de 12 mm (0,5 pulgadas) o menos, un diámetro de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas), y construidos con uno o más de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.</p>	<p><b>5.1.1. Componentes rotatorios</b></p> <p>[...]</p> <p>b) Tubos rotores:</p> <p>Cilindros de paredes delgadas especialmente diseñados o preparados, con un espesor de 12 mm (<del>0,5 pulgadas</del>) o menos y un diámetro de 75 mm (<del>3 pulgadas</del>) a <u>400 650</u> mm, (<del>16 pulgadas</del>), fabricados con uno o varios de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.</p>

c) Anillos o fuelles:

Componentes especialmente diseñados o preparados para reforzar localmente el tubo rotor o unir varios tubos rotores. Los fuelles son cilindros cortos de un espesor de pared de 3 mm (0,12 pulgadas) o menos, un diámetro de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas), de forma convolutiva, contruidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección.

d) Pantallas:

Componentes en forma de disco de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas) de diámetro especialmente diseñados o preparados para ser montados dentro del tubo rotor de la centrifugadora a fin de aislar la cámara de toma de la cámara principal de separación y, en algunos casos, de facilitar la circulación del gas de UF<sub>6</sub> dentro de la cámara principal de separación del tubo rotor; están contruidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.

e) Tapas superiores/tapas inferiores:

Componentes en forma de disco de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas) de diámetro especialmente diseñados o preparados para ajustarse a los extremos del tubo rotor y contener así el UF<sub>6</sub> dentro de dicho tubo, y, en algunos casos, apoyar, retener o contener, como una parte integrada, un elemento de soporte superior (tapa superior) o sostener los

c) Anillos o fuelles:

Componentes especialmente diseñados o preparados para brindar un soporte localizado al tubo rotor o unir varios tubos rotores. Los fuelles son cilindros cortos, con paredes de un espesor de 3 mm (~~0,12 pulgadas~~) o menos y un diámetro de 75 mm (~~3 pulgadas~~) a 400-650 mm (~~16 pulgadas~~), de forma helicoidal, fabricados con uno de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.

d) Pantallas

Componentes en forma de disco de 75 mm (~~3 pulgadas~~) a 400-650 mm (~~16 pulgadas~~)—de diámetro especialmente diseñados o preparados para ser montados dentro del tubo rotor de la centrifugadora a fin de aislar la cámara de toma de la cámara principal de separación y, en algunos casos, de facilitar la circulación del gas de UF<sub>6</sub> dentro de la cámara principal de separación del tubo rotor; están fabricados con uno de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.

e) Tapas superiores/tapas inferiores:

Componentes en forma de disco, de 75 mm (~~3 pulgadas~~) a 400-650 mm (~~16 pulgadas~~)—de diámetro, especialmente diseñados o preparados para que se ajusten a los extremos del tubo rotor y contengan así el UF<sub>6</sub> dentro de dicho tubo, y, en algunos casos, para sostener, retener o contener, como parte integrada, un elemento del cojinete superior (tapa superior) o

<p>elementos rotatorios del motor y del soporte inferior (tapa inferior); están contruidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los materiales usados para los componentes rotatorios de la centrifugadora son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Acero martensítico capaz de una resistencia límite a la tracción de <math>2,05 \times 10^9 \text{ N/m}^2</math> (300 000 psi) o más;</li> <li>b) Aleaciones de aluminio capaces de una resistencia límite a la tracción de <math>0,46 \times 10^9 \text{ N/m}^2</math> (67 000 psi) o más;</li> <li>c) Materiales filamentosos apropiados para su uso en estructuras compuestas y que poseen un módulo específico de <math>3,18 \times 10^6 \text{ m}</math> o mayor, y una resistencia límite a la tracción de <math>7,62 \times 10^4 \text{ m}</math> o más (“Módulo específico” es el Módulo de Young en <math>\text{N/m}^2</math> dividido por el peso específico en <math>\text{N/m}^3</math>; “Resistencia límite a la tracción específica” es la resistencia límite a la tracción en <math>\text{N/m}^2</math> dividida por el peso específico en <math>\text{N/m}^3</math>).</li> </ul>	<p>sostener los elementos rotatorios del motor y del cojinete inferior (tapa inferior); están fabricados con uno de los materiales de elevada razón de resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta sección.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los materiales usados para los componentes rotatorios de la centrifugadora son <u>los siguientes</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Acero martensítico envejecido capaz de soportar una carga de rotura por tracción de <del><math>2,05 \times 10^9 \text{ N/m}^2</math> (300 000 psi)</del> <u><math>1,95 \text{ GPa}</math></u> o más;</li> <li>b) Aleaciones de aluminio capaces de soportar una carga de rotura por tracción de <del><math>0,46 \times 10^9 \text{ N/m}^2</math> (67 000 psi)</del> <u><math>0,46 \text{ GPa}</math></u> o más;</li> <li>c) Materiales filamentosos apropiados para su utilización en estructuras compuestas y que poseen un módulo específico de <math>3,18 \times 10^6 \text{ m}</math> o mayor, y una resistencia específica a la tracción de <math>7,62 \times 10^4 \text{ m}</math> o más (el “módulo específico” es el módulo de Young en <math>\text{N/m}^2</math> dividido por el peso específico en <math>\text{N/m}^3</math>; la “resistencia específica a la tracción” es la carga de rotura por tracción en <math>\text{N/m}^2</math> dividida por el peso específico en <math>\text{N/m}^3</math>).</li> </ul>
<p><b>5.1.2. Componentes estáticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Soportes magnéticos de suspensión: <ul style="list-style-type: none"> <li>Conjuntos de suspensión especialmente diseñados o preparados consistentes en un electroimán anular</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>5.1.2. Componentes estáticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Soportes magnéticos de suspensión: <ul style="list-style-type: none"> <li><u>1.</u> Conjuntos de soportes especialmente diseñados o preparados consistentes en un electroimán anular suspendido en una caja</li> </ul> </li> </ul>

suspendido en una caja que contiene un medio amortiguador. La caja se construye con un material resistente al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.2.). El imán se acopla con una pieza polo o con un segundo imán ajustado a la tapa superior descrita en la sección 5.1.1.e). El imán puede tener forma anular con una relación menor o igual a 1,6:1 entre el diámetro exterior y el interior. El imán puede presentar una forma con una permeabilidad inicial de 0,15 H/m (120 000 en unidades CGS) o más, o una remanencia de 98,5 % o más, o un producto de energía de más de 80 kJ/m<sup>3</sup> (10<sup>7</sup> gauss - oersteds). Además de las propiedades usuales de los materiales, es requisito esencial que la desviación de los ejes magnéticos respecto de los geométricos se limite a muy pequeñas tolerancias (menos de 0,1 mm o 0,004 pulgadas) y que la homogeneidad del material del imán sea muy elevada.

que contiene un medio amortiguador. La caja se fabrica con un material resistente al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.2). El imán se acopla con una pieza polar o con un segundo imán ajustado a la tapa superior descrita en la sección 5.1.1.e). Puede tener forma anular, con una relación entre el diámetro exterior y el interior igual o inferior a 1,6:1. El imán puede tener una permeabilidad inicial de 0,15 H/m (~~120 000 en unidades CGS~~) o más, o una remanencia del 98,5 % o más, o un producto energético de más de 80 kJ/m<sup>3</sup> (~~10<sup>7</sup> gauss - oersteds~~). Además de las propiedades usuales de los materiales, es un requisito indispensable que la desviación de los ejes magnéticos respecto de los geométricos se limite a tolerancias muy pequeñas (menos de 0,1 mm ~~o 0,004 pulgadas~~) y que la homogeneidad del material del imán sea muy elevada.

## 2. Soportes magnéticos activos especialmente diseñados o preparados para su utilización en centrifugadoras de gas.

### NOTA EXPLICATIVA

Estos soportes tienen normalmente las siguientes características:

- están diseñados para mantener centrado un rotor que gire a 600 Hz o más, y
- están conectados a un suministro fiable de energía eléctrica y/o a una fuente de suministro eléctrico no interrumpible (UPS) para poder funcionar durante más de una hora.

b) Soportes/amortiguadores:

Soportes especialmente diseñados o preparados que comprenden un conjunto pivote/copa montado en un amortiguador. El pivote es generalmente una barra de acero templado pulimentado en un extremo en forma de semiesfera y provista en el otro extremo de un medio de sujeción en la tapa inferior descrita en la sección 5.1.1 e). Este pivote también puede tener un soporte hidrodinámico. La copa es una pastilla configurada con una indentación semiesférica en una de sus superficies. Estos dos componentes se suministran a menudo independientemente del amortiguador.

c) Bombas moleculares:

Cilindros especialmente preparados o concebidos con surcos helicoidales maquinados o extruidos y paredes interiores maquinadas. Las dimensiones típicas son las siguientes: de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas) de diámetro interno; 10 mm (0,4 pulgadas) o más de espesor de pared; longitud igual o mayor que el diámetro. Los surcos tienen generalmente sección transversal rectangular y 2 mm (0,08 pulgadas) o más de profundidad.

d) Estatores de motores:

Estatores de forma anular especialmente diseñados o preparados para motores multifásicos de alta velocidad de corriente alterna por histéresis (o reluctancia) para su funcionamiento sincrónico en un vacío en la gama de frecuencias de 600 – 2 000 Hz y un intervalo de potencia

b) Soportes/amortiguadores:

Soportes especialmente diseñados o preparados que comprenden un conjunto pivote/copa montado en un amortiguador. El pivote es generalmente un eje de acero templado con un extremo en forma de semiesfera y provisto en el otro extremo de un medio de sujeción a la tapa inferior descrita en la sección 5.1.1 e). Sin embargo, el eje puede tener también un soporte hidrodinámico. La copa es una pastilla con una indentación hemisférica en una de sus superficies. Estos dos componentes se suministran a menudo por separado del amortiguador.

c) Bombas moleculares:

Cilindros especialmente diseñados o preparados con surcos helicoidales internamente maquinados o extruidos y paredes interiores maquinadas. Las dimensiones típicas son las siguientes: diámetro interno de 75 mm (~~3 pulgadas~~) a ~~400~~650 mm (~~16 pulgadas~~); paredes de 10 mm (~~0,4 pulgadas~~) o más de espesor; longitud igual o superior al diámetro. Los surcos tienen generalmente una sección transversal rectangular, y 2 mm (~~0,08 pulgadas~~) o más de profundidad.

d) Estatores de motores:

Estatores de forma anular especialmente diseñados o preparados para motores de histéresis (o reluctancia) multifásicos, de alta velocidad y de corriente alterna, para su funcionamiento sincrónico en un vacío a una frecuencia de 600 – ~~2 000~~ Hz o superior y un intervalo de una potencia

de 50 - 1 000 VA. Los estatores consisten en embobinados multifásicos sobre un núcleo de hierro de baja pérdida compuesto de finas capas de un espesor típico de 2,0 mm (0,08 pulgadas) o menos.

e) Recipientes/cajas de centrifugadoras:

Componentes especialmente diseñados o preparados para alojar un conjunto de tubos rotores de una centrifugadora de gas. La caja está formada por un cilindro rígido, tiene un espesor de la pared de hasta 30 mm (1,2 pulgadas), con los extremos maquinados con precisión para contener los soportes y con una o varias bridas para el montaje. Los extremos maquinados son paralelos entre sí y perpendiculares al eje longitudinal del cilindro con una desviación de 0,05 grados o menos. La caja puede ser también una estructura alveolar para contener varios tubos rotores. Las cajas están construidas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>.

f) Paletas:

Tubos especialmente diseñados o preparados de hasta 12 mm (0,5 pulgadas) de diámetro interno para la extracción del UF<sub>6</sub> gaseoso del tubo rotor por acción de un tubo de Pitot (es decir, con una abertura que desemboca en el flujo de gas periférico situado dentro del tubo rotor; esto se obtiene, por ejemplo, doblando el extremo de un tubo dispuesto radialmente) y capaces de conectarse al sistema central de extracción de gas. Los tubos están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>.

de ~~50~~ 1 000 VA o superior. Los estatores ~~consisten~~ pueden consistir en embobinados multifásicos sobre un núcleo de hierro laminado de baja pérdida compuesto de finas capas de un espesor típico de 2,0 mm (~~0,08~~ pulgadas) o menos.

e) Recipientes/armazones de centrifugadoras:

Componentes especialmente diseñados o preparados para alojar el conjunto de tubos rotores de una centrifugadora de gas. El armazón está formado por un cilindro rígido con paredes de un espesor de hasta 30 mm (~~1,2~~ pulgadas), ~~con~~ y los extremos maquinados con precisión para contener los soportes, y dotado de una o varias bridas para el montaje. Los extremos maquinados son paralelos entre sí y perpendiculares al eje longitudinal del cilindro con una desviación de 0,05 grados o menos. La caja puede ser también una estructura alveolar ~~para contener varios tubos rotores. Las cajas están construidas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> que~~ contenga varios conjuntos rotores.

f) Paletas:

Tubos especialmente diseñados o preparados ~~de hasta 12 mm (0,5 pulgadas) de diámetro interno~~ para la extracción del UF<sub>6</sub> gaseoso del tubo rotor por acción de un tubo de Pitot (es decir, con una abertura que desemboca en el flujo de gas circunferencial dentro del tubo rotor, lo que puede obtenerse, por ejemplo, doblando el extremo de un tubo dispuesto radialmente) y que se pueden fijar al sistema central de extracción de gas. ~~Los tubos están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>.~~

**5.2. Sistemas, equipo y componentes auxiliares especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa**

NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas, equipo y componentes auxiliares para una planta de enriquecimiento por centrifugación gaseosa son los que se necesitan en una instalación para alimentar UF<sub>6</sub> a las centrifugadoras, conectar entre sí las centrifugadoras individuales para que formen cascadas (o etapas) que conduzcan a valores progresivamente elevados de enriquecimiento y para extraer el “producto” y las “colas” del UF<sub>6</sub> de las centrifugadoras; también se incluye en esta categoría el equipo necesario para propulsar las centrifugadoras y para el control de la maquinaria.

Normalmente, el UF<sub>6</sub> se evapora a partir de su fase sólida mediante la utilización de autoclaves y se distribuye en forma gaseosa a las centrifugadoras por medio de un sistema de tuberías provisto de cabezales y configurado en cascadas. El “producto” y las “colas” pasan también por un tal sistema a trampas frías (que funcionan a unos 203 K (-70°C)), donde se condensan antes de ser transferidas a recipientes apropiados para su transporte o almacenamiento. Como una planta de enriquecimiento consiste en muchos miles de centrifugadoras conectadas en cascadas, hay también muchos kilómetros de tuberías con millares de soldaduras y una considerable repetición de configuraciones. El equipo, los componentes y los sistemas de tuberías deben construirse de modo que se obtenga un muy elevado grado de vacío y de limpieza de trabajo.

**5.2. Sistemas, equipo y componentes auxiliares especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa**

NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas, equipos y componentes auxiliares de una planta de enriquecimiento por centrifugación gaseosa son los que se necesitan en una instalación para introducir el UF<sub>6</sub> en las centrifugadoras, conectar las centrifugadoras entre sí para que formen cascadas (o etapas) que conduzcan a un enriquecimiento progresivo, y extraer de ellas el “producto” y las “colas” del UF<sub>6</sub>, junto con el equipo necesario para impulsar las centrifugadoras o controlar la planta.

Normalmente, el UF<sub>6</sub> se evapora a partir de su fase sólida en autoclaves calentados y se distribuye a las centrifugadoras en forma gaseosa por medio de un sistema de tuberías de cabecera en cascada. Las corrientes gaseosas de “producto” y “colas” del UF<sub>6</sub> fluyen, también por un sistema de tuberías de ese tipo, hacia trampas frías (que funcionan a unos 203 K (- 70 °C)), donde se condensan antes de ser transferidas a recipientes apropiados para su transporte o almacenamiento. Como una planta de enriquecimiento consiste en muchos miles de centrifugadoras conectadas en cascadas, hay también muchos kilómetros de tuberías de cabecera en cascada, con miles de soldaduras y una repetición considerable en su configuración. El equipo, los componentes y los sistemas de tuberías se fabrican en un entorno con un grado muy elevado de vacío y limpieza.

	<p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Algunos de los artículos enumerados a continuación están en contacto directo con el gas de proceso UF<sub>6</sub> o controlan directamente las centrifugadoras y el paso del gas de unas a otras y de cascada en cascada. Entre los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> figuran el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel, y los polímeros de hidrocarburos fluorados.</u></p>
<p><b>5.2.1. Sistemas de alimentación/extracción del producto y de las colas</b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para el proceso, en particular:</p> <p>Autoclaves (o estaciones) de alimentación utilizadas para pasar el UF<sub>6</sub> a las cascadas de centrifugadoras a presiones de hasta 100 kPa (15 psi) y a una tasa de 1 kg/h o más;</p> <p>Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> de las cascadas a hasta 3 kPa (0,5 psi) de presión. Los desublimadores pueden enfriarse hasta 203 K (-70°C) y calentarse hasta 343 K (70°C);</p> <p>Estaciones para el “producto” y las “colas”, utilizadas para introducir el UF<sub>6</sub> en recipientes.</p>	<p><b>5.2.1. Sistemas de alimentación y sistemas de extracción del producto y las colas</b></p> <p><u>Sistemas o equipo especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:</u></p> <p>a) <u>Autoclaves (o estaciones) hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> a las cascadas de centrifugadoras a presiones de hasta 100 kPa (15 psi) y a una tasa de 1 kg/h o más; en el proceso de enriquecimiento</u></p> <p>b) <u>Desublimadores, (o trampas frías) o bombas utilizadas utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> de las cascadas a hasta 3 kPa (0,5 psi) de presión. Los desublimadores pueden enfriarse hasta 203 K (-70°C) y calentarse hasta 343 K (70°C); del proceso de enriquecimiento, para su transferencia ulterior después del calentamiento;</u></p> <p>c) <u>Estaciones para el “producto” y las “colas”, de solidificación o licuefacción utilizadas para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento mediante su compresión y conversión al estado líquido o sólido; introducir el UF<sub>6</sub> en recipientes.</u></p>

<p>Estos componentes, equipo y tuberías están enteramente contruidos o recubiertos de materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta sección) y deben fabricarse de modo que se obtenga un grado muy elevado de vacío y de limpieza de trabajo.</p>	<p>d) <u>Estaciones de “producto” o “colas” utilizadas para transferir el UF<sub>6</sub> a contenedores.</u></p> <p><del>Estos componentes, equipo y tuberías están enteramente contruidos o recubiertos de materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta sección) y deben fabricarse de modo que se obtenga un grado muy elevado de vacío y de limpieza de trabajo.</del></p>
<p><b>5.2.2. Sistemas de tuberías con cabezales configurados en cascadas</b></p> <p>Sistemas de tuberías y cabezales especialmente diseñados o preparados para dirigir el UF<sub>6</sub> en las centrifugadoras en cascada. Esta red de tuberías es normalmente del tipo de cabezal “triple” y cada centrifugadora se halla conectada a cada uno de los cabezales. Por lo tanto, su configuración se repite considerablemente. Está enteramente construida con materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta sección) y debe fabricarse de modo que se obtenga un grado muy elevado de vacío y de limpieza de trabajo.</p>	<p><b>5.2.2. Sistemas de tuberías de cabecera</b></p> <p>Sistemas de tuberías y sistemas de cabecera especialmente diseñados o preparados para dirigir el UF<sub>6</sub> en las centrifugadoras en cascada. Esta red de tuberías es normalmente del tipo de cabecera “triple”, y cada centrifugadora está conectada a cada una de las cabeceras. Por lo tanto, hay una repetición considerable en su configuración. Está enteramente fabricada <u>o protegida</u> con materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta sección) y se construye en un entorno con un grado muy elevado de vacío y limpieza.</p>
<p><b>5.2.3 Válvulas especiales de parada y control</b></p> <p>Válvulas de fuelle selladas de parada y de control, manuales o automáticas, especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con un diámetro de 10 mm a 160 mm, para su uso en los sistemas principal y auxiliares de plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa.</p>	<p><b>5.2.3 Válvulas de cierre y control especiales</b></p> <p>a) <u>Válvulas de fuelle selladas de parada y de control, manuales o automáticas, cierre</u> especialmente diseñadas o preparadas <u>para actuar en las corrientes gaseosas de UF<sub>6</sub> de alimentación, de producto o de colas de una centrifugadora de gas.</u></p> <p>b) Válvulas <u>con sello</u> de fuelle <del>selladas</del>, <u>de cierre</u> o control, manuales o automáticas, fabricadas o protegidas con</p>

	<p>materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con un diámetro <u>interior</u> de 10 mm a 160 mm, <u>especialmente diseñadas o preparadas</u> para su utilización en los sistemas principales o auxiliares de las plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa.</p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Las válvulas especialmente diseñadas o preparadas son habitualmente válvulas selladas por fuelle, válvulas con cierre de acción rápida o válvulas de acción rápida, entre otras.</u></p>
<p><b>5.2.4. Espectrómetros de masa para UF<sub>6</sub>/fuentes de iones</b></p> <p>Espectrómetros de masa magnéticos o cuadrupolares especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar “en línea” muestras de material de alimentación, del producto o de las colas, a partir de la corriente del gas UF<sub>6</sub>, y que posean todas las características siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resolución unitaria para masa atómica mayor de 320;</li> <li>2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;</li> <li>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</li> <li>4. Se hallan provistos de un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.</li> </ol>	<p><b>5.2.4. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para el UF<sub>6</sub></b></p> <p>Espectrómetros de <del>masa magnéticos o cuadrupolares</del> <u>masas</u> especialmente diseñados o preparados, <del>capaces de para</del> <u>capaces de</u> tomar “en línea” <del>muestras de material de alimentación, del producto o de las colas, a partir de la corriente del gas UF<sub>6</sub>,</del> <u>“en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso</u> y que posean todas las características siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <del>Resolución unitaria para masa atómica mayor de</del> <u>Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;</u></li> <li>2. Fuentes de iones fabricadas o protegidas <del>revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado</del> <u>con níquel, aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel del 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo;</u></li> <li>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</li> <li>4. Un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.</li> </ol>

### 5.2.5. Cambiadores de frecuencia

Cambiadores de frecuencia (denominados también convertidores o invertidores) especialmente diseñados o preparados para alimentar los estatores de motores según se definen en la sección 5.1.2 d); o partes componentes y subconjuntos de tales cambiadores de frecuencia que posean todas las características siguientes:

1. Una potencia multifásica de 600 a 2 000 Hz;
2. Elevada estabilidad (con control de frecuencia superior a 0,1 %);
3. Baja distorsión armónica (menos de 2 %); y
4. Eficiencia superior a 80 %.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los elementos de equipo enumerados anteriormente se encuentran en contacto directo con el gas UF<sub>6</sub> del proceso o se utilizan directamente para el control de las centrifugadoras y el paso del gas de unas a otras y de cascada a cascada.

Entre los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> se incluyen el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel y las aleaciones que contengan 60 % o más de níquel.

### 5.2.5. Cambiadores de frecuencia

Cambiadores de frecuencia (denominados también convertidores o ~~invertidores~~ inversores) especialmente diseñados o preparados para alimentar los estatores de motores según se definen en la sección 5.1.2 d); o partes componentes y subconjuntos de tales cambiadores de frecuencia que posean las dos características siguientes:

1. ~~Una potencia~~ Frecuencia de salida multifásica de igual o superior a 600 a 2 000 Hz; y
2. Elevada estabilidad (con un control de frecuencia superior ~~a 0,1 %~~ mejor que un 0,2 %).
3. ~~Baja distorsión armónica (menos de 2 %); y~~
4. ~~Eficiencia superior a 80 %.~~

#### NOTA EXPLICATIVA

~~Los elementos de equipo enumerados anteriormente se encuentran en contacto directo con el gas UF<sub>6</sub> del proceso o se utilizan directamente para el control de las centrifugadoras y el paso del gas de unas a otras y de cascada a cascada.~~

~~Entre los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> se incluyen el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel y las aleaciones que contengan 60 % o más de níquel.~~

<p><b>5.3.1. Barreras de difusión gaseosa</b></p> <p>a) Filtros finos, especialmente diseñados o preparados, porosos, cuyos poros tengan un diámetro del orden de los 100 a 1 000 Å (angstroms), un espesor de 5 mm (0,2 pulgadas) o menos, y para aquellos de forma tubular, un diámetro de 25 mm (1 pulgada) o menos, fabricados con metales, polímeros o materiales cerámicos resistentes a la acción corrosiva del UF<sub>6</sub>, y</p> <p>b) compuestos sólidos o en polvo especialmente preparados para la manufactura de tales filtros. Estos compuestos y polvos incluyen el níquel o aleaciones que contengan un 60 % o más de níquel, óxido de aluminio, o polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF<sub>6</sub>, cuya pureza sea del 99,9 % o más, y con un tamaño de partículas inferior a 10 micrones y un alto grado de uniformidad en cuanto al tamaño de las partículas, especialmente preparados para la fabricación de barreras de difusión gaseosa.</p>	<p><b>5.3.1. Barreras de difusión gaseosa y <u>materiales para las barreras</u></b></p> <p>a) Filtros finos porosos especialmente diseñados o preparados, con un tamaño de poro <u>de 10 a 100 a 1 000 Å (angstroms), nm</u>, un espesor de 5 mm (0,2 <del>pulgadas</del>) o menos; y, para los de forma tubular, un diámetro de 25 mm (1 <del>pulgada</del>) o menos, fabricados con metales, polímeros o materiales cerámicos resistentes a la acción corrosiva del UF<sub>6</sub>; (<u>véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4</u>), y</p> <p>b) Compuestos o polvos especialmente preparados para la fabricación de tales filtros. Estos compuestos y polvos incluyen el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel, el óxido de aluminio, y polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF<sub>6</sub>, con una pureza del 99,9 % o más; <u>en peso</u> y con tamaños de partículas inferiores a 10 <u>micrones</u> y de alto grado de uniformidad, especialmente preparados para la fabricación de barreras de difusión gaseosa.</p>
<p><b>5.3.2. Cajas de difusores gaseosos</b></p> <p>Vasijas cilíndricas especialmente diseñadas o preparadas, herméticamente cerradas, con un diámetro superior a 300 mm (12 pulgadas) y una longitud superior a 900 mm (35 pulgadas), o vasijas rectangulares de dimensiones comparables, dotadas de una conexión de entrada y dos conexiones de salida, todas éstas con un diámetro superior a 50 mm (2 pulgadas), para contener una barrera de difusión gaseosa, hecha o recubierta con un metal resistente al UF<sub>6</sub> y diseñada para ser instalada en posición horizontal o vertical.</p>	<p><b>5.3.2. Cajas de difusores gaseosos</b></p> <p>Vasijas <del>cilíndricas</del> <u>estancas</u> especialmente diseñadas o preparadas, <del>herméticamente cerradas, con un diámetro superior a 300 mm (12 pulgadas) y una longitud superior a 900 mm (35 pulgadas), o vasijas rectangulares de dimensiones comparables, dotadas de una conexión de entrada y dos conexiones de salida, todas éstas con un diámetro superior a 50 mm (2 pulgadas),</del> para contener la barrera de difusión gaseosa, fabricadas <del>o recubierta</del> <u>protegidas</u> con materiales resistentes al UF<sub>6</sub> y <del>diseñada para ser instalada en posición horizontal o vertical.</del> (<u>véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4</u>).</p>

### 5.3.3. Compresores y sopladores de gas

Compresores axiales, centrífugos o volumétricos, o sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, con un volumen de capacidad de succión de  $1 \text{ m}^3/\text{min}$ , o más, de  $\text{UF}_6$ , y con una presión de descarga de hasta varios centenares de kPa (100 psi), diseñados para operaciones a largo plazo en contacto con  $\text{UF}_6$  gaseoso con o sin un motor eléctrico de potencia apropiada, así como unidades autónomas de compresión o soplado de gas. Estos compresores y soplantes de gas presentan una relación de presión de entre 2:1 y 6:1 y están hechos o recubiertos de materiales resistentes al  $\text{UF}_6$  gaseoso.

### 5.3.4. Obturadores para ejes de rotación

Obturadores de vacío especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y de salida para asegurar la estanqueidad de los ejes que conectan los rotores de los compresores o de los sopladores de gas con los motores de propulsión para asegurar que el sistema disponga de un sellado fiable a fin de evitar que se infiltre aire en la cámara interior del compresor o del soplador de gas que está llena de  $\text{UF}_6$ . Normalmente tales obturadores están concebidos para una tasa de infiltración de gas separador inferior a  $1000 \text{ cm}^3/\text{min}$  (60 pulgadas<sup>3</sup>/min).

### 5.3.3. Compresores y sopladores de gas

~~Compresores axiales, centrífugos o volumétricos, o sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, con una capacidad de aspiración de  $\text{UF}_6$  de  $1 \text{ m}^3/\text{min}$ , por minuto o más, de  $\text{UF}_6$ , y con una presión de descarga de hasta varios centenares de 500 kPa (100 psi), diseñados para un funcionamiento prolongado en la atmósfera de  $\text{UF}_6$  gaseoso con o sin un motor eléctrico de potencia apropiada, así como conjuntos autónomos de esos compresores y sopladores de gas. Estos compresores y sopladores de gas tienen una relación de presión de entre 2:1 y 6:1 o menos y están fabricados o recubiertos de protegidos con materiales resistentes al  $\text{UF}_6$  (véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4).~~

### 5.3.4. Obturadores para ejes de rotación

Obturadores de vacío especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y de salida, para asegurar la estanqueidad del eje que conecta el rotor del compresor o del soplador de gas con el motor de propulsión a fin de obtener un sellado fiable y evitar que se infiltre aire en la cámara interior del compresor o del soplador de gas, que está llena de  $\text{UF}_6$ . Estos obturadores están diseñados normalmente para una tasa de infiltración de gas separador inferior a  $1000 \text{ cm}^3/\text{min}$  (60 pulgadas<sup>3</sup>/min). por minuto.

<p><b>5.3.5. Intercambiadores de calor para enfriamiento del UF<sub>6</sub></b></p> <p>Intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados, fabricados o recubiertos con materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (excepto el acero inoxidable) o con cobre o cualquier combinación de esos metales, y concebidos para una tasa de cambio de presión por pérdida inferior a 10 Pa (0,0015 psi) por hora con una diferencia de presión de 100 kPa (15 psi).</p>	<p><b>5.3.5. Intercambiadores de calor para el enfriamiento del UF<sub>6</sub></b></p> <p>Intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados, fabricados o <del>recubiertos protegidos</del> con materiales resistentes al UF<sub>6</sub> (<del>excepto el acero inoxidable</del>) o <del>con cobre o cualquier combinación de esos metales,</del> <u>(véase la NOTA EXPLICATIVA de la sección 5.4)</u>, y concebidos para una tasa de cambio de presión por pérdida inferior a 10 Pa (0,0015 psi) por hora a una diferencia de presión de 100 kPa <del>(15 psi)</del>.</p>
<p><b>5.4. Sistemas auxiliares, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en procesos de enriquecimiento por difusión gaseosa</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Los sistemas auxiliares, equipo y componentes para plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa son los sistemas necesarios para introducir el UF<sub>6</sub> en los elementos de difusión gaseosa y unir entre sí cada elemento para formar cascadas (o etapas) que permitan el progresivo enriquecimiento y la extracción, de dichas cascadas, del “producto” y las “colas” de UF<sub>6</sub>. Debido al elevado carácter inercial de las cascadas de difusión, cualquier interrupción en su funcionamiento y especialmente su parada, trae consigo graves consecuencias. Por lo tanto, el mantenimiento estricto y constante del vacío en todos los sistemas tecnológicos, la protección automática contra accidentes y una muy precisa regulación automática del flujo de gas revisten la mayor importancia en una planta de difusión gaseosa. Todo ello redundará en la necesidad de equipar la planta con un gran número de sistemas especiales de medición, regulación y control.</p>	<p><b>5.4. Sistemas, equipo y componentes auxiliares especialmente diseñados o preparados para su utilización en el enriquecimiento por difusión gaseosa</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Los sistemas, equipos y componentes auxiliares para plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa son los sistemas necesarios para introducir el UF<sub>6</sub> en la unidad de difusión gaseosa, conectar las unidades entre sí para formar cascadas (o etapas) que permitan el enriquecimiento progresivo y extraer de dichas cascadas el “producto” y las “colas” de UF<sub>6</sub>. Debido al elevado carácter inercial de las cascadas de difusión, cualquier interrupción en su funcionamiento, y especialmente su parada, tiene serias consecuencias. Por lo tanto, el mantenimiento estricto y constante del vacío en todos los sistemas tecnológicos, la protección automática contra accidentes y una regulación automática precisa del flujo de gas son importantes en una planta de difusión gaseosa. Ello genera la necesidad de equipar la planta con un gran número de sistemas especiales de medición, regulación y control.</p>

Normalmente el UF<sub>6</sub> se evapora en cilindros colocados dentro de autoclaves y se distribuye en forma gaseosa al punto de entrada por medio de tuberías de alimentación en cascada. Las corrientes gaseosas de UF<sub>6</sub> “producto” y “colas”, que fluyen de los puntos de salida de las unidades, son conducidas por medio de tuberías hacia trampas frías o hacia unidades de compresión, donde el gas de UF<sub>6</sub> es licuado antes de ser introducido dentro de contenedores apropiados para su transporte o almacenamiento. Dado que una planta de enriquecimiento por difusión gaseosa se compone de un gran número de unidades de difusión gaseosa dispuestas en cascadas, éstas presentan muchos kilómetros de tubos de alimentación de cascada que a su vez presentan miles de soldaduras con un número considerable de repeticiones en su disposición. El equipo, los componentes y los sistemas de tuberías deben construirse de modo que se obtenga un muy elevado grado de vacío y de limpieza de trabajo.

Normalmente el UF<sub>6</sub> se evapora en cilindros colocados dentro de autoclaves y se distribuye en forma gaseosa al punto de entrada por medio de un sistema de tuberías de cabecera en cascada. Las corrientes gaseosas de UF<sub>6</sub> correspondientes al “producto” y las “colas” que fluyen de los puntos de salida pasan por ese sistema de tuberías ya sea hacia trampas frías o hacia estaciones de compresión, donde el UF<sub>6</sub> gaseoso es licuado antes de ser transferido a contenedores apropiados para su transporte o almacenamiento. Dado que una planta de enriquecimiento por difusión gaseosa se compone de un gran número de unidades de difusión gaseosa dispuestas en cascadas, hay muchos kilómetros de tuberías de cabecera en cascada, con miles de soldaduras y una repetición considerable en su configuración. El equipo, los componentes y los sistemas de tuberías se fabrican en entornos con un grado muy elevado de vacío y limpieza.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los artículos que se enumeran a continuación entran en contacto directo con el UF<sub>6</sub> gaseoso o controlan de manera directa el flujo dentro de la cascada. Entre los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> figuran el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel, y los polímeros de hidrocarburos fluorados.

**5.4.1. Sistemas de alimentación/extracción del producto y de las colas**

Sistemas de operaciones especialmente diseñados o preparados, capaces de funcionar a presiones de 300 kPa (45 psi) o inferiores, con inclusión de:

Autoclaves (o sistemas) de alimentación, que se emplean para introducir el UF<sub>6</sub> a la cascada de difusión gaseosa;

Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> de las cascadas de difusión;

Estaciones de licuefacción en las que el UF<sub>6</sub> gaseoso procedente de la cascada es comprimido y enfriado para obtener UF<sub>6</sub> líquido;

Estaciones de “producto” o “colas” usadas para el traspaso del UF<sub>6</sub> hacia los contenedores.

**5.4.1. Sistemas de alimentación y sistemas de extracción del producto y las colas**

~~Sistemas o equipo especialmente diseñados o preparados capaces de funcionar a presiones de 300 kPa (45 psi) o inferiores para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:~~

~~Autoclaves (o sistemas) de alimentación, que se emplean para introducir el UF<sub>6</sub> a la cascada de difusión gaseosa;~~

~~a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> en el proceso de enriquecimiento;~~

~~Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> de las cascadas de difusión;~~

~~b) Desublimadores, trampas frías o bombas utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento, para su transferencia ulterior después del calentamiento;~~

~~c) Estaciones de solidificación o licuefacción utilizadas para extraer en las que el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento mediante su compresión y conversión al estado gaseoso procedente de la cascada es comprimido y enfriado para obtener UF<sub>6</sub> líquido o sólido;~~

~~d) Estaciones de “producto” o “colas” utilizadas para transferir el UF<sub>6</sub> a contenedores.~~

<p><b>5.4.2. Sistemas de tubería de cabecera</b></p> <p>Sistemas de tubería y sistema de cabecera especialmente diseñados o preparados para transportar el UF<sub>6</sub> dentro de las cascadas de difusión gaseosa. Normalmente, dicha red de tuberías forma parte del sistema de “doble” cabecera en el que cada celda está conectada a cada una de las cabeceras.</p>	<p><b>5.4.2. Sistemas de tuberías de cabecera</b></p> <p>Sistemas de tuberías y sistemas de cabecera especialmente diseñados o preparados para <u>dirigir</u> el UF<sub>6</sub> dentro de las cascadas de difusión gaseosa. <del>Normalmente, dicha red de tuberías forma parte del sistema de “doble” cabecera en el que cada celda está conectada a cada una de las cabeceras.</del></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Esta red de tuberías es normalmente del tipo de cabecera “doble”, y cada celda está conectada a cada una de las cabeceras.</u></p>
<p><b>5.4.3. Sistemas de vacío</b></p> <p>a) Distribuidores grandes de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío, especialmente diseñados o preparados, cuya capacidad mínima de succión sea de 5 m<sup>3</sup>/min (175 pies<sup>3</sup>/min) o más.</p> <p>b) Bombas de vacío especialmente diseñadas para funcionar en medios de UF<sub>6</sub>, fabricadas o recubiertas de aluminio, níquel o aleaciones cuyo componente en níquel sea superior al 60 %. Dichas bombas pueden ser rotativas o impelentes, pueden tener desplazamiento y obturadores de fluorocarbono y pueden tener fluidos especiales activos.</p>	<p><b>5.4.3. Sistemas de vacío</b></p> <p>a) Distribuidores <del>grandes</del> de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío, especialmente diseñados o preparados, con una capacidad <del>mínima</del> de aspiración de 5 m<sup>3</sup>/<u>min por minuto</u> (<del>175 pies<sup>3</sup>/min</del>) o más.</p> <p>b) Bombas de vacío especialmente diseñadas para funcionar en atmósferas de UF<sub>6</sub>, fabricadas o <u>protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta sección)</u> <del>recubiertas de aluminio, níquel o aleaciones cuyo componente en níquel sea superior al 60 %</del>. Dichas bombas pueden ser rotativas o impelentes, estar dotadas de obturadores de fluorocarburos y de desplazamiento y tener fluidos de trabajo especiales.</p>

<p><b>5.4.4. Válvulas especiales de parada y control</b></p> <p>Válvulas especiales de fuelle de cierre y de control, manuales o automáticas, especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas con materiales resistentes al UF<sub>6</sub>, con diámetros de 40 mm a 1500 mm (1,5 a 59 pulgadas) para ser instaladas en los sistemas principal y auxiliares de plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa.</p>	<p><b>5.4.4. Válvulas de cierre y control especiales</b></p> <p><del>Válvulas especiales de fuelle de cierre y de control, manuales o automáticas, especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas con materiales resistentes al UF<sub>6</sub>, con diámetros de 40 mm a 1500 mm (1,5 a 59 pulgadas) para ser instaladas en los sistemas principal y auxiliares de plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa.</del></p> <p><u>Válvulas con sello de fuelle especialmente diseñadas o preparadas, de cierre o de control, manuales o automáticas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, para su instalación en los sistemas principales o auxiliares de las plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa.</u></p>
<p><b>5.4.5. Espectrómetros de masa para UF<sub>6</sub>/fuentes de iones</b></p> <p>Espectrómetros de masas magnéticos o cuadrípolos, especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar muestras “en línea” de material de alimentación, producto o colas, de flujos de UF<sub>6</sub> gaseoso y que presenten todas las características siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resolución unitaria para masa atómica mayor de 320;</li> <li>2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;</li> </ol>	<p><b>5.4.5. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para UF<sub>6</sub></b></p> <p><del>Espectrómetros de masas magnéticos o cuadrupolares masas especialmente diseñados o preparados, capaces de para tomar “en línea” muestras de material de alimentación, del producto o de las colas, a partir de la corriente del gas UF<sub>6</sub>, “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso y que posean todas las características siguientes:</del></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><del>1. Resolución unitaria para masa atómica mayor de 320;</del></li> <li>1. <u>Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;</u></li> <li><del>2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;</del></li> </ol>

<p>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</p> <p>4. Sistema colector apropiado de análisis isotópico.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los elementos de equipo que se enumeran anteriormente entran en contacto directo con el UF<sub>6</sub> gaseoso o controlan de manera directa el flujo dentro de la cascada. Todas las superficies que entran en contacto directo con el gas de trabajo están fabricadas totalmente o recubiertas con materiales resistentes al UF<sub>6</sub>. Por lo que toca a las secciones relativas a los elementos de equipo para difusión gaseosa, los materiales resistentes al efecto corrosivo del UF<sub>6</sub> incluyen el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, la alúmina, el níquel o las aleaciones que comprenden un 60 % o más de níquel, y los polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF<sub>6</sub>.</p>	<p>2. <u>Fuentes de iones fabricadas o protegidas con níquel, aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel del 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo;</u></p> <p>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</p> <p>4. Sistema colector apropiado de análisis isotópico.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p><del>Los elementos de equipo que se enumeran anteriormente entran en contacto directo con el UF<sub>6</sub> gaseoso o controlan de manera directa el flujo dentro de la cascada. Todas las superficies que entran en contacto directo con el gas de trabajo están fabricadas totalmente o recubiertas con materiales resistentes al UF<sub>6</sub>. Por lo que toca a las secciones relativas a los elementos de equipo para difusión gaseosa, los materiales resistentes al efecto corrosivo del UF<sub>6</sub> incluyen el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, la alúmina, el níquel o las aleaciones que comprenden un 60 % o más de níquel, y los polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF<sub>6</sub>.</del></p>
<p><b>5.5. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para ser utilizados en plantas de enriquecimiento aerodinámico</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>En los procesos de enriquecimiento aerodinámico, una mezcla de UF<sub>6</sub> gaseoso y de un gas ligero (hidrógeno o helio) después de ser comprimida se hace pasar a través de elementos de</p>	<p><b>5.5. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento aerodinámico</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>En los procesos de enriquecimiento aerodinámico, una mezcla de UF<sub>6</sub> gaseoso con un gas ligero (hidrógeno o helio) se comprime y luego se hace pasar a través de elementos</p>

separación en los que tiene lugar la separación isotópica por generación de elevadas fuerzas centrífugas en una pared curva. Se han desarrollado con éxito dos procesos de este tipo: el proceso de toberas y el de tubos vorticiales. En ambos procesos los principales componentes de la etapa de separación son, entre otros, los recipientes cilíndricos que contienen los elementos especiales de separación (toberas o tubos vorticiales), los compresores de gas y los intercambiadores de calor para eliminar el calor de compresión. Una planta aerodinámica requiere varias de estas etapas, de modo que las cantidades pueden facilitar una indicación importante acerca del uso final. Como los procesos aerodinámicos emplean UF<sub>6</sub>, todo el equipo, las tuberías y las superficies de instrumentos (que entran en contacto con el gas) deben estar contruidos con materiales que permanezcan estables en contacto con el UF<sub>6</sub>.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los artículos enumerados en esta sección entran en contacto directo con el UF<sub>6</sub> gaseoso o controlan directamente el flujo en la cascada. Todas las superficies que entran en contacto con el gas del proceso están totalmente fabricadas o protegidas con materiales resistentes al UF<sub>6</sub>. A los fines de la sección relativa a los elementos de equipo de enriquecimiento aerodinámico, los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> comprenden el cobre, el acero inoxidable, el aluminio, aleaciones de aluminio, níquel o aleaciones que contienen el 60 % o más de níquel y polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF<sub>6</sub>.

separadores en los que se produce la separación isotópica por la generación de elevadas fuerzas centrífugas en una geometría de paredes curvas. Se han desarrollado dos procesos de este tipo: el de las toberas de separación y el de los tubos vorticiales. En ambos procesos, los principales componentes de la etapa de separación son los recipientes cilíndricos que contienen los elementos especiales de separación (toberas o tubos vorticiales), los compresores de gas y los intercambiadores de calor para eliminar el calor de compresión. Una planta aerodinámica requiere varias de estas etapas, de modo que las cantidades pueden dar una indicación importante del uso final. Como los procesos aerodinámicos emplean UF<sub>6</sub>, todo el equipo, las tuberías y las superficies de los instrumentos (que entran en contacto con el gas) deben estar fabricados o protegidos con materiales que permanezcan estables en contacto con el UF<sub>6</sub>.

#### NOTA EXPLICATIVA

Los artículos enumerados en esta sección entran en contacto directo con el gas de proceso UF<sub>6</sub> o controlan directamente el flujo en la cascada. Todas las superficies que entran en contacto con el gas de proceso están totalmente fabricadas o protegidas con materiales resistentes al UF<sub>6</sub>. A los efectos de la sección relativa al equipo de enriquecimiento aerodinámico, los materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> comprenden el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen un 60 % o más de níquel en peso, y los polímeros de hidrocarburos ~~totalmente fluorados resistentes al UF<sub>6</sub>~~.

<p><b>5.5.1. Toberas de separación</b></p> <p>Toberas de separación y sus conjuntos especialmente diseñados o preparados. Las toberas de separación están formadas por canales curvos, con una hendidura, y un radio de curvatura inferior a 1 mm (normalmente comprendido entre 0,1 y 0,05 mm), resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> y en cuyo interior hay una cuchilla que separa en dos fracciones el gas que circula por la tobera.</p>	<p><b>5.5.1. Toberas de separación</b></p> <p>Toberas de separación especialmente diseñadas o preparadas, y conjuntos de toberas de ese tipo. Las toberas de separación están constituidas por canales curvos en forma de hendidura, con un radio de curvatura inferior a 1 mm (<del>normalmente comprendido entre 0,1 y 0,05 mm</del>), y resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, en cuyo interior se encuentra un filo que separa en dos fracciones el gas que circula por ellas.</p>
<p><b>5.5.2. Tubos vorticiales</b></p> <p>Tubos vorticiales y sus conjuntos especialmente diseñados o preparados. Los tubos vorticiales, de forma cilíndrica o cónica, están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, su diámetro está comprendido entre 0,5 cm y 4 cm, tienen una relación longitud - diámetro de 20:1 o menos, y poseen una o varias entradas tangenciales. Los tubos pueden estar equipados con dispositivos tipo tobera en uno de sus extremos o en ambos.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>El gas de alimentación penetra tangencialmente en el tubo vorticial por uno de sus extremos, o con ayuda de deflectores ciclónicos, o tangencialmente por numerosos orificios situados a lo largo de la periferia del tubo.</p>	<p><b>5.5.2. Tubos vorticiales</b></p> <p>Tubos vorticiales especialmente diseñados o preparados y conjuntos de tubos de ese tipo. Los tubos vorticiales son elementos cilíndricos o cónicos, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, <del>su diámetro está comprendido entre 0,5 cm y 4 cm, tienen una relación longitud diámetro de 20:1 o menos, y que</del> poseen una o varias entradas tangenciales. Los tubos pueden estar equipados con dispositivos de tipo tobera en uno de los extremos o en ambos.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>El gas de alimentación penetra tangencialmente en el tubo vorticial por uno de los extremos, o con ayuda de deflectores ciclónicos, o bien tangencialmente por numerosos orificios a lo largo de la periferia del tubo.</p>
<p><b>5.5.3. Compresores y sopladores de gas</b></p> <p>Compresores axiales, centrífugos o impelentes, o sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, fabricados o</p>	<p><b>5.5.3. Compresores y sopladores de gas</b></p> <p>Compresores <del>axiales, centrífugos o impelentes, o</del> sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, fabricados o</p>

<p>protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> y con una capacidad de aspiración de la mezcla de UF<sub>6</sub>/gas portador (hidrógeno o helio) de 2 m<sup>3</sup>/min o más.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estos compresores y soplantes de gas normalmente tienen una relación de compresión comprendida entre 1,2:1 y 6:1.</p>	<p>protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub> <del>y con una capacidad de aspiración de la mezcla de UF<sub>6</sub>/gas portador (hidrógeno o helio) de 2 m<sup>3</sup>/min o más.</del></p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p><del>Estos compresores y soplantes de gas normalmente tienen una relación de compresión comprendida entre 1,2:1 y 6:1.</del></p>
<p><b>5.5.6. Cajas de los elementos de separación</b></p> <p>Cajas de los elementos de separación especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, para alojar los tubos vorticiales o las toberas de separación.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estas cajas pueden ser recipientes cilíndricos de más de 300 mm de diámetro y de más de 900 mm de longitud, o recipientes rectangulares de dimensiones comparables, y pueden haber sido diseñadas para su instalación horizontal o vertical.</p>	<p><b>5.5.6. Cajas de los elementos de separación</b></p> <p>Cámaras especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, para alojar los tubos vorticiales o las toberas de separación.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p><del>Estas cajas pueden ser recipientes cilíndricos de más de 300 mm de diámetro y de más de 900 mm de longitud, o recipientes rectangulares de dimensiones comparables, y pueden haber sido diseñadas para su instalación horizontal o vertical.</del></p>
<p><b>5.5.9. Bombas y sistemas de vacío</b></p> <p>a) Sistemas de vacío especialmente diseñados o preparados, con una capacidad de aspiración de 5 m<sup>3</sup>/min o más, y que comprenden distribuidores de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío, y que han sido diseñados para trabajar en una atmósfera de UF<sub>6</sub>;</p>	<p><b>5.5.9. Bombas y sistemas de vacío</b></p> <p>a) <del>Sistemas de vacío especialmente diseñados o preparados, con una capacidad de aspiración de 5 m<sup>3</sup>/min o más, y que comprenden distribuidores de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío, y que han sido diseñados para trabajar en una atmósfera de UF<sub>6</sub>;</del> Sistemas de vacío especialmente diseñados o preparados, que están concebidos para funcionar en atmósferas con UF<sub>6</sub>;</p>

<p>b) Bombas de vacío especialmente diseñadas o preparadas para trabajar en una atmósfera de UF<sub>6</sub>, fabricadas o revestidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>. Estas bombas pueden estar dotadas de juntas de fluorocarbono y tener fluidos especiales de trabajo.</p>	<p>b) Bombas de vacío especialmente diseñadas o preparadas para funcionar en atmósferas con UF<sub>6</sub>, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>. Estas bombas pueden estar dotadas de obturadores de fluorocarburos y tener fluidos de trabajo especiales.</p>
<p><b>5.5.10. Válvulas especiales de parada y control</b></p> <p>Válvulas de fuelle de parada y de control, manuales o automáticas, especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con un diámetro de 40 mm a 1500 mm, para su instalación en los sistemas principal y auxiliares de plantas de enriquecimiento aerodinámico.</p>	<p><b>5.5.10. Válvulas de cierre y control especiales</b></p> <p>Válvulas <u>con sello de fuelle</u> especialmente diseñadas o preparadas, de cierre <u>y/o</u> de control, manuales o automáticas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, <u>con</u> un diámetro de 40 mm <u>a 1500 mm o superior</u>, para su instalación en los sistemas principales y auxiliares de las plantas de enriquecimiento aerodinámico.</p>
<p><b>5.5.11. Espectrómetros de masa para UF<sub>6</sub>/fuentes de iones</b></p> <p>Espectrómetros de masas magnéticos o cuadrupolares especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso, muestras de material de alimentación, del “producto” o de las “colas”, y que poseen todos las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resolución unitaria para la unidad de masa superior a 320;</li> <li>2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;</li> </ol>	<p><b>5.5.11. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para el UF<sub>6</sub></b></p> <p>Espectrómetros de masas <del>magnéticos o cuadrupolares</del> especialmente diseñados o preparados, <del>capaces de para</del> tomar <u>muestras</u> “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso, <del>muestras de material de alimentación, del “producto” o de las “colas”,</del> y que posean todas las características siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><del>1. Resolución unitaria para la unidad de masa superior a 320;</del></li> <li><u>1. Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;</u></li> <li><del>2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;</del></li> <li><u>2. Fuentes de iones fabricadas o protegidas con níquel,</u></li> </ol>

<p>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</p> <p>4. Sistema colector apropiado de análisis isotópico.</p>	<p><u>aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel del 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo;</u></p> <p>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</p> <p>4. Un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.</p>
<p><b>5.5.12. Sistemas de separación UF<sub>6</sub>/gas portador</b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador (hidrógeno o helio).</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estos sistemas han sido diseñados para reducir el contenido de UF<sub>6</sub> del gas portador a 1 ppm o menos y pueden comprender el equipo siguiente:</p> <p>a) Intercambiadores de calor criogénicos y crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de -120°C o inferiores;</p> <p>b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de -120°C o inferiores; o</p> <p>c) Toberas de separación o tubos vorticiales para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador; o</p> <p>d) Trampas frías para el UF<sub>6</sub> capaces de alcanzar temperaturas de -20°C o inferiores.</p>	<p><b>5.5.12. Sistemas de separación del UF<sub>6</sub> y el gas portador</b></p> <p>Sistemas de proceso especialmente diseñados o preparados para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador (hidrógeno o helio).</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estos sistemas se diseñan para reducir el contenido de UF<sub>6</sub> del gas portador a 1 ppm o menos y pueden comprender el equipo siguiente:</p> <p>a) Intercambiadores de calor criogénicos y crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de <u>153 K (-120 °C) o inferiores; menos; o</u></p> <p>b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de <u>153 K (-120 °C) o menos; o</u></p> <p>c) Unidades con toberas de separación o tubos vorticiales para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador; o</p> <p>d) Trampas frías para el UF<sub>6</sub> capaces de <del>alcanzar temperaturas de -20°C o inferiores</del> <u>separar este compuesto por congelación.</u></p>

<p><b>5.6.1. Columnas de intercambio líquido - líquido (intercambio químico)</b></p> <p>Columnas de intercambio líquido - líquido en contracorriente con aportación de energía mecánica (es decir, columnas pulsadas de placas - tamiz, columnas de placas de movimiento alternativo y columnas dotadas de turbomezcladores internos), especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio utilizando el proceso de intercambio químico. Para que sean resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, estas columnas y su interior se fabrican o se revisten con materiales plásticos adecuados (por ejemplo, polímeros de fluorocarbonos) o vidrio. Las columnas han sido diseñadas para que el tiempo de residencia correspondiente a una etapa sea corto (30 segundos o menos).</p>	<p><b>5.6.1. Columnas de intercambio líquido-líquido (intercambio químico)</b></p> <p>Columnas de intercambio líquido—líquido en contracorriente con aportación de energía mecánica—(es decir, columnas pulsadas de placas—tamiz, columnas de placas de movimiento alternativo y columnas dotadas de turbomezcladores internos), especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio mediante el proceso de intercambio químico. Para que sean resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, estas columnas y su interior se fabrican o protegen <u>normalmente</u> con materiales plásticos adecuados (por ejemplo, polímeros de <u>fluorocarbonos hidrocarburos fluorados</u>) o vidrio. Las columnas están diseñadas <u>por lo general de modo</u> que el tiempo de residencia en una etapa sea <u>corto</u> (de 30 segundos o menos).</p>
<p><b>5.6.2. Contactores centrífugos líquido - líquido (intercambio químico)</b></p> <p>Contactores centrífugos líquido - líquido especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio utilizando procesos de intercambio químico. En estos contactores, la dispersión de las corrientes orgánica y acuosa se consigue por rotación y la separación de las fases con ayuda de una fuerza centrífuga. Para hacerlos resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, los contactores se fabrican o se revisten con materiales plásticos adecuados (por ejemplo, polímeros de fluorocarbonos) o se revisten con vidrio. Los contactores centrífugos han sido concebidos para que el tiempo de residencia correspondiente a una etapa sea corto (30 segundos o menos).</p>	<p><b>5.6.2. Contactores centrífugos líquido-líquido (intercambio químico)</b></p> <p>Contactores centrífugos líquido-líquido especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio mediante el proceso de intercambio químico. Estos contactores utilizan la rotación para conseguir la dispersión de las corrientes orgánica y acuosa y luego la fuerza centrífuga para separar las fases. Para que sean resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, los contactores se fabrican o <u>protegen normalmente</u> con materiales plásticos adecuados (por ejemplo, polímeros de <u>fluorocarbonos hidrocarburos fluorados</u>) o <u>se revisten con</u> vidrio. Los contactores centrífugos están diseñados <u>por lo general de modo</u> que el tiempo de residencia <u>correspondiente a</u> <u>en</u> una etapa sea <u>corto</u> (de 30 segundos o menos).</p>

<p><b>5.6.4. Sistemas de preparación de la alimentación (intercambio químico)</b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para producir soluciones de cloruro de uranio de elevada pureza destinadas a las plantas de separación de los isótopos de uranio por intercambio químico.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estos sistemas comprenden equipo de purificación por disolución, extracción por solvente y/o intercambio iónico, y celdas electrolíticas para reducir el uranio <math>U^{6+}</math> o <math>U^{4+}</math> a <math>U^{3+}</math>. Estos sistemas producen soluciones de cloruro de uranio que sólo contienen algunas partes por millón de impurezas metálicas, por ejemplo, cromo, hierro, vanadio, molibdeno y otros cationes bivalentes o de valencia múltiple más elevada. Entre los materiales de fabricación de partes del sistema de tratamiento del <math>U^{3+}</math> de elevada pureza figuran el vidrio, los polímeros de fluorocarbonos, el sulfato de polifenilo o el poliéter sulfone y el grafito con un revestimiento de plástico e impregnado con resina.</p>	<p><b>5.6.4. Sistemas de preparación de la alimentación (intercambio químico)</b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para producir soluciones de cloruro de uranio de elevada pureza destinadas a alimentar las plantas de separación isotópica del uranio por intercambio químico.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estos sistemas consisten en equipo de disolución, extracción con disolventes y/o intercambio iónico para la purificación, y celdas electrolíticas para reducir el uranio <math>U^{6+}</math> o <math>U^{4+}</math> a <math>U^{3+}</math>. Producen soluciones de cloruro de uranio que solo contienen algunas partes por millón de impurezas metálicas tales como cromo, hierro, vanadio, molibdeno y otros cationes bivalentes o multivalentes. Los materiales utilizados para fabricar las partes del sistema que procesan <math>U^{3+}</math> de elevada pureza son vidrio, polímeros de <del>fluorocarbonos</del>, <del>el</del> <u>hidrocarburos fluorados</u> o grafito revestido con plástico de sulfato de polifenilo o poliéter sulfona e impregnado con resina.</p>
<p><b>5.6.6. Resinas de intercambio iónico/adsorbentes de reacción rápida (intercambio iónico)</b></p> <p>Resinas de intercambio iónico o adsorbentes de reacción rápida especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio por el proceso de intercambio iónico, en particular resinas macrorreticulares porosas y/o estructuras peliculares en las que los grupos de intercambio químico activos están limitados a un revestimiento superficial en un soporte poroso</p>	<p><b>5.6.6. Resinas/adsorbentes de intercambio iónico de reacción rápida (intercambio iónico)</b></p> <p>Resinas o adsorbentes de intercambio iónico de reacción rápida especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio por el proceso de intercambio iónico, en particular resinas macrorreticulares porosas y/o estructuras peliculares en las que los grupos de intercambio químico activos están limitados a un revestimiento superficial en un soporte poroso inactivo, y</p>

<p>inactivo, y otras estructuras compuestas en forma adecuada, sobre todo partículas o fibras. Estas resinas de intercambio iónico/adsorbentes tienen un diámetro de 0,2 mm o menor y deben ser quimiorresistentes a soluciones de ácido clorhídrico concentrado y lo bastante fisicorresistentes para no experimentar una degradación en las columnas de intercambio. Las resinas/adsorbentes han sido diseñados especialmente para conseguir una cinética de intercambio de los isótopos del uranio muy rápida (el tiempo de semirreacción es inferior a 10 segundos) y pueden trabajar a temperaturas comprendidas entre 100° C y 200° C.</p>	<p>otras estructuras compuestas en forma adecuada, como partículas o fibras. Estas resinas/adsorbentes de intercambio iónico tienen diámetros de 0,2 mm o menos, y deben poseer resistencia química a las soluciones de ácido clorhídrico concentrado y suficiente resistencia física para no experimentar degradación en las columnas de intercambio. Las resinas/adsorbentes están diseñados especialmente para conseguir una cinética de intercambio de los isótopos del uranio muy rápida (con un tiempo de semirreacción inferior a 10 segundos) y pueden operar a temperaturas comprendidas entre <u>373 K</u> (100 °C) y <u>473 K</u> (200 °C).</p>
<p><b>5.6.7. Columnas de intercambio iónico (intercambio iónico)</b></p> <p>Columnas cilíndricas de más de 1 000 mm de diámetro que contienen lechos de relleno de resina de intercambio iónico/adsorbente, especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio por intercambio iónico. Estas columnas están fabricadas o protegidas con materiales (por ejemplo, titanio o plásticos de fluorocarburo) resistentes a la corrosión por soluciones de ácido clorhídrico concentrado y pueden trabajar a temperaturas comprendidas entre 100° C y 200° C y presiones superiores a 0,7 MPa (102 psi).</p>	<p><b>5.6.7. Columnas de intercambio iónico (intercambio iónico)</b></p> <p>Columnas cilíndricas de más de 1000 mm de diámetro que contienen lechos de relleno de resina/adsorbente de intercambio iónico, especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio por intercambio iónico. Estas columnas están fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por soluciones de ácido clorhídrico concentrado (por ejemplo, titanio o plásticos de fluorocarburos) y pueden operar a temperaturas comprendidas entre <u>373 K</u> (100 °C) y <u>473 K</u> (200 °C) y a presiones superiores a 0,7 MPa (102 psi).</p>
<p><b>5.7. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por láser</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Los actuales sistemas de enriquecimiento por láser se</p>	<p><b>5.7. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por láser</b></p> <p>NOTA INTRODUCTORIA</p> <p>Los sistemas actuales de enriquecimiento por láser se clasifican</p>

clasifican en dos categorías: aquél en que el medio en que se aplica el proceso es vapor atómico de uranio y aquél en que es vapor de un compuesto de uranio. La nomenclatura corriente de los procesos es la siguiente: primera categoría - separación isotópica por láser en vapor atómico (AVLIS o SILVA); segunda categoría - separación isotópica molecular por láser (MLIS o MOLIS SILMO) y reacción química por activación láser isotópicamente selectiva (CRISLA). Los sistemas, equipo y componentes de las plantas de enriquecimiento por láser comprenden: a) dispositivos de alimentación de vapor de uranio metálico (para la fotoionización selectiva) o dispositivos de alimentación de vapor de un compuesto del uranio (para la fotodisociación o activación química); b) dispositivos para recoger el uranio metálico enriquecido o empobrecido como “producto” y “colas” en la primera categoría, y dispositivos para recoger los compuestos disociados o activos como “producto” y material no modificado como “colas” en la segunda categoría; c) sistemas láser del proceso para excitar selectivamente la especie uranio 235; y d) equipo para la preparación de la alimentación y la conversión del producto. Debido a la complejidad de la espectroscopia de los átomos y compuestos del uranio, quizás sea necesario incorporar cierto número de tecnologías láser que ya están disponibles.

en dos categorías: aquellos en que el medio utilizado en el proceso es vapor de uranio atómico y aquellos en que es un compuesto de uranio, a veces mezclado con otro u otros gases. La nomenclatura común de esos procesos es la siguiente:

- primera categoría - separación isotópica por láser en vapor atómico (~~AVLIS o SILVA~~);
- segunda categoría - separación isotópica por láser (~~MLIS o MOLIS SILMO~~) de uranio molecular, que incluye una reacción química por activación láser selectiva (CRISLA) de isótopos.

Los sistemas, equipos y componentes de las plantas de enriquecimiento por láser comprenden lo siguiente: a) dispositivos de alimentación de vapor de uranio metálico (para la fotoionización selectiva) o dispositivos de alimentación de vapor de un compuesto del uranio (para la fotodisociación selectiva o excitación/activación química—selectiva); b) dispositivos para recoger el uranio metálico enriquecido o empobrecido como “producto” y “colas” en la primera categoría, y dispositivos para recoger los compuestos disociados o activos de uranio enriquecido y empobrecido como “producto” y material no modificado como “colas” “producto” y “colas” en la segunda categoría; c) sistemas láser del proceso para excitar selectivamente la especie uranio 235; y d) equipo para la preparación de la alimentación y la conversión del producto. Debido a la complejidad de la espectroscopia de los átomos y compuestos del uranio, puede ser necesario incorporar alguna de las diversas tecnologías láser y de óptica láserica que están disponibles.

#### NOTA EXPLICATIVA

Muchos de los artículos enumerados en esta sección entran directamente en contacto con el uranio metálico vaporizado o líquido, ya sea con un gas del proceso formado por  $UF_6$  o por una mezcla de  $UF_6$  con otros gases. Todas las superficies que entran en contacto con el uranio o con el  $UF_6$  están totalmente fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión. A los fines de la sección relativa a los artículos para el enriquecimiento por láser, los materiales resistentes a la corrosión por el uranio metálico o las aleaciones de uranio vaporizados o líquidos son el tántalo y el grafito revestido con itrio; entre los materiales resistentes a la corrosión por el  $UF_6$  figuran el cobre, el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contengan el 60 % o más de níquel y los polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al  $UF_6$ .

#### NOTA EXPLICATIVA

Muchos de los artículos enumerados en esta sección entran en contacto directo con el uranio metálico vaporizado o líquido, o con el gas de proceso formado por  $UF_6$  o por una mezcla de  $UF_6$  con otros gases. Todas las superficies que entran en contacto directo con el uranio o con el  $UF_6$  están fabricadas o protegidas enteramente con materiales resistentes a la corrosión. A los efectos de la sección relativa a los artículos para el enriquecimiento por láser, los materiales resistentes a la corrosión por el uranio metálico o las aleaciones de uranio vaporizados o líquidos son el tántalo y el grafito revestido con óxido de itrio; los materiales resistentes a la corrosión por el  $UF_6$  incluyen el cobre, las aleaciones de cobre, el acero inoxidable, el aluminio, el óxido de aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contienen el 60 % o más de níquel en peso, y los polímeros de hidrocarburos ~~totalmente fluorados resistentes al  $UF_6$ .~~

<p><b>5.7.1. Sistemas de vaporización del uranio (SILVA)</b></p> <p>Sistemas de vaporización del uranio especialmente diseñados o preparados que contienen cañones de haz electrónico de elevada potencia en franja o barrido, y que proporcionan una potencia en el blanco de más de 2,5 kW/cm.</p>	<p><b>5.7.1. <u>Sistemas de vaporización del uranio (SILVA-métodos basados en el vapor atómico)</u></b></p> <p>Sistemas de vaporización del uranio <u>metálico</u> especialmente diseñados o preparados <u>para su utilización en el enriquecimiento por láser.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Estos sistemas pueden contener cañones de electrones y están diseñados para alcanzar una potencia (1 kW o más) en el blanco suficiente para generar vapor de uranio metálico al ritmo requerido para realizar la función de enriquecimiento por láser.</u></p>
<p><b>5.7.2. Sistemas de manipulación del uranio metálico líquido (SILVA)</b></p> <p>Sistemas de manipulación de metales líquidos especialmente diseñados o preparados para el uranio o las aleaciones de uranio fundidos, que comprenden crisoles y equipos de enfriamiento de los crisoles.</p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p>Los crisoles y otras partes del sistema que puedan entrar en contacto con el uranio o aleaciones de uranio fundidos están fabricados o protegidos con materiales de resistencia adecuada a la corrosión y al calor. Entre estos materiales cabe citar el tántalo, el grafito revestido con itrio, el grafito revestido con</p>	<p><b>5.7.2. <u>Sistemas de manipulación del uranio metálico líquido (SILVA-o vaporizado y sus componentes (métodos basados en el vapor atómico)</u></b></p> <p>Sistemas <del>de manipulación de metales líquidos</del> especialmente diseñados o preparados para <u>el manipular uranio o las fundido,</u> aleaciones de uranio <del>fundidos, que comprenden fundido o</del> <u>vapor de uranio metálico para su utilización en el enriquecimiento por láser, o componentes especialmente diseñados o preparados para ellos.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Los sistemas de manipulación del uranio metálico líquido pueden consistir en crisoles y en el equipo de enfriamiento de los crisoles.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p>

<p>otros óxidos de tierras raras (véase el documento INFCIRC/254/Part 2, (enmendado)) o mezclas de estas sustancias.</p>	<p>Los crisoles y otras partes de estos sistemas que entran en contacto con el uranio <del>o fundido</del>, <u>las aleaciones de uranio fundidos—fundido o el uranio metálico vaporizado</u> están fabricados o protegidos con materiales dotados de la debida resistencia a la corrosión y al calor. Entre los materiales adecuados se cuentan el tántalo, el grafito revestido con óxido de itrio, el grafito revestido con otros óxidos de tierras raras (véase el documento INFCIRC/254/Part 2 (en su forma enmendada)) o mezclas de estas sustancias.</p>
<p><b>5.7.3. Conjuntos colectores del “producto” y “colas” del uranio metálico (SILVA)</b></p> <p>Conjuntos colectores del “producto” y “colas” especialmente diseñados o preparados para el uranio metálico en estado líquido o sólido.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los componentes de estos conjuntos se fabrican o protegen con materiales resistentes al calor y a la corrosión por el uranio metálico vaporizado o líquido (por ejemplo, tántalo o grafito revestido con itrio) y pueden comprender tuberías, válvulas, accesorios, “canalones”, alimentadores directos, intercambiadores de calor y placas colectoras utilizadas en los métodos de separación magnética, electrostática y de otra índole.</p>	<p><b>5.7.3. Conjuntos colectores del “producto” y <u>“colas” del de uranio metálico (SILVA—métodos basados en el vapor atómico)</u></b></p> <p>Conjuntos colectores del “producto” y <u>las</u> “colas” especialmente diseñados o preparados para el uranio metálico en estado líquido o sólido.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los componentes de estos conjuntos se fabrican o protegen con materiales resistentes al calor y a la corrosión por el uranio metálico vaporizado o líquido (por ejemplo, tántalo o grafito revestido con óxido de itrio) y pueden comprender tuberías, válvulas, accesorios, “canalones”, alimentadores directos, intercambiadores de calor y placas colectoras para los métodos de separación magnética, electrostática y de otro tipo.</p>
<p><b>5.7.4. Cajas de módulo separador (SILVA)</b></p> <p>Recipientes rectangulares o cilíndricos especialmente diseñados o preparados para contener la fuente de vapor de</p>	<p><b>5.7.4. Cajas de módulos separadores (SILVA—<u>métodos basados en el vapor atómico</u>)</b></p> <p>Recipientes rectangulares o cilíndricos especialmente</p>

<p>uranio metálico, el cañón de haz electrónico y los colectores del “producto” y de las “colas”.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estas cajas poseen numerosos orificios para los conductos de alimentación eléctrica y de agua, ventanas para los haces de láser, conexiones de las bombas de vacío y el instrumental de diagnóstico y vigilancia. Están dotadas de medios de abertura y cierre para poder reajustar los componentes internos.</p>	<p>diseñados o preparados para contener la fuente de vapor de uranio metálico, el cañón de electrones y los colectores del “producto” y de las “colas”.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estas cajas poseen numerosos puntos de acceso para la alimentación directa de electricidad y agua, las ventanas de los haces de láser, las conexiones de las bombas de vacío, y el diagnóstico y la vigilancia de la instrumentación. Están dotadas de medios de apertura y cierre para poder reparar los componentes internos.</p>
<p><b>5.7.5. Toberas de expansión supersónica (SILMO)</b></p> <p>Toberas de expansión supersónica, resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, especialmente diseñadas o preparadas para enfriar mezclas de UF<sub>6</sub> y el gas portador a 150 K o menos, y que son resistentes a la corrosión por UF<sub>6</sub>.</p>	<p><b>5.7.5. Toberas de expansión supersónica (SILMO <u>métodos basados en uranio molecular</u>)</b></p> <p>Toberas de expansión supersónica especialmente diseñadas o preparadas para enfriar mezclas de UF<sub>6</sub> con un gas portador hasta 150 K (<u>-123 °C</u>) o menos y resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>.</p>
<p><b>5.7.6. Colectores del producto (pentafluoruro de uranio) (SILMO)</b></p> <p>Colectores de pentafluoruro de uranio (UF<sub>5</sub>) sólido especialmente diseñados o preparados y formados por colectores de filtro, impacto o ciclón, o sus combinaciones, y que son resistentes a la corrosión en un medio de UF<sub>5</sub>/UF<sub>6</sub>.</p>	<p><b>5.7.6. Colectores del “producto” (<del>pentafluoruro de uranio</del>) o las “colas” (SILMO <u>métodos basados en uranio molecular</u>)</b></p> <p><u>Componentes o dispositivos</u> especialmente diseñados o preparados para recoger el producto de uranio o el material de <u>colas de uranio tras la iluminación con luz láser.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>En un ejemplo de separación isotópica por láser de uranio molecular, los colectores de producto se utilizan para recolectar</u></p>

	<p>el material sólido de pentafluoruro de uranio (<math>UF_5</math>) <u>enriquecido</u>. Los colectores pueden ser de tipo filtro, impacto o ciclón, o sus combinaciones de estos, y deben ser resistentes a la corrosión en un medio de <math>UF_5/UF_6</math>.</p>
<p><b>5.7.7. Compresores de <math>UF_6</math>/gas portador (SILMO)</b></p> <p>Compresores especialmente diseñados o preparados para mezclas de <math>UF_6</math>/gas portador, destinados a un funcionamiento de larga duración en un medio de <math>UF_6</math>. Los componentes de estos compresores que entran en contacto con el gas del proceso están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el <math>UF_6</math>.</p>	<p><b>5.7.7. <u>Compresores de <math>UF_6</math>/gas portador (SILMO-métodos basados en uranio molecular)</u></b></p> <p>Compresores especialmente diseñados o preparados para mezclas de <math>UF_6</math> con un gas portador, concebidos para un funcionamiento prolongado en un medio de <math>UF_6</math>. Los componentes de estos compresores que entran en contacto con el gas de proceso están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el <math>UF_6</math>.</p>
<p><b>5.7.8. Obturadores para ejes de rotación (SILMO)</b></p> <p>Obturadores para ejes de rotación especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y salida, para asegurar la estanqueidad de los ejes que conectan los rotores de los compresores con los motores de propulsión a fin de garantizar que el sistema disponga de un sellado fiable y evitar los escapes del gas de proceso o la penetración de aire o de gas de estanqueidad en la cámara interior del compresor que se llena con una mezcla de <math>UF_6</math>/gas portador.</p>	<p><b>5.7.8. <u>Obturadores para ejes de rotación (SILMO-métodos basados en uranio molecular)</u></b></p> <p>Obturadores para ejes de rotación especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y salida, para asegurar la estanqueidad del eje que conecta el rotor del compresor con el motor de propulsión a fin de obtener un sellado fiable y evitar las fugas del gas de proceso o la penetración de aire o de gas de sellado en la cámara interior del compresor, que está llena de una mezcla de <math>UF_6</math> con un gas portador.</p>
<p><b>5.7.9. Sistemas de fluoración (SILMO)</b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para fluorar el <math>UF_5</math> (sólido) en <math>UF_6</math> (gaseoso).</p>	<p><b>5.7.9. <u>Sistemas de fluoración (SILMO-métodos basados en uranio molecular)</u></b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para fluorar el <math>UF_5</math> (sólido) y obtener <math>UF_6</math> (gaseoso).</p>

<p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estos sistemas han sido diseñados para fluorar el polvo de UF<sub>5</sub> y recoger el UF<sub>6</sub> en contenedores o reintroducirlo en las unidades SILMO para su enriquecimiento más elevado. En un método, la fluoración puede realizarse dentro del sistema de separación isotópica, y la reacción y la recuperación se hacen directamente en los colectores del “producto”. En el otro método, el polvo de UF<sub>5</sub> puede ser retirado de los colectores del “producto” para introducirlo en una vasija adecuada de reacción (por ejemplo, un reactor de lecho fluidizado, un reactor helicoidal o una torre de llama) para la fluoración. En ambos métodos se utiliza equipo de almacenamiento y transferencia del flúor (u otros agentes adecuados de fluoración), y de recogida y transferencia del UF<sub>6</sub>.</p>	<p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Estos sistemas están diseñados para fluorar el polvo de UF<sub>5</sub> recolectado y convertirlo en UF<sub>6</sub>, que luego se transfiere a los contenedores de producto o se reintroduce en <del>las unidades SILMO</del> el proceso para un enriquecimiento adicional. En uno de los métodos, la fluoración puede realizarse dentro del sistema de separación isotópica, y la reacción y la recuperación tienen lugar directamente a nivel de los colectores del “producto”. En otro método, el polvo de UF<sub>5</sub> puede retirarse de los colectores del “producto” y transferirse a una vasija de reacción adecuada (por ejemplo, un reactor de lecho fluidizado, un reactor helicoidal o una torre de llama) para la fluoración. En ambos métodos se utiliza equipo de almacenamiento y transferencia del flúor (u otros agentes de fluoración adecuados) y de recolección y transferencia del UF<sub>6</sub>.</p>
<p><b>5.7.10. Espectrómetros de masas para UF<sub>6</sub>/fuentes de iones (SILMO)</b></p> <p>Espectrómetros de masas magnéticos o cuadrupolares especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar “en línea” muestras de material de alimentación, “productos” o “colas” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso, y que poseen todas las características siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resolución unitaria para la unidad de masa superior a 320;</li> <li>2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoníquelado;</li> </ol>	<p><b>5.7.10. Espectrómetros de masas/fuentes de iones para el UF<sub>6</sub> (SILMO <u>métodos basados en uranio molecular</u>)</b></p> <p>Espectrómetros de masas <del>magnéticos o cuadrupolares</del> especialmente diseñados o preparados, <del>capaces de para tomar</del> “en línea” muestras <del>de material de alimentación, “productos” o “colas”</del> “en línea” de las corrientes de UF<sub>6</sub> gaseoso, y que posean todas las características siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><del>1. Resolución unitaria para la unidad de masa superior a 320;</del></li> <li><u>1. Capacidad de medir iones de 320 unidades de masa atómica o mayores, con una resolución mejor que 1 parte en 320;</u></li> <li>2. Fuentes de iones fabricadas o <del>revestidas</del> <u>protegidas con</u></li> </ol>

<p>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</p> <p>4. Sistema colector apropiado de análisis isotópico.</p>	<p><del>erome-níquel, aleaciones de níquel-cobre con un contenido de níquel del 60 % o más en peso, o aleaciones de níquel-cromo; metal monel o galvanoniquelado;</del></p> <p>3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;</p> <p>4. Un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.</p>
<p><b>5.7.11. Sistemas de alimentación/sistemas de retirada del producto y de las colas (SILMO)</b></p> <p>Sistemas o equipo especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:</p> <p>a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> en el proceso de enriquecimiento;</p> <p>b) Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento para su transferencia subsiguiente después del calentamiento;</p> <p>c) Estaciones de solidificación o licuefacción para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento por compresión y conversión del UF<sub>6</sub> al estado líquido o sólido;</p> <p>d) Estaciones de “producto” o “colas” usadas para el traspaso del UF<sub>6</sub> hacia los contenedores).</p>	<p><b>5.7.11. Sistemas de alimentación y sistemas de extracción del producto y las colas (<del>SILMO</del> <u>métodos basados en uranio molecular</u>)</b></p> <p>Sistemas o equipo de proceso especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF<sub>6</sub>, con inclusión de:</p> <p>a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF<sub>6</sub> en el proceso de enriquecimiento;</p> <p>b) Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento, para su transferencia ulterior después del calentamiento;</p> <p>c) Estaciones de solidificación o licuefacción utilizadas para extraer el UF<sub>6</sub> del proceso de enriquecimiento mediante su compresión y conversión al estado líquido o sólido;</p> <p>d) Estaciones de “producto” o “colas” utilizadas para transferir el UF<sub>6</sub> a contenedores.</p>

**5.7.12. Sistemas de separación UF<sub>6</sub>/gas portador (SILMO)**

Sistemas especialmente diseñados o preparados para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador. El gas portador puede ser nitrógeno, argón u otro gas.

**NOTA EXPLICATIVA**

Estos sistemas pueden comprender el equipo siguiente:

- a) Intercambiadores de calor criogénicos o crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de -120°C o inferiores;
- b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de -120°C o inferiores; o
- c) Trampas frías para el UF<sub>6</sub> capaces de alcanzar temperaturas de -20°C o inferiores.

**5.7.13. Sistemas por láser (SILVA, SILMO y CRISLA)**

Láseres o sistemas lásericos especialmente diseñados o preparados para la separación de los isótopos del uranio.

**5.7.12. Sistemas de separación del UF<sub>6</sub> y el gas portador (SILMO-métodos basados en uranio molecular)**

Sistemas especialmente diseñados o preparados para separar el UF<sub>6</sub> del gas portador. ~~El gas portador puede ser nitrógeno, argón u otro gas.~~

**NOTA EXPLICATIVA**

Estos sistemas pueden comprender el equipo siguiente:

- a) Intercambiadores de calor criogénicos o crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de 153 K (-120 °C) o ~~inferiores menos~~;
- b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de 153 K (-120 °C) o ~~inferiores menos~~; o
- c) Trampas frías para el UF<sub>6</sub> capaces de ~~alcanzar temperaturas de -20°C o inferiores~~ separar este compuesto por congelación.

El gas portador puede ser nitrógeno, argón u otro gas.

**5.7.13. Sistemas láseres (SILVA, ~~SILMO~~ y CRISLA)**

Láseres o sistemas lásericos especialmente diseñados o preparados para la separación de los isótopos del uranio.

<p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los láseres y los componentes lásericos de importancia en procesos de enriquecimiento por láser comprenden los enumerados en el documento INFCIRC/254/Part 2 (enmendado). El sistema láserico para el proceso SILVA está formado normalmente por dos láseres: un láser de vapor de cobre y un láser de colorante. El sistema láserico para SILMO está formado normalmente por un láser de CO<sub>2</sub> o un láser de excímero y una celda óptica de multipasos con espejos giratorios en ambos extremos. En ambos procesos los láseres o sistemas lásericos deben estar dotados de un estabilizador de frecuencia espectral para poder funcionar durante períodos prolongados.</p>	<p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los láseres y los componentes lásericos de importancia en los procesos de enriquecimiento por láser son los que se indican en el documento INFCIRC/254/Part 2 (en su forma enmendada). El sistema láserico <del>para el proceso SILVA está formado</del> <u>contiene normalmente por dos láseres: un componentes ópticos y electrónicos para el manejo del haz (o los haces) de láser de vapor de cobre y un láser de colorante y la transmisión a la cámara de separación de isótopos.</u> El sistema láserico para <del>SILMO está formado normalmente</del> <u>los métodos basados en el vapor atómico suele consistir en láseres de colorantes sintonizables bombeados por otro tipo de láser (por un láser ejemplo, láseres de vapor de cobre o ciertos láseres de estado sólido).</u> El sistema láserico para los métodos basados en uranio <u>molecular puede consistir en láseres de CO<sub>2</sub> o láseres de excímero y una celda óptica de multipasos con espejos giratorios en ambos extremos.</u> En ambos <del>procesos métodos</del> <u>los láseres o sistemas lásericos requieren la estabilización de la frecuencia espectral para poder funcionar durante períodos prolongados.</u></p>
<p><b>5.8.3. Sistemas generadores de plasma de uranio</b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para generar plasma de uranio, que pueden contener cañones de electrones de gran potencia en barrido o en franja, y que proporcionan una potencia en el blanco superior a 2,5 kW/cm.</p>	<p><b>5.8.3. Sistemas generadores de plasma de uranio</b></p> <p>Sistemas especialmente diseñados o preparados para generar plasma de uranio, <del>que pueden contener cañones de electrones de gran potencia en barrido o en franja, y que proporcionan una potencia en el blanco superior a 2,5 kW/cm</del> <u>destinado a las plantas de separación en plasma.</u></p>

<p><b>5.8.4. Sistemas de manipulación del uranio metálico líquido</b></p> <p>Sistemas de manipulación de metales líquidos especialmente diseñados o preparados para el uranio o las aleaciones de uranio fundidos, que comprenden crisoles y equipos de enfriamiento de los crisoles.</p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p>Los crisoles y otras partes del sistema que puedan entrar en contacto con el uranio o aleaciones de uranio fundidos están fabricados o protegidos con materiales de resistencia adecuada a la corrosión y al calor. Entre estos materiales cabe citar el tántalo, el grafito revestido con itrio, el grafito revestido con otros óxidos de tierras raras (véase el documento INFCIRC/254/Part 2, (enmendado)) o mezclas de estas sustancias.</p>	<p><b>5.8.4. <del>Sistemas de manipulación del uranio metálico líquido</del></b> <i>[Se dejó de utilizar el 14 de junio de 2013]</i></p> <p><del>Sistemas de manipulación de metales líquidos especialmente diseñados o preparados para el uranio o las aleaciones de uranio fundidos, que comprenden crisoles y equipos de enfriamiento de los crisoles.</del></p> <p>NOTA EXPLICATIVA</p> <p><del>Los crisoles y otras partes del sistema que puedan entrar en contacto con el uranio o aleaciones de uranio fundidos están fabricados o protegidos con materiales de resistencia adecuada a la corrosión y al calor. Entre estos materiales cabe citar el tántalo, el grafito revestido con itrio, el grafito revestido con otros óxidos de tierras raras (véase el documento INFCIRC/254/Part 2, (enmendado)) o mezclas de estas sustancias</del></p>
<p><b>6.1. Torres de intercambio agua - sulfuro de hidrógeno</b></p> <p>Torres de intercambio fabricadas con acero al carbono fino (por ejemplo ASTM A516) con diámetros de 6 m (20 pies) a 9 m (30 pies), capaces de funcionar a presiones superiores o iguales a 2 MPa (300 psi) y con un sobreespesor de corrosión de 6 mm o superior, especialmente diseñadas o preparadas para producción de agua pesada por el proceso de intercambio agua - sulfuro de hidrógeno.</p>	<p><b>6.1. Torres de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno</b></p> <p>Torres de intercambio <del>fabricadas con acero al carbono fino (por ejemplo ASTM A516) con diámetros de 6-1,5 m (20 pies) a 9 m (30 pies),</del> <u>o más,</u> capaces de funcionar a presiones superiores o iguales a 2 MPa (300 psi), <del>y con un sobreespesor de corrosión de 6 mm o superior,</del> especialmente diseñadas o preparadas para la producción de agua pesada por el proceso de intercambio entre el agua y el sulfuro de hidrógeno.</p>

<p>[No existe una versión anterior]</p>	<p><b>6.9. <u>Convertidores de síntesis o unidades de síntesis de amoniaco</u></b></p> <p><u>Convertidores de síntesis o unidades de síntesis de amoniaco especialmente diseñados o preparados para la producción de agua pesada mediante el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.</u></p> <p><u>NOTA EXPLICATIVA</u></p> <p><u>Estos convertidores o unidades toman el gas de síntesis (nitrógeno e hidrógeno) de una (o varias) columnas de intercambio amoniaco/hidrógeno de alta presión, y el amoniaco sintetizado se devuelve a dicha columna (o columnas).</u></p>
<p style="text-align: center;"><b>ANEXO C</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CRITERIOS RELATIVOS A LOS GRADOS DE PROTECCIÓN FÍSICA</b></p> <p>1. La finalidad de la protección física de los materiales nucleares es evitar su empleo y manipulación no autorizados. El apartado a) del párrafo 3 del documento de las Directrices exige que haya acuerdo entre suministradores sobre los grados de protección física que han de observarse en relación con el tipo de materiales y de las instalaciones y equipo que contengan dichos materiales, teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ANEXO C</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CRITERIOS PARA LOS NIVELES DE PROTECCIÓN FÍSICA</b></p> <p>1. La finalidad de la protección física de los materiales nucleares es impedir su utilización y manipulación no autorizadas. En el párrafo 3. a) del documento de las Directrices se insta a aplicar <u>niveles de protección física que han efectivos, de observarse en relación conformidad con el tipo de materiales y de las instalaciones y equipo que contengan dichos materiales, teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales del OIEA sobre la materia, en particular las que se formulan en el documento INFCIRC/225.</u></p>