



Consejo de Seguridad

Distr.
GENERAL

S/24300
16 de julio de 1992
ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

NOTA DEL SECRETARIO GENERAL

El Secretario General tiene el honor de transmitir a los miembros del Consejo de Seguridad la comunicación adjunta que ha recibido del Director General del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Anexo

CARTA DE FECHA 14 DE JULIO DE 1992 DIRIGIDA AL SECRETARIO
GENERAL POR EL DIRECTOR GENERAL DEL ORGANISMO INTERNACIONAL
DE ENERGIA ATOMICA (OIEA)

Con el documento S/22872/Rev.1, de fecha 20 de septiembre de 1991, usted transmitió al Consejo de Seguridad el plan revisado del OIEA para la vigilancia y verificación permanentes en el futuro del cumplimiento por el Iraq de lo dispuesto en el párrafo 12 de la parte C de la resolución 687 (1991) del Consejo de Seguridad y de las exigencias de los párrafos 3 y 5 de la resolución 707 (1991). El 10 de octubre de 1991 se publicó una corrección como documento S/22872/Rev.1/Corr.1.

El 11 de octubre de 1991, el Consejo de Seguridad aprobó la resolución 715 (1991), en que, actuando con arreglo al Capítulo VII de la Carta de las Naciones Unidas, el Consejo de Seguridad, entre otras cosas:

- Aprobó el plan presentado por el Director General del OIEA contenido en el documento S/22872/Rev.1 y Corr.1; y
- Pidió al Director General del OIEA que, con la asistencia y cooperación de la Comisión Especial, pusiera en ejecución el plan por él presentado contenido en el documento S/22872/Rev.1 y Corr.1

Deseo ahora referirme al párrafo 41 del plan del OIEA contenido en el documento S/22872/Rev.1 y Corr.1, que dice lo siguiente:

El plan sólo podrá ser revisado por el Consejo de Seguridad. Sin embargo, luego de informar al Consejo de Seguridad, el OIEA podrá actualizar y revisar los anexos a la luz de la información y la experiencia que se recojan durante la aplicación de las resoluciones 687 y 707 y del plan. El OIEA informará al Iraq sobre todo cambio de esa índole.

El OIEA ha determinado que se justifica una actualización y revisión del anexo 3 del documento S/22872/Rev.1 y Corr.1 a la luz de la experiencia recogida durante la aplicación de las resoluciones 687 y 707 y el acuerdo logrado hacia principios de este año por un grupo de 27 países abastecedores de elementos nucleares con respecto a una lista detallada de equipo, materiales y tecnología conexas para doble uso relacionados con la energía nuclear, a los cuales deberían aplicarse controles de exportación.

Conforme a ello, según lo dispuesto en el párrafo 41 del plan, el OIEA desea informar al Consejo de Seguridad, por su conducto, de que el anexo 3 se enmendará según se refleja en el anexo a la presente carta y que se informará a las autoridades iraquíes en consecuencia.

Agradecería que usted señalara esta cuestión a la atención del Consejo de Seguridad.

(Firmado) Hans BLIX

Documento adjunto

LISTA DE ELEMENTOS SOBRE LOS QUE SE DEBERA INFORMAR AL ORGANISMO

En la resolución 707 del Consejo de Seguridad se exige que el Iraq, entre otras cosas, interrumpa todas las actividades nucleares, cualesquiera que sean, excepto para ciertos usos de isótopos, hasta que el Consejo de Seguridad determine que el Iraq cumple cabalmente con las disposiciones de la resolución 707 y los párrafos 12 y 13 de la resolución 687 y que el OIEA determine que el Iraq cumple cabalmente con el acuerdo sobre salvaguardias concertado con el OIEA. Una vez que el Consejo de Seguridad y el OIEA así lo determinen, el Iraq podrá tratar de iniciar las actividades nucleares que no se prohíben en virtud de la resolución 687. Si el Consejo de Seguridad permitiera al Iraq iniciar una o más de esas actividades nucleares, podría ser necesario enmendar la presente lista.

Los elementos marcados con un asterisco (*) se prohíben explícitamente al Iraq en virtud de la resolución 687; los demás elementos pueden prohibirse si se utilizan o han de utilizarse en actividades prohibidas en virtud de la resolución 687.

1. Materiales básicos (véase el anexo 1, párrafo 1.1)

2. Materiales fisiónables especiales (véase el anexo 1, párrafo 1.2)

*Se prohíben los materiales fisiónables especiales que caben bajo la definición de materiales que puedan utilizarse para armas nucleares.

*3. Materiales que puedan utilizarse para armas nucleares (véase el anexo 1, párrafo 1.3)

4. Equipo o materiales mencionados en la sección 2 del memorando B del documento INFCIRC/209/Rev.1 y en el anexo del documento INFCIRC/209/Rev.1

*Se prohíben todos los artículos incluidos en el documento INFCIRC/209/Rev.1 que se usen en actividades de enriquecimiento y reprocesamiento.

*También se prohíbe cualquier artículo que pueda usarse en cualquier actividad enumerada en los párrafos 2.1 a 2.9 del anexo 1.

5. Equipo y materiales usados en enriquecimiento

*5.1 Equipo para la fabricación y el montaje de rotores, y mandriles y troqueles para la conformación de fuelles

- a) Equipo para montaje de rotores diseñado o preparado especialmente para el montaje de secciones de tubos de rotores, deflectores y cabezales para centrífugas de fase gaseosa. Incluye mandriles, mordazas y máquinas de ajuste en caliente de alta precisión de diseño especial;

/...

- b) Equipo de alineamiento de rotores diseñado o preparado especialmente para alinear secciones de tubos de rotores de centrífugas de fase gaseosa respecto de un eje común;
- c) Mandriles y troqueles cilíndricos de dos piezas con una única corrugación circunferencial dentada, bisectada por ambas mitades, para la conformación de fuelles.

***5.2 Máquinas de balanceo centrífugas**

Máquinas de balanceo centrífugas, fijas o portátiles, horizontales o verticales, según se describe a continuación:

- a) Máquinas de balanceo centrífugas destinadas a balancear rotores flexibles con una longitud de 400 mm o más y que posean todas las características siguientes:
 - 1) Diámetro del tren de engranajes o la chumacera de 75 mm o más;
 - 2) Capacidad de masa de 0,9 a 23 kg; y
 - 3) Capaces de una velocidad de revolución de balanceo de más de 5.000 rpm;
- b) Máquinas de balanceo centrífugas destinadas a balancear componentes de rotor cilíndricos huecos y que tengan todas las características siguientes:
 - 1) Diámetro de la chumacera de 75 mm o más;
 - 2) Capacidad de masa de 0,9 a 23 kg; y
 - 3) Capacidad para eliminar el desbalanceo hasta conseguir un desbalanceo residual de 0,010 kg mm/kg por plano o menor; e
 - 4) Impulsión por correa;

y los programas lógicos para control numérico diseñados especialmente para las mismas.

***5.3 Bobinadoras de filamentos**

Bobinadoras de filamentos cuyos movimientos de fijación de posición, arrollamiento y bobinado de fibras se coordinan y programan en dos o más ejes, concebidas especialmente para moldear estructuras compuestas o laminados a partir de materiales fibrosos y filamentosos y capaces de bobinar rotores cilíndricos con diámetro entre 75 mm y 400 mm y longitudes de 400 mm o más; controles de coordinación y programación de dichas máquinas; mandriles de precisión, y programas lógicos para control numérico concebidos especialmente para las mismas.

Véanse los pormenores en el apéndice del anexo 3.

***5.4 Carcasas y recipientes para centrífugas**

Componentes que albergan el conjunto del tubo del rotor de una máquina centrífuga de enriquecimiento.

5.5 Aleaciones de aluminio

Aleaciones de aluminio con una resistencia límite de 460 MPa ($0,46 \times 10^9 \text{ N/m}^2$) o más a 293 K (20°C), en forma de tubos o formas macizas (incluidas piezas forjadas) que tengan un diámetro externo superior a 75 mm.

Nota técnica: la frase "con una resistencia límite de" comprende aleaciones de aluminio antes del tratamiento térmico o después de éste.

5.6 Materiales fibrosos y filamentosos (de gran resistencia)

- a) Materiales fibrosos o filamentosos y de carbono o aramid que tengan un módulo específico de $12,7 \times 10^6 \text{ m}$ o más o una resistencia específica a la tracción de $23,5 \times 10^4 \text{ m}$ o más; o
- b) Materiales fibrosos y filamentosos vítreos con un módulo específico de $3,18 \times 10^6 \text{ m}$ o más y resistencia específica a la tracción de $7,62 \times 10^4 \text{ m}$ o más;
- *c) Estructuras compuestas en forma de tubos con un diámetro interno entre 75 mm y 400 mm y longitudes de 400 mm o más fabricadas con materiales fibrosos y filamentosos descritos en el inciso a) supra.

Nota técnica:

- i) El término "materiales fibrosos y filamentosos" comprende monofilamentos continuos, hilados continuos y cintas;
- ii) "Módulo específico" es el módulo de Young en N/m^2 dividido por el peso específico en N/m^3 , medidos a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $50 \pm 5\%$;
- iii) "Resistencia específica a la tracción" es la resistencia límite a la tracción en N/m^2 dividida por el peso específico en N/m^3 , medidos a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $50 \pm 5\%$.

5.7 Acero al níquel de bajo contenido de carbono

*Acero al níquel de bajo contenido de carbono (de gran resistencia) con resistencia límite a la tracción de $2,050 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ o mayor a 293 K (20°C), excepto formas en que ninguna dimensión lineal supere los 75 mm.

Nota técnica: La frase "con una resistencia límite" comprende acero al níquel de bajo contenido de carbono antes del tratamiento técnico o después de éste.

5.8 Titanio

Aleaciones de titanio con una resistencia límite a la tracción de 900 MPa ($0,9 \times 10^9$ N/m²) o mayor a 293 K (20°C) en forma de tubos o formas macizas (incluidas piezas forjadas) con diámetro externo superior a los 75 mm.

Nota técnica: La frase "con una resistencia límite" comprende aleaciones de titanio antes del tratamiento técnico o después de éste.

5.9 Máquinas herramientas para la conformación en tornos y por estirado

Máquinas herramientas para la conformación en tornos y por estirado que:

- a) Según la especificación técnica del fabricante, puedan dotarse de unidades de control numérico o un control por computadora; y
- b) Tengan dos o más ejes que puedan coordinarse simultáneamente para el control de perfilado;

y mandriles para conformación de rotores de precisión concebidos para torneear rotores cilíndricos de diámetro interno de entre 75 mm y 400 mm; y programas lógicos para control numérico concebidos especialmente para dichas máquinas.

Nota: Las únicas máquinas herramientas para conformación en tornos incluidas en este rubro son aquellas que combinan la función de conformación en torno y estirado.

6. Trifluoruro de cloro

7. Cubas electrolíticas para la producción de flúor con una capacidad de producción superior a 250 gramos de flúor por hora, y partes y accesorios, diseñados especialmente para las mismas

8. Espectrómetros de masa

Espectrómetros de masa capaces de medir iones de 230 unidades de masa atómica o más y que tengan una resolución superior a 2 partes en 230, y fuentes de iones para los mismos, según se describe a continuación:

- a) Espectrómetros de masa de plasma acoplado inductivamente;
- b) Espectrómetros de masa por descarga luminiscente;
- c) Espectrómetros de masa por ionización térmica;
- *d) Espectrómetros de masa por bombardeo de electrones que tengan una cámara de fuente construida, revestida o enchapada de materiales resistentes al UF₆;

- e) Espectrómetros de masa de haz molecular, según se describe a continuación:
 - 1) Que tengan una cámara de fuente construida, revestida o enchapada de acero inoxidable o molibdeno, y que tengan un colector criogénico capaz de enfriarse hasta 193 K (-80°C) o menos; o
 - *2) Que tengan una cámara de fuente construida, revestida o enchapada de materiales resistentes al UF_6 ;
- *f) Espectrómetros de masa dotados de una fuente de iones microfluoradora concebida para utilizarse con actínidos o fluoruros de actínidos;
- *g) Espectrómetros de masa magnéticos o cuadripolares especialmente diseñados o preparados capaces de recoger muestras en línea de alimentación, productos o relaves de corrientes gaseosas de UF_6 y que posean todas las características siguientes:
 - 1) Resolución unitaria para masa superior a 320;
 - 2) Fuentes de iones construidas o revestidas de cromoníquel o monel, o con revestimiento electrolítico de níquel;
 - 3) Fuentes de ionización por bombardeo con electrones;
 - 4) Un sistema colector adecuado para el análisis isotópico.

9. Láseres y equipo conexo, a saber:

- *a) Láseres de vapor de cobre con una potencia media de salida de 40 W;
- b) Láseres de iones de argón con una potencia media de salida superior a los 40 W;
- *c) Láseres de Nd: YAG cuya frecuencia pueda duplicarse y que después de la duplicación tengan una potencia media de salida superior a los 40 W en la frecuencia doble;
- *d) Amplificadores y osciladores sintonizables de impulsos para láseres de colorantes, excepto osciladores de modo único, con una potencia media superior a los 30 W, frecuencia de repetición superior a 1 kHz y longitud de onda de entre 500 nm y 700 nm;
- e) Osciladores sintonizables de colorante de modo único capaces de generar una potencia media superior a 1 W, una frecuencia de repetición superior a 1 kHz, una longitud de pulsación inferior a 100 ns y una longitud de onda de entre 500 nm y 700 nm;
- f) Láseres de alexandrita con un ancho de banda de 0,005 nm o menos, frecuencia de repetición superior a los 124 Hz, y potencia media de salida superior a los 30 W;

- *g) Láseres de impulsos de anhídrido carbónico con una frecuencia de repetición superior a los 250 Hz, potencia media de salida superior a los 500 W y longitud de pulsación menor de 200 ns;
- h) Láseres de impulsos de gases nobles (XeD, XeCl, KrF) con frecuencia de repetición superior a 250 Hz y potencia media de salida superior a los 500 W;
- *i) Láseres de electrones libres;
- *j) Láseres de desplazamiento Raman de parahidrógeno concebidos para funcionar con una longitud de onda de salida de 16 μm y frecuencia de repetición superior a 250 Hz;
- *k) Toberas de expansión supersónica concebidas para UF_6 /gas portador.

10. Tuberías, válvulas, navecillas y colectores

*Tuberías, válvulas, accesorios, intercambiadores de calor o colectores magnéticos, electrostáticos o de otro tipo, fabricados de grafito o revestidos con grafito, itrio o compuestos de itrio resistentes al calor y a los efectos corrosivos del vapor de uranio.

*11. Resinas y compuestos orgánicos complexantes capaces de separar isótopos de uranio

- a) Resinas de intercambio químico capaces de separar isótopos de uranio;
- b) Resinas de intercambio iónico de reacción rápida;
- c) Resinas peliculares y reticuladas en que los grupos activos de intercambio químico están limitados a un revestimiento sobre la superficie de una partícula o fibra inerte, y agentes complexantes orgánicos elaborados para igual finalidad.

*12. Equipo de enriquecer uranio químico

Equipo de extracción por solventes o de intercambio iónico concebido para su utilización en el enriquecimiento de isótopos, a saber:

- a) Aparatos de contacto líquido-líquido de intercambio rápido: elementos de contacto centrífugos y columnas de impulsos fabricadas de materiales revestidos de plástico de fluorocarburo, plásticos de fluorocarburo macizo o acero vidriado;
- b) Cubas de reducción electroquímica concebidas para reducir el uranio de un estado de valencia a otro;
- c) Columnas de intercambio iónico con diámetro superior a 100 cm, revestidas de material resistente a la corrosión por ácido clorhídrico, como plásticos de fluorocarburo o titanio, capaces de funcionar a temperaturas superiores a 120° C o presiones superiores a los 2 MPa.

13. Electroimanes superconductores

Electroimanes solenoidales superconductores que posean todas las características siguientes:

- a) Capaces de crear campos magnéticos superiores a 2 teslas (20 kilogaussios);
- b) Con una razón longitud/diámetro interno superior a 2;
- c) Con diámetro interno superior a los 300 mm; y
- d) Con un campo magnético que tenga uniformidad superior al 1% en la parte central correspondiente al 50% del volumen interior.

Nota: El rubro no comprende imanes concebidos y utilizados especialmente como partes de sistemas de formación de imágenes por resonancia nuclear magnética (RNM) para usos médicos.

14. Fuentes de energía

Fuentes de energía de microondas, con frecuencias superiores a 30 GHz y potencia superior a los 50 kW para la producción de iones.

*15. Sistemas de control de procesos que puedan usarse en actividades de enriquecimiento

Sistemas de control de procesos configurados para operaciones de enriquecimiento de uranio, a saber:

- a) Sistemas de computación configurados para medir variables de procesos, calcular los niveles de control y ajustar automáticamente las variables del proceso para dichas unidades;
- b) Juegos de instrumentación para vigilar variables de procesos, como la temperatura, la presión, el Ph, el nivel de los fluidos y el caudal para un determinado proceso de producción, concebidos para funcionar en el medio ambiente hostil requerido para cada proceso.

*16. Equipo diseñado especialmente para la preparación de material de alimentación para los procesos de enriquecimiento, incluida la preparación UF₆ y el UCL₄

*17. Materiales de alimentación para procesos de enriquecimiento, incluidos el UF₆ y el UCL₄

*18. Separadores electromagnéticos de isótopos

Separadores electromagnéticos de isótopos, diseñados para fuentes de iones únicos o múltiples, o dotados de dichas fuentes, capaces de producir una corriente total de haz de iones de 50 mA o más.

REACTORES NUCLEARES, INCLUIDOS CONJUNTOS CRITICOS Y SUBCRITICOS,
EQUIPOS Y MATERIALES PARA REACTORES

19. Sistemas, subsistemas, equipos y componentes de reactores

19.1 Recipientes de seguridad para reactores nucleares

Recipientes de seguridad para reactores, incluidos recipientes a presión y a presión atmosférica.

19.2 Mecanismos, dispositivos y sistemas para el control de la reactividad

Mecanismos, dispositivos y sistemas para el control de la reactividad, incluidos sistemas manuales, electromecánicos, hidráulicos, neumáticos y de inyección y remoción de sustancias químicas.

19.3 Sistemas para la vigilancia, la medición y el control de los procesos del reactor

Sistemas, subsistemas y componentes para la vigilancia, la medición y el control de los procesos del reactor. Todo tipo de computadoras analógicas y digitales para el control de procesos y todo tipo de instrumentos y equipos hidráulicos y neumáticos para la vigilancia y el control de procesos.

19.4 Sistemas para la carga y descarga del combustible del reactor

Sistemas y equipo para la carga y descarga del combustible del reactor, incluidos sistemas y componentes manuales, electromecánicos, hidráulicos y neumáticos.

19.5 Calandrias

Calandrias, tubos de calandria, tubos de presión y otros conjuntos y componentes para el canal de carga del combustible.

19.6 Sistemas primarios para la transferencia y la disipación de calor

Sistemas primarios para la transferencia y la disipación de calor, incluidos generadores de vapor, intercambiadores de calor, sistemas para la purificación y recuperación del líquido refrigerante, bombas de inyección y circulación de alta y baja presión, dispositivos para el alivio de la presión y otros componentes de mantenimiento de la presión concebidos, fabricados y preparados especialmente para su uso en dichos sistemas.

PLANTAS Y EQUIPOS USADOS PARA EL PROCESAMIENTO
DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

***20. Sistemas de control de procesos para operaciones de reprocesamiento**

Sistemas de control de procesos configurados para operaciones de reprocesamiento, a saber:

- a) Sistemas de computación configurados para medir variables de procesos, calcular niveles de control y ajustar automáticamente las variables del proceso para dichas unidades;
- b) Juegos de instrumentos para vigilar variables de procesos, como la temperatura, la presión, el pH, el nivel de fluidos y el caudal para un determinado proceso de producción, concebidos para funcionar en el medio ambiente hostil de dicho proceso.

21. Celdas calientes y equipo conexo

Celdas calientes y equipo, a saber:

- *a) Celdas calientes y equipo conexo para la manipulación y elaboración de material nuclear irradiado;
- b) Otros tipos de celdas calientes y equipo relacionados con la manipulación de radioisótopos y fuentes de radiación en aplicaciones médicas e industriales, a saber:
 - 1) Manipuladores a distancia que permiten la transferencia mecánica de las acciones de un manipulador humano por medios eléctricos, hidráulicos o mecánicos a un brazo operador y a un accesorio terminal, que puedan utilizarse para ejecutar una acción a distancia en operaciones de separación radioquímica y celdas calientes. Los manipuladores deben tener una capacidad para penetrar una pared de celda de 0,6 m o más o, en caso contrario, salvar el espacio por encima de la pared de una celda con espesor de 0,6 m o más,
 - 2) Ventanas de protección contra la radiación de alta densidad (vidrio de plomo o de otro tipo), de más de 0,3 m por un lado y con densidad superior a 3 g/cm³ y espesor de 100 mm o más y marcos especialmente diseñados para las mismas,
 - 3) Cámaras de televisión resistentes a la radiación y concebidas especialmente o clasificadas como resistentes a la radiación capaces de tolerar niveles de radiación superiores a 5 x 10⁴ grays (SI) (5 x 10⁶ rad) sin degradación operacional y lentes especialmente concebidas utilizadas con las mismas.

/...

***22. Otro equipo para el reprocesamiento de combustible irradiado**

Equipo para el reprocesamiento de combustible irradiado por métodos que no sean la extracción por solventes, por ejemplo, el intercambio iónico, la volatilidad de los fluoruros y el método pirometalúrgico.

***23. Tratamiento de los desechos del reprocesamiento**

Plantas y equipo para la descontaminación y para el tratamiento de desechos radiactivos.

OTRO EQUIPO Y MATERIALES

24. Plantas y equipo usados para los fines siguientes

- a) Exploración de minerales que contengan materiales básicos;
- b) Extracción de minerales que contengan materiales básicos;
- c) Separación de materiales básicos de los minerales y de otros materiales presentes en condiciones naturales para preparar concentrados;
- d) Preparación de metales, aleaciones o cualquier compuesto químico que contengan material básico o uranio enriquecido a menos de un 20% de uranio-235;
- e) Moldeado de material básico o uranio enriquecido a menos de un 20% de uranio-235 en forma apta para su irradiación en un reactor nuclear;
- f) Tratamiento de los desechos de los procesos y plantas de minería, conversión y moldeado.

25. Máquinas herramientas

- a) Unidades de control numérico, tableros de control de movimiento especialmente concebidos para aplicaciones de control numérico en máquinas herramientas, máquinas herramientas numéricamente controladas, programas lógicos especialmente concebidos y tecnología conexa. En el apéndice se establecen las especificaciones pormenorizadas del equipo.
- *b) Máquinas de torneado, fresado y rectificado que tengan una o más de las características siguientes:
 - 1) Platos de vacío capaces de sostener partes hemisféricas;
 - 2) Máquinas instaladas dentro de cajas para manipulación con guantes;
 - 3) Construcción a prueba de explosión.

26. Máquinas para inspección dimensional

Máquinas, dispositivos, o sistemas para inspección dimensional, como se indica a continuación, y programas lógicos especialmente concebidos para los mismos.

- a) Máquinas de inspección dimensional controladas por computadora o controladas numéricamente (véanse los permisos en el apéndice) que tengan las dos características siguientes:
 - 1) Dos o más ejes; y
 - 2) Error en la medición de la longitud unidimensional igual a $(6 + L/1000) \mu\text{m}$ o menor (L es la longitud medida en milímetros) (Ref.: VDI/VDE 2617, partes 1 y 2);
- b) Dispositivos de medición de desplazamiento linear y angular, a saber:
 - 1) Instrumentos de medición linear que tengan cualquiera de las siguientes características:
 - i) Sistemas de medición sin contacto con una "resolución" igual a $0,2 \mu\text{m}$ o menor en una gama de medición de hasta $0,2 \text{ mm}$;
 - ii) Sistemas de transformación diferencial de variable linear (LVDT) que posean las dos características siguientes:
 - A) Linearidad igual a $0,1\%$ o menor en una gama de medición de hasta 5 mm ; y
 - B) Variación igual a $0,1\%$ por día o menor a una temperatura ambiente de ensayo estándar $\pm 1 \text{ K}$;
 - iii) Sistemas de medición que posean las dos características siguientes:
 - A) Contengan un láser; y
 - B) Mantengan por lo menos durante 12 horas, en una gama de temperatura de $\pm 1 \text{ K}$ en torno a una temperatura estándar y a una presión estándar:
 - 1. Una resolución en su escala completa de $0,1 \mu\text{m}$ o menor; y
 - 2. Un error de medición igual a $(0,2 + L/2.000) \mu\text{m}$ o menor (L es la longitud medida en milímetros), excepto sistemas de medición por interferometría, sin realimentación en bucle cerrado o abierto, que contengan un láser para medir errores por movimiento deslizante de máquinas herramientas, máquinas de impresión dimensional o equipo análogo;

/...

- 2) Instrumentos de medición angular que tengan una desviación de la posición angular igual a $0,00025^\circ$ o menor;

Nota: el subrubro b) 2) de este rubro no incluye instrumentos ópticos, como autocolimadores, que utilicen luz colimada para observar el desplazamiento angular de un espejo.

- c) Sistemas para la inspección linear-angular simultánea de semiesferas huecas, que posean las dos características siguientes:

- 1) Error de medición a lo largo de cualquier eje linear igual a $3,5 \mu\text{m}$ o menor por cada 5 mm; y
- 2) desviación de la posición angular igual a $0,02^\circ$ o menor.

Nota: Los programas lógicos especialmente concebidos para los sistemas descritos en el inciso c) de este rubro comprenden programas lógicos para la medición simultánea del espesor y el perfil de paredes.

Nota técnica 1: Se incluyen las máquinas herramientas que puedan utilizarse como máquinas de medición si cumplen o superan los criterios especificados para la función de máquina herramienta o la función de máquina de medición.

Nota técnica 2: Se incluye una máquina como la descrita en el párrafo 26 si supera el umbral de control en algún punto de su gama de funcionamiento.

Nota técnica 3: La sonda utilizada para determinar el error de medición de un sistema de inspección dimensional debe ceñirse a la descripción que figura en VDI/VDE 2617, partes 2, 3 y 4.

Nota técnica 4: Todos los parámetros de los valores de medición mencionados en este rubro representan variaciones por exceso o por defecto, es decir, no se refieren a la gama completa.

"Error de medición"

El parámetro característico que especifica entre qué límites en torno al valor obtenido se halla el valor correcto de la variable medida con un nivel de confianza del 95%. Incluye las desviaciones sistemáticas no corregidas, el huelgo no corregido y las desviaciones aleatorias (referencia: VDI/VDE 2617).

"Resolución"

El incremento mínimo de un dispositivo de medición; en instrumentos digitales, el bitio de menor valor (referencia: ANSI B-89.1.12).

"Linearidad"

La desviación máxima (determinada por lo general como no linealidad) de la característica efectiva (promedio de las lecturas en los límites inferior y superior de la escala), positiva o negativa, respecto de una línea recta situada de tal forma de igualar y reducir a un mínimo las desviaciones máximas.

"Desviación de la posición angular"

La diferencia máxima entre la posición angular y la posición angular efectiva, medida con gran exactitud luego de que el montaje para la pieza por labrar de la mesa se ha desviado de su posición inicial (referencia: VDI/VDE 2617. Borrador: "Rotary table on coordinate measuring machines").

27. Máquinas soldadoras por haz de electrones

Máquinas soldadoras por haz de electrones con una cámara de 0,5 m³ o más.

28. Sistemas de aspersión de plasma

Sistemas de aspersión de plasma, atmosféricos o de vacío.

29. Hornos de oxidación

30. Hornos de alta temperatura

- *a) Hornos de inducción de vacío o de atmósfera controlada (atmósfera de gas inerte) capaces de funcionar a más de 850°C y que posean bobinas de inducción de 600 mm o menos de diámetro, y dispositivos de alimentación de energía concebidos especialmente para hornos de inducción, con un suministro de potencia de 5 kW o más.

Nota técnica: Este rubro no comprende hornos concebidos y utilizados para el tratamiento de pastillas de semiconductor.

- *b) Hornos metalúrgicos de fusión y moldeo de vacío o de atmósfera controlada, como se describe a continuación:

- 1) Hornos de refundición y moldeo al arco con electrodos fungibles con capacidad entre 1.000 cm³ y 20.000 cm³, y capaces de funcionar con temperaturas de fusión sobre los 1.700°C,
- 2) Hornos de fusión por haz de electrones y de atomización y fusión por plasma con potencia de 50 kW o más y capaces de funcionar con temperaturas de fusión sobre los 1.200°C.

y sistemas de control y vigilancia por computadora especialmente configurados y programas lógicos especialmente concebidos para los mismos.

/...

31. Prensas isostáticas

Prensas isostáticas capaces de alcanzar una presión máxima de trabajo de 69 MPa o mayor y que tengan una cavidad con un diámetro interno superior a los 152 mm; matrices y moldes, componentes, accesorios y controles especialmente concebidos, y programas lógicos concebidos especialmente para dichas prensas.

32. Bombas de vacío

Bombas de vacío con un gollete de entrada de 38 cm o más, con velocidad de bombeo de 15.000 litros/segundo o más y capaces de producir un vacío final menor de 10^{-4} Torr ($0,76 \times 10^{-4}$ mbar).

Nota técnica: El vacío final se determina a la entrada de la bomba, con dicha entrada taponada.

33. Dispositivos de alimentación de energía

- a) Dispositivos de alimentación de alta potencia en corriente continua capaces de producir continuamente, durante un lapso de 8 horas, una tensión de 100 V o más y una intensidad de salida de 500 A o más con regulación de la intensidad o la tensión menor del 0,1%;
- b) Dispositivos de alimentación en corriente continua de alta tensión capaces de producir continuamente, durante un lapso de 8 horas, una tensión de 20.000 V o más con una intensidad de 1 A o más y con regulación de la intensidad o la tensión menor del 0,1%.

*34. Crisoles resistentes a metales fisiónables líquidos

Crisoles hechos de materiales resistentes a metales fisiónables líquidos y concebidos para evitar la criticidad nuclear.

35. Berilio

Berilio en las siguientes formas:

- a) Metálico;
- b) Aleaciones con un contenido de berilio superior al 50% en peso;
- c) Compuestos que contengan berilio;
- d) Artículos hechos en berilio; y
- e) Desechos y recortes.

excepto

- a) Ventanas de metal para máquinas de rayos X;

/...

- b) Perfiles de óxido de berilio elaborados o semielaborados, diseñados especialmente para componentes electrónicos o sustratos para circuitos electrónicos;
- c) Compuestos de origen natural que contengan berilio.

36. Calcio

Calcio de gran pureza con un contenido de impurezas que no sean magnesio inferior al 0,1% en peso, y un contenido de boro inferior a las 10 partes por millón.

37. Litio

- *a) Litio y sus compuestos enriquecidos en litio-6;
- *b) Instalaciones o equipo especializado para la separación del isótopo litio-6;

excepto

Para uso en dosímetros termoluminiscentes.

38. Magnesio

Magnesio de gran pureza con un contenido de impurezas que no sean calcio inferior al 0,02% en peso, y un contenido inferior a las 10 partes por millón de boro.

39. Tántalo

Chapa de tántalo de 2,5 mm o más de espesor.

40. Plutonio, uranio-233 y uranio enriquecido a menos de un 20% en U-235 contenidos en combustible irradiado.

41. Tungsteno

Partes fabricadas de tungsteno, carburo de tungsteno o aleaciones de tungsteno (con un contenido de tungsteno superior al 90%), con una masa superior a los 20 kg;

excepto

Partes diseñadas especialmente para ser utilizadas como pesas o colimadores de rayos gamma.

42. Hafnio

Hafnio en las siguientes formas: metal, aleaciones y compuestos de hafnio que contengan más de 60% de hafnio en peso y artículos fabricados de dichas formas del metal.

/...

43. Boro

Boro y compuestos de boro, mezclas y materiales cargados en que el isótopo boro-10 constituya más del 20% del contenido total de boro.

44. Circonio

Circonio, en las formas descritas a continuación: metal, aleaciones que contengan más de 50% de circonio en peso, y compuestos en que la razón del contenido de hafnio al contenido de circonio sea de menos de 1 a 500 partes en peso, y artículos fabricados totalmente de dichas formas del metal; excepto circonio en forma de hoja delgada con espesor no superior a los 0,10 mm.

Nota técnica: Esto se aplica a desechos y chatarra que contengan circonio según se define por la presente.

EXPLOSIVOS Y EQUIPO CONEXO

*45. Instalaciones de ensayo hidrodinámico

Instalaciones de ensayo hidrodinámico capaces de resistir la detonación de cargas explosivas de gran poder de 1 kg o mayores, y que puedan usarse con los instrumentos apropiados de diagnóstico.

*46. Códigos de computadora para explosivos nucleares

Códigos hidrodinámicos, códigos neutrónicos o archivos de datos ecuaciones de estado y archivos de datos nucleares conexos utilizables para calcular armas de tipo de implosión o de artillería.

47. Equipo de destellos de rayos X

Generadores de destellos de rayos X o aceleradores de electrones de impulsos con una energía máxima de 500 keV o mayor, excepto aceleradores que sean parte integrante de dispositivos concebidos para objetivos distintos de la radiación de haces de electrones o de rayos X (por ejemplo, microscopía electrónica), y los destinados a fines médicos.

*48. Sistemas de artillería

Cañones impulsados por gas de etapas múltiples u otros sistemas de artillería de gran velocidad (de bobina, electromagnéticos, electrotérmicos u otros sistemas avanzados) capaces de acelerar proyectiles hasta velocidades de 2 km por segundo o más.

*49. Proyectiles, esferas huecas o partes de dichos elementos

Proyectiles, esferas huecas o partes de esferas hechas de explosivos detonantes o de metales enumerados en los párrafos 1, 2 y 35, y moldes para dichas partes.

/...

50. Equipo fotográfico

- *a) Cámaras mecánicas de imágenes múltiples con velocidades de registro superiores a los 225.000 cuadros por segundo; cámaras para fotografía de imagen unidimensional con velocidades de registro superiores a los 0,5 mm por microsegundo; y piezas y accesorios de dichas cámaras, incluidos dispositivos electrónicos de sincronización concebidos especialmente a tal efecto y conjuntos de rotores (inclusive turbinas, espejos y cojinetes);
- *b) Cámaras fotográficas electrónicas de imagen unidimensional que permitan lograr una resolución temporal de 50 ns o menor y cámaras de imagen múltiple que puedan lograr un tiempo de exposición por cuadro de 50 ns o menos, incluidas cámaras de cuadro único, y tubos de imagen unidimensional y de imagen múltiple, así como dispositivos para formación de imágenes de estado sólido que puedan utilizarse en dichas cámaras.

51. Osciloscopios

Osciloscopios y registradores de fenómenos transitorios, según se describe a continuación:

- a) Osciloscopios analógicos no modulares que tengan un ancho de banda de 1 GHz o más;
- b) Sistemas de osciloscopios analógicos modulares que tengan una de las dos características siguientes:
 - 1) Una unidad básica con un ancho de banda de 1 GHz o más; o
 - 2) Módulos enchufables, cada uno con un ancho de banda de 4 GHz o más;
- c) Osciloscopios analógicos de muestreo para el análisis de fenómenos periódicos con un ancho de banda eficaz mayor de 4 GHz;
- d) Osciloscopios y registradores de fenómenos transientes digitales que usen técnicas de conversión analógica-digital, capaces de almacenar oscilaciones transitorias mediante un muestreo secuencial de una única señal de entrada a intervalos sucesivos menores de 1 ns (más de 10^9 muestras por segundo), que digitalicen con una resolución de 8 bits o menos y que almacenen 256 o más muestras; y

Componentes diseñados especialmente, entre ellos unidades enchufables, amplificadores externos, preamplificadores, dispositivos de muestreo y tubos de rayos catódicos para osciloscopios analógicos.

Nota técnica: Por "ancho de banda" se entiende la banda de frecuencias dentro de la cual la deflexión en el tubo de rayos catódicos no se reduce a menos del 70,7% de la que ocurre en el punto máximo medida con una tensión de entrada constante en el amplificador del osciloscopio.

/...

52. Generadores de impulsos de alta velocidad

Generadores de impulsos de alta velocidad con voltajes de salida superiores a 6 V en una carga resistiva de menos de 55 ohmios, y con tiempos de transición de los impulsos menores de 500 ps (por lo que se entiende el intervalo de tiempo entre las amplitudes de tensión del 10% y del 90%).

*53. Equipo especializado para experimentos hidrodinámicos

- a) Interferómetros de velocidad para medir velocidades superiores a 1 km por segundo durante intervalos de tiempo menores de 10 μ s (VISAR, interferómetros de láser de efecto Doppler, DLI, etc.);
- b) Piezómetros de manganina para presiones superiores a 100 kilobares;
- c) Transductores de presión de cuarzo para presiones superiores a 100 kilobares.

*54. Detonadores y sistemas fulminantes de puntos múltiples

Detonadores y sistemas fulminantes de puntos múltiples:

- a) Detonadores explosivos accionados eléctricamente de los siguientes tipos: puente explosivo, hilo metálico explosivo, detonador de impacto o fulminante de cinta explosiva;
- b) Partes o cajas diseñadas especialmente para cualquiera de los detonantes antes indicados;
- c) Conjuntos de detonadores múltiples concebidos para iniciar casi simultáneamente un frente explosivo a partir de una única señal de disparo;
- d) Lentes explosivas concebidos para iniciar en forma uniforme la detonación de la superficie de la carga de un explosivo detonante.

*55. Dispositivos de disparo y generadores equivalentes de impulsos eléctricos de alta intensidad (para detonadores controlados)

- a) Dispositivos de disparo de detonadores explosivos para activar detonadores múltiples controlados de los tipos enumerados en el rubro 54 supra;
- b) Generadores modulares de impulsos eléctricos para aplicaciones portátiles, móviles o en condiciones difíciles (incluidos circuitos excitadores para lámparas de destello de xenón), con las siguientes características:
 - capaces de descargar su energía en menos de 15 microsegundos;
 - con una corriente de salida superior a los 100 A; y
 - con un tiempo de creación del frente del impulso a menos de 10 microsegundos en cargas de menos de 40 ohmios.

56. Explosivos detonantes

Explosivos detonantes, incluidos los siguientes:

- a) Ciclotetrametilentrinitramina (HMX);
- b) Ciclotrimetilentrinitramina (RDX);
- c) Triaminotrinitrobenceno (TATB);
- d) Tetranitrato de pentaeritrita (PETN), excepto cuando esté contenido en productos farmacéuticos;
- e) Hexanitroestilbeno (HNS), excepto cuando esté contenido en productos farmacéuticos;
- f) Cualquier explosivo con densidad de cristal superior a $1,8 \text{ g/cm}^3$ y que tenga una velocidad de detonación superior a los 8.000 m/s.

OTROS ELEMENTOS

57. Sistemas de generación de neutrones

- *a) Sistemas de generación de neutrones, incluidos tubos, concebidos para funcionar sin un sistema de vacío externo y que utilicen aceleración electrostática para inducir una reacción entre tritio y deuterio, capaces de producir más de 3×10^3 neutrones/ μs ;
- b) Sistemas de generación de neutrones que utilicen enfoque de plasma denso para producir una reacción deuterio-deuterio o tritio-deuterio.

*58. Tritio y plantas, equipo y materiales vinculados con tritio

- a) Tritio, incluidos compuestos y mezclas con tritio cuya proporción de tritio a hidrógeno, expresada en átomos, supere 1 parte por 1.000, excepto tritio contenido en dispositivos luminiscentes (por ejemplo, dispositivos de seguridad a bordo de aviones, relojes, luces de pista de aterrizaje), que contengan menos de 40 curios de tritio en cualquier forma química o física;
- b) Instalaciones o plantas para la producción, recuperación, extracción, concentración o manipulación de tritio, y equipo y materiales aptos para dicho fin, incluidos:
 - 1) Sistemas para el almacenamiento, la separación, la purificación y el bombeo de tritio, mediante hidruros metálicos como medio de almacenamiento, bombeo o purificación;
 - 2) Unidades de refrigeración para hidrógeno o helio capaces de enfriar a -250°C o menos, con capacidad de extracción de calor mayor de 150 vatios.

/...

***59. Helio-3**

Helio en cualquier forma enriquecida isotópicamente en el isótopo helio-3, esté o no mezclado con otros materiales o contenido en algún equipo o dispositivo, excepto productos o dispositivos que contengan menos de 1 g de helio-3.

60. Deuterio y plantas, equipo y materiales vinculados con deuterio

- a) Empaquetaduras especializadas para ser utilizadas en la separación de agua pesada del agua ordinaria y fabricadas de malla de bronce fosforado o de cobre (en ambos casos tratados químicamente para mejorar la humectabilidad) y concebidas para utilizarse en torres de destilación de vacío;
- b) Bombas para la circulación de soluciones de catalizador de amida potásica diluido o concentrado en amoníaco líquido (KNH_2/NH_3), con todas las características siguientes:
 - 1) Herméticamente selladas;
 - 2) Para soluciones concentradas de amida potásica (1% o más), presión de funcionamiento de 1,5 a 60 MPa; para soluciones diluidas de amida potásica (menos de 1%), una presión de funcionamiento de 20 a 60 MPa; y
 - 3) Capacidad superior a 8,5 m³/h
- c) Columnas de bandejas de intercambio de agua - ácido sulfhídrico construidas de acero al carbono fino (como ASTM A516), con diámetro de 1,8 m o más que funcionen a una presión nominal de 2 MPa o más. Los elementos de contacto internos de las columnas son cubetas segmentadas, con diámetro efectivo en posición de montaje de 1,8 m o más, como cubetas perforadas, cubetas de válvulas, cubetas de campanas de borboteo y rejillas perforadas de aberturas paralelas, concebidas para facilitar el contacto en contracorriente y construidas de materiales resistentes a la corrosión por mezclas de ácido sulfhídrico/agua, como acero inoxidable 304L ó 316;
- d) Columnas de destilación criogénicas de hidrógeno que tengan todas las aplicaciones siguientes:
 - 1) Concebidas para funcionar con temperaturas internas de -238°C o menos;
 - 2) Concebidas para funcionar con una presión interna de 0,5 a 5 MPa;
 - 3) Construidas de acero inoxidable de grano fino de la serie 300 con bajo contenido de azufre o materiales criogénicos y compatibles con el H₂ equivalentes;
 - 4) Con diámetros internos de 1 m o más y longitudes eficaces de 5 m o más;

/...

- e) Conversores para síntesis de amoníaco, unidades de síntesis de amoníaco en que el gas de síntesis (nitrógeno e hidrógeno) se extrae de una columna de intercambio de amoníaco/hidrógeno a alta presión y el amoníaco sintetizado se devuelve a dicha columna;
- f) Catalizadores platinizados especialmente concebidos o preparados para promover la reacción de intercambio de isótopos de hidrógeno entre hidrógeno y agua para la recuperación de tritio de agua pesada o para la producción de agua pesada.

61. Fuentes de radiación alfa

Todo tipo de radionucleidos que emitan radiaciones alfa y de equipo que contenga radionucleidos que emitan radiaciones alfa, que reúnan todas las condiciones siguientes:

- a) Todos los radionucleidos que tengan una semivida alfa de 10 días o mayor, pero menor de 200 años, y el Ra-226;
- b) Radionucleidos que estén contenidos en compuestos o mezclas con una actividad total alfa de 37 GBq por kilogramo (1 curio por kilogramo);
- c) Radionucleidos que tengan una actividad alfa total de 3,7 GBq (100 milicurios), o mayor;

excepto

Radionucleidos contenidos en dispositivos para implantes médicos.

62. Tubos fotomultiplicadores de las siguientes características:

- a) Superficie del fotocátodo mayor de 20 cm²; y
- b) Tiempo de formación del impulso anódico de menos de 1 ns.

63. Condensadores con uno u otro de los siguientes conjuntos de características:

- a) Voltaje nominal superior a 1,4 kV, capacidad para almacenamiento de energía mayor de 10 J, capacidad superior a los 0,5 µF e inductancia en serie inferior a 50 nH; o,
- b) Voltaje nominal superior a los 750 V, capacidad superior a los 0,25 µF e inductancia en serie menor de 10 nH.

64. Bismuto de gran pureza (99,99% o más) con un contenido muy bajo de plata (inferior a las 10 partes por millón)

/...

65. "Robots" y controladores para robots especialmente concebidos, y dispositivos de manipulación robóticos que tengan cualquiera de las características siguientes:

- a) Concebidos especialmente para cumplir con normas nacionales de seguridad aplicables a ambientes explosivos (por ejemplo, que satisfagan normas del código eléctrico para ambientes explosivos);
- b) Concebidos especialmente o clasificados como resistentes a la radiación en medida mayor de la necesaria para resistir la radiación ionizante en condiciones industriales normales (es decir, en la industria no nuclear) y controladores y programas lógicos especialmente concebidos para los mismos.

Véanse detalles en el apéndice del anexo 3.

66. Amplificadores de impulsos

Amplificadores de impulsos con ganancia superior a 6 decibeles y con ancho de la banda base superior a los 500 megahercios (en que el punto de corte a media potencia de baja frecuencia sea menor de 1 MHz y el punto de corte a media potencia de alta frecuencia sea de más de 500 MHz) y el voltaje de salida sea superior a 2 voltios con una resistencia de 55 ohmios o menos (esto corresponde a una salida superior a los 16 dbm en un sistema de 50 ohmios).

67. Dispositivos de conmutación, a saber:

- a) Tubos de cátodo frío (incluidos tubos krytron de gas y tubos sprytron de vacío), estén o no llenos de gas, de funcionamiento análogo a un espinterómetro, que contengan tres o más electrodos, y con todas las características siguientes:
 - 1) Voltaje anódico máximo nominal de 2.500 V o más;
 - 2) Intensidad anódica máxima nominal de 100 A o más; y
 - 3) Retardo anódico de 10 microsegundos o menos;
- b) Espinterómetros excitados con un retardo anódico de 15 microsegundos o menos, que pueden tolerar una intensidad máxima de 500 A o más;
- c) Módulos o juegos con función de conmutación rápida que tengan todas las características siguientes:
 - 1) Voltaje anódico máximo nominal superior a los 2.000 V;
 - 2) Intensidad anódica máxima nominal de 500 A o más; y
 - 3) Tiempo de conmutación de 1 μ s o menos.

/...

68. Equipos de ensayos a la vibración

Equipos de ensayos a la vibración que utilicen técnicas de control digitales y equipos de ensayo con retroalimentación o en bucle cerrado y programas lógicos conexos, capaces de hacer vibrar un sistema a 10 g RMS o más entre 20 Hz y 2.000 Hz, impartiendo fuerzas de 50 kN o más.

69. Computadoras electrónicas digitales

Computadoras electrónicas digitales con una capacidad teórica compuesta de 12,5 millones de operaciones teóricas por segundo o mayor, excepto:

- a) Computadoras contenidas en otro equipo o vinculadas con él, o sistemas en que las computadoras sean fundamentales para el funcionamiento del resto del equipo o los sistemas y no constituyan su elemento principal, o,
- b) Computadoras esenciales para aplicaciones médicas, incluidas en equipos o sistemas concebidos o modificados para una aplicación médica determinada exclusiva;

70. Equipo electrónico para la generación de retardos o para la medición de intervalos de tiempo

- a) Generadores digitales de retardos con resolución de 50 nanosegundos o menor, para intervalos de 1 microsegundo o mayores;
- b) Medidores de intervalos de canales múltiples (tres o más) o modulares y equipo de cronometraje con resolución temporal menor de 50 nanosegundos para intervalos de tiempo mayores de 1 microsegundo.

/...

Apéndice

ESPECIFICACIONES DETALLADAS PARA MAQUINAS HERRAMIENTAS

Unidades de control numérico, tableros de control de movimiento especialmente concebidos para aplicaciones de control numérico en máquinas herramientas, máquinas herramientas numéricamente controladas, programas lógicos y tecnología especialmente concebidos como se describe a continuación.

a) Unidades de control numérico para máquinas herramientas, a saber:

- 1) Que tengan más de cuatro ejes de interpolación que puedan coordinarse simultáneamente para el control del perfilado, o
- 2) Que tengan, dos, tres o cuatro ejes de interpolación que puedan coordinarse simultáneamente para el control del perfilado y si se cumple una o más de las condiciones siguientes:
 - i) Capacidad para procesar datos en tiempo real a fin de modificar la trayectoria de la herramienta durante la operación de labrado por cálculo automático y modificación de los datos del programa parcial para labrar en dos o más ejes mediante ciclos de medición y acceso a los datos originales;
 - ii) Capacidad para aceptar directamente (en línea) y elaborar datos de diseño con auxilio de computadora para la preparación interna de instrucciones de máquina; o
 - iii) Capacidad, sin modificación, según las especificaciones técnicas del fabricante, de incorporar tableros adicionales que permitan aumentar el número de ejes de interpolación que puedan coordinarse simultáneamente para el control del perfilado sobre los niveles de control, aun cuando no contengan éstos tableros adicionales.

b) Tableros de control de movimiento especialmente concebidos para máquinas herramientas con una o más de las características siguientes:

- 1) Capacidad para interpolar en más de cuatro ejes;
- 2) Capacidad para procesamiento en tiempo real según se describe en el rubro a) 2) i); o
- 3) Capacidad para aceptar y procesar datos de diseño con auxilio de computadora según se describe en el rubro a) 2) ii) supra.

c) Máquinas herramientas, según se describe a continuación, para quitar o cortar metales, materiales cerámicos o materiales mixtos que, según las especificaciones técnicas del fabricante, puedan dotarse de dispositivos electrónicos para control simultáneo del perfilado en dos o más ejes:

- 1) Máquinas herramientas para torneado, rectificado, fresado o cualquier combinación de dichas operaciones:
 - i) Que tengan dos o más ejes que puedan coordinarse simultáneamente para el control del perfilado; y
 - ii) Que tengan cualquiera de las características siguientes:
 - A) Dos o más ejes rotatorios de perfilado;
 - B) Uno o más husillos basculantes de perfilado;
 - C) Desplazamiento axial en una revolución del husillo de menos de 0,0008 mm de lectura total de la indicatriz;
 - D) Corrimiento en una revolución del husillo de menos de 0,0006 mm de lectura total de la indicatriz para máquinas de rectificado o fresado; de menos de 0,0008 mm de lectura total de la indicatriz para máquinas de torneado;
 - E) Cuya precisión en la fijación de la posición, aplicando todas las compensaciones existentes, sea menor de:
 1. 0,001° en cualquier explotadora;
 2. a. 0,004 mm a lo largo de cualquier eje linear (fijación global de posición) para máquinas de rectificado;
 - b. 0,006 mm a lo largo de cualquier eje linear (fijación global de posición) para máquinas de fresado; y
 - c. 0,010 mm a lo largo de cualquier eje linear (fijación global de posición) para máquinas de torneado;
 - F) Que puedan torneear o perforar piezas o agujeros de 2 metros o más de diámetro;
 - G) Que puedan adaptar accesorios para aplicaciones especiales para la fabricación de componentes de centrifugas.
- 2) Máquinas de descarga eléctrica:
 - i) De tipo de alimentación por alambre que tengan cinco o más ejes que puedan coordinarse simultáneamente para el control del perfilado;
 - ii) Máquinas de descarga eléctrica que no utilicen alambre y que tengan dos o más ejes rotatorios de perfilado que puedan coordinarse simultáneamente para el control del perfilado.

/...

3) Otras máquinas herramientas para quitar metales, productos cerámicos o productos mixtos:

i) Mediante:

- A) Chorros de agua o de otro líquido, incluidas las que emplean aditivos abrasivos;
- B) Haz de electrones;
- C) Haz de láser; y

ii) Que tengan dos o más ejes rotatorios:

- A) Que puedan coordinarse simultáneamente para el control del perfilado, y
- B) Que tengan una precisión en la fijación de posición de menos de $0,003^\circ$.

d) Programas lógicos

1) Programas lógicos especialmente concebidos o modificados para el desarrollo, la fabricación o la utilización de los equipos descritos en los subrubros a), b) o c) supra;

2) Programas lógicos especiales, como se describe a continuación:

i) Programas lógicos que permitan un control autoadaptable y que tengan las dos características siguientes:

- A) Para unidades de fabricación flexibles que consten por lo menos de equipos descritos en los subrubros b) 1) y b) 2) de la definición de unidades de fabricación flexibles;
- B) Que puedan generar o modificar en procesamiento en tiempo real datos para programas parciales utilizando las señales obtenidas simultáneamente mediante al menos dos técnicas de detección, como:
 - 1. Visión de máquina (telemetría óptica);
 - 2. Obtención de imágenes infrarrojas;
 - 3. Obtención de imágenes acústicas (telemetría acústica);
 - 4. Medición táctil;
 - 5. Fijación inercial de la posición;
 - 6. Medición de fuerzas;
 - 7. Medición de momentos de fuerza.

- ii) Programas lógicos para dispositivos electrónicos fuera de los descritos en los subrubros a) o b) que permiten lograr una capacidad para control numérico para el equipo descrito en el subrubro 1.2.

e) Tecnología

- 1) Tecnología para el desarrollo de equipo descrito en los subrubros a), b) o c) supra, f) o g) infra y el subrubro d);
- 2) Tecnología para la fabricación de equipo descrito en los subrubros a), b) o c) supra, f) o g) infra;
- 3. Otro tipo de tecnología:
 - i) Para la elaboración de gráficos interactivos como parte integral de unidades de control numérico para la preparación o modificación de programas parciales;
 - ii) Para la elaboración de programas de integración destinados a la incorporación de sistemas especializados en apoyo superior de decisiones para operaciones de taller en unidades de control numérico.

f) Componentes y piezas para máquinas herramientas incluidas en el subrubro c), como se indica a continuación:

- 1) Conjuntos de husillos, que por lo menos contengan husillos y cojinetes, con desplazamiento radial o axial en una revolución del husillo de menos de 0,0006 mm de lectura total de la indicatriz;
- 2) Unidades de retroalimentación de la posición lineal (por ejemplo, dispositivos de tipo inductivo, escalas graduadas, sistemas de láser o sistemas infrarrojos) que, aplicando las compensaciones, tengan una precisión total menor de $800 + (600 \times L \times 10^{-3})$, en que L es la longitud efectiva en milímetros de la medición lineal; excepto sistemas de medición por interferometría, sin retroalimentación en bucle cerrado o abierto, que contengan un láser para medir errores de movimiento de deslizamiento de máquinas herramientas, máquinas de inspección dimensional o equipo análogo;
- 3) Unidades de retroalimentación de la posición angular (por ejemplo, dispositivos de tipo inductivo, escalas graduadas, sistemas de láser o sistemas infrarrojos) que, aplicando las compensaciones, tengan una precisión menor de 0,00025°; excepto sistemas de medición por interferometría, sin retroalimentación en bucle cerrado o abierto, que contengan un láser para medir errores de movimiento de deslizamiento de máquinas herramientas, máquinas de inspección dimensional o equipo análogo;

- 4) Conjuntos de bancada y carro que contengan por lo menos un carril, una bancada y un carro y que posean todas las características siguientes:
 - i) Guiño, cabeceo o balanceo de menos de 2 segundos de arco de lectura total de la indicatriz (Ref. ISO/DIS 230-1) en la carrera completa;
 - ii) Rectilinealidad horizontal de menos de 2 μ m por cada 300 mm de longitud; y
 - iii) Rectilinealidad vertical de menos de 2 μ m en la carrera completa por cada 300 mm de longitud;
- 5) Herramientas postizas de corte por diamante con una sola punta que posean todas las características siguientes:
 - i) Filo libre de imperfecciones y astilladuras cuando se aumenta en 400 veces en cualquier dirección;
 - ii) Desviación de la redondez del radio de corte de menos de 0,002 mm de la lectura total de la indicatriz (también de máximo a máximo); y
 - iii) Radio de corte entre 0,1 y 5,0 mm, inclusive.
- g) Componentes o subconjuntos especialmente concebidos, como se describe a continuación, que permiten perfeccionar, según las especificaciones del fabricante, unidades de control numérico, tableros de control de movimiento, máquinas herramientas o dispositivos de retroalimentación de modo de alcanzar o superar los niveles descritos en los subrubros a), b), c), f 2), o f 3):
 - 1) Tableros de circuitos impresos con componentes montados y programas lógicos para los mismos;
 - 2) Mesas rotatorias combinadas.

Nota técnica: definiciones de términos:

"Computadora digital" - Equipo que, en forma de una o más variables discretas, puede:

- a) Aceptar datos;
- b) Almacenar datos o instrucciones en memorias fijas o modificables (grabables);
- c) Elaborar los datos mediante una sucesión modificable de instrucciones en memoria; y

d) Proporcionar datos de salida.

N.B.: Las modificaciones de una sucesión de instrucciones en memoria comprenden la sustitución de dispositivos de memoria fijos, pero no un cambio físico en las conexiones o interconexiones.

"Control autoadaptable" - Un sistema de control que ajusta la respuesta a partir de las condiciones que se enfrentan durante el funcionamiento (Ref. ISO 2806-1980).

"Control de perfilado" - Dos o más movimientos controlados numéricamente que se realizan de conformidad con instrucciones que especifican la posición necesaria siguiente y las tasas de consumo de material necesarias para llegar a esa posición. Estas tasas de consumo varían una respecto de la otra de modo que se obtenga un perfil deseado (Ref. ISO/DIS 2806-1980).

"Control numérico" - El control automático de un proceso realizado por un dispositivo que utiliza datos numéricos que por lo general se introducen a medida que avanza la operación (Ref. ISO 2382).

"Desplazamiento axial" - Desplazamiento del eje en una revolución del husillo principal medido en un plano perpendicular al plato frontal del husillo en un punto próximo a la circunferencia de dicho plato (Ref. ISO 230 Part 1-1986, párr. 5.63).

"Desplazamiento radial" - Desplazamiento en el sentido del radio en una revolución del husillo principal medido en un plano perpendicular al eje del husillo en un punto en la superficie rotatoria externa o interna que se ha de ensayar (Ref. ISO 230 Part 1-1986, párr. 5.61).

"Dispositivo de manipulación" - Los dispositivos de manipulación comprenden tenazas, unidades activas de trabajo con herramientas y cualquier otro tipo de herramientas que se adjuntan a la placa de base del extremo de un brazo manipulador robótico.

"Facilidad de programación accesible a los usuarios"

La facilidad que permite a un usuario insertar, modificar o reemplazar programas mediante medios que no sean:

- a) Una alteración física en la conexión o interconexiones; o
- b) La aplicación de controles de función, incluida la entrada de parámetros.

"Husillo basculante" - Un husillo de sostén de herramienta que, durante el proceso de labrado, modifica la posición angular de su línea central con respecto a cualquier otro eje.

"Láser" - Un conjunto de componentes que produce luz coherente amplificada mediante emisión estimulada de radiación.

"Memoria principal" - La memoria más importante para datos o instrucciones que permite el acceso rápido desde una unidad de procesamiento central. Consta de la memoria interna de una computadora digital y de cualquier extensión jerárquica de ésta, como una memoria de almacenamiento temporal o una memoria ampliada con acceso no secuencial.

"Mesa rotatoria combinada" - Una mesa que permite que la pieza labrada gire y bascule en torno a dos ejes no paralelos, que puedan coordinarse simultáneamente para el control de perfilado.

"Microprograma" - Una sucesión de instrucciones elementales, mantenidas en una memoria especial, cuya ejecución es iniciada por la introducción de su instrucción de referencia en un registro de instrucciones.

"Precisión" - Generalmente definida en relación con la imprecisión, se define como la desviación máxima, positiva o negativa, de un valor indicado con respecto a un valor estándar aceptado o un valor verdadero.

"Precisión de la fijación de la posición"

Con referencia a máquinas herramientas controladas numéricamente, debe determinarse y comunicarse de conformidad con los requisitos que se indican a continuación:

a) Condiciones del ensayo (ISO/DIS/230/2, párr. 3):

- 1) Durante 12 horas antes de las mediciones y en el transcurso de éstas, la máquina herramienta y el equipo de determinación de la precisión se mantendrán a la misma temperatura ambiente. Durante el período previo a la medición, las bancadas de la máquina se harán funcionar en un ciclo continuo idéntico a la forma en que se harán funcionar durante la determinación de la precisión;
- 2) La máquina estará dotada de cualquier dispositivo de compensación mecánico, electrónico o de programa lógico que se venda con la máquina;
- 3) La precisión del equipo de medición para las determinaciones será por lo menos cuatro veces mayor que la precisión prevista de la máquina herramienta;
- 4) La alimentación de energía eléctrica para los motores de las bancadas deberá reunir los siguientes requisitos:
 - i) La variación del voltaje de la alimentación no debe ser mayor de $\pm 10\%$ del voltaje nominal;
 - ii) La variación de la frecuencia no debe ser mayor de ± 2 Hz de la frecuencia normal;
 - iii) No se permitirán cortes ni interrupción del servicio.

b) Programa de ensayo (ISO/DIS/230/2, párr. 4):

- 1) La tasa de consumo de material (velocidad de las bancadas) durante la medición será la velocidad de carrera rápida;

N.B.: En el caso de máquinas herramientas que produzcan superficies de calidad óptica, la tasa de consumo de material será no mayor de 50 mm por minuto;

- 2) Las mediciones se efectuarán en forma incremental desde un límite de la carrera del eje hasta el otro sin regresar hacia la posición de partida para cada desplazamiento hacia la posición de destino;
- 3) Los ejes que no estén midiéndose se mantendrán a mitad de la carrera durante el ensayo del eje.

c) Presentación de los resultados del ensayo (ISO/DIS/230/2, párr. 2):

Los resultados de la medición deben incluir:

- 1) Precisión de la fijación de posición (A) y
- 2) Error medio de inversión (B).

"Procesamiento en tiempo real" - Procesamiento de datos por una computadora electrónica en respuesta a un fenómeno externo conforme a los requisitos de tiempo impuestos por el fenómeno externo.

"Programa" - Una sucesión de instrucciones para realizar un proceso en forma ejecutable por una computadora electrónica o que sea convertible en dicha forma.

"Programa lógico" - Una colección de uno o más programas o microprogramas mantenidos en cualquier medio tangible de expresión.

"Programa parcial" - Un conjunto ordenado de instrucciones en lenguaje y formato necesarios para hacer que se realicen operaciones bajo control automático, que está escrito en forma de un programa de máquina en un medio de entrada o bien se prepara como datos de entrada que se procesan en una computadora a fin de obtener un programa de máquina (Ref. ISO 2806-1980).

"Robot" - Un mecanismo de manipulación, que puede actuar en trayectoria continua o de punto a punto, que puede usar sensores y que posea todas las características siguientes:

- a) Es multifuncional;
- b) Tiene capacidad para fijar u orientar materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales mediante movimientos variables en el espacio tridimensional;

/...

- c) Incorpora tres o más servodispositivos en bucle cerrado o abierto que pueden incluir motores de acción escalonada; y
- d) Proporciona facilidad de programación accesible al usuario mediante un método de instrucción o respuesta o mediante una computadora electrónica que puede ser un controlador de lógica programable, es decir, sin intervención mecánica.

N.B.: La definición anterior no incluye los siguientes dispositivos:

- a) Mecanismos de manipulación que sólo sean controlables manualmente o por un operador a distancia;
- b) Mecanismos de manipulación en secuencia fija consistentes en dispositivos móviles automatizados, que funcionen conforme a movimientos programados mecánicamente fijos. El programa está limitado mecánicamente por topes fijos, como pasadores o levas. La sucesión de los movimientos y la selección de trayectorias o ángulos no son variables ni modificables por medios mecánicos, electrónicos o eléctricos;
- c) Mecanismos de manipulación en secuencia variable controlados mecánicamente consistentes en dispositivos móviles automatizados, que funcionen según movimientos programados mecánicamente fijos. El programa está limitado mecánicamente por topes fijos, pero ajustables, como pasadores o levas. La sucesión de los movimientos y la selección de trayectorias o ángulos son variables dentro de la pauta de programa fija. Las variaciones o modificaciones de la pauta de programa (por ejemplo, cambios de pasadores o intercambios de levas) en uno o más ejes de movimiento sólo se pueden realizar mediante operaciones mecánicas;
- d) Mecanismos de manipulación en secuencia variable no controlados por servomecanismos, consistentes en dispositivos móviles automatizados, que funcionen según movimientos programados mecánicamente fijos. El programa es variable, pero la sucesión de instrucciones sólo se ejecuta mediante una señal binaria proveniente de dispositivos binarios eléctricos mecánicamente fijos o topes ajustables;
- e) Grúas apiladoras, definidas como sistemas manipuladores en coordenadas cartesianas fabricadas como parte integrante de un conjunto vertical de tolvas de almacenamiento y que tienen por objeto lograr acceso al contenido de esas tolvas con fines de almacenamiento o recuperación;
- f) Robots especialmente concebidos para aplicaciones industriales no nucleares, como cabinas para pintura de automóviles por aspersión.

"Sensores" - Detectores de un fenómeno físico, cuya señal de salida (luego de su conversión en una señal que pueda ser interpretada por un controlador) puede generar programas o modificar instrucciones programadas o datos numéricos de programas. Comprenden sensores con visión de máquina, obtención

/...

de imágenes infrarrojas, obtención de imágenes acústicas, sensaciones táctiles, medición inercial de la posición, telemetría óptica o acústica o medición de fuerzas o momentos de fuerza.

"Tablero de control de movimientos" - Un conjunto electrónico concebido especialmente para dotar a un sistema de computación de la capacidad de coordinar simultáneamente los movimientos de ejes de máquinas herramientas para control de perfilado.

"Unidad de fabricación flexible" (designada también a veces como "sistema de fabricación flexible" o "celda de fabricación flexible")

Una entidad que incluye una combinación por lo menos de los siguientes elementos:

- a) Una computadora digital, inclusive su propia memoria y su propio equipo conexo; y
- b) Dos o más de los elementos siguientes:
 - 1) Una máquina herramienta, como se describe en el párrafo 25 del anexo 3;
 - 2) Una máquina de inspección dimensional, como se describe en el párrafo 26 del anexo 3;
 - 3) Un robot, como se describe en el párrafo 65 del anexo 3;
 - 4) Equipo controlado digitalmente, como se describe en el inciso 5.3 del anexo 3.
