

(19):



(11) No de publicación:

AR 086102 A1

(41) Fecha de publicación:

20.11.2013

(51) Int. Cl.:

G21K 1/02

(12)

Solicitud de Patente Independiente

(22) Fecha de presentación:

17/04/2012

(71) Solicitante(s):

**FUNDACION ESCUELA DE MEDICINA NUCLEAR
(FUESMEN) ,GARIBALDI 405, MENDOZA, PROV. DE
MENDOZA, AR
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (C.N.E.A.)
,AV. DEL LIBERTADOR 8250, CDAD. AUT. DE BUENOS
AIRES, AR**

(21) Número de solicitud:

P120101316

(72) Inventor(es):

SANZ, DARIO ESTEBAN

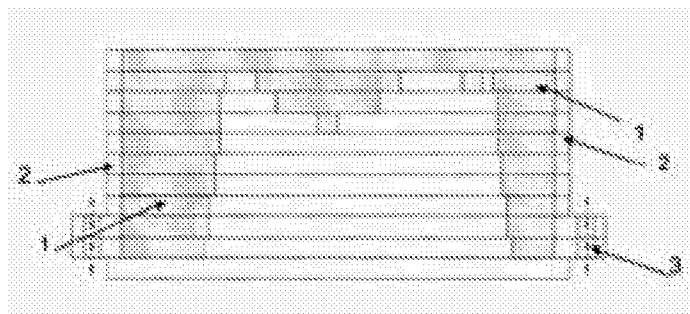
(74) Representante: **1812**

(54) Título:

METODO DE FABRICACION DE FILTROS MODULADORES METALICOS Y FILTRO OBTENIDO CON EL MISMO

(57) Resumen:

El método de fabricación de filtros moduladores metálicos de espesor variable, de aplicación para la colimación en radioterapia, consta en trabajar con colada por molde, pero con la particularidad de que el molde se realiza por capas, donde cada capa resulta ser una estructura bidimensional, de manera tal que el apilamiento y adhesión entre sucesivas capas da lugar a una representación del molde original. Dichas capas pueden ser construidas con aglomerado de madera de densidad media (MDF), son cortadas automáticamente con una cortadora láser a partir de archivos específicos que se confeccionan a partir de los datos numéricos del filtro modulador. Luego se pega cada capa a la anterior con cola vinílica, o cualquier adhesivo que no genere un espesor adicional significativo, de manera tal de que al retirar la parte que se rellenará con metal, quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta. A continuación se realiza el llenado de la capa de arriba. Se reitera sucesivamente el pegado y llenado de las sucesivas capas hasta completar el filtro. El filtro para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, obtenido con dicho método, está compuesto por capas de láminas, que forman el contorno lateral de una aleación metálica interior, que cumple la función de colimador en el equipo de radioterapia. Dichas capas pueden contener o formar parte de un elemento de sujeción al equipo de radioterapia.



REPUBLICA ARGENTINA
(AR)



SOLICITUD DE:

311900

PATENTE DE INVENCION: ☐



CERTIFICADO DE MODELO

INPI Exp.: **20120101316**



INPI
Administración Nacional de Patentes

CONTROL ADMISIÓN

INTIMACIÓN ☒ NO ☐ SI

Trámite: 12061958 PATENTES Importe: \$550.-

Fecha/Hora: 17/04/2012 14:0:8.83

Agente: FERNANDEZ JORGE ANIBAL

I. SOLICITANTE(S):

1) Apellido y Nombre/Denominación o Razón Social

1) 95 % - Fundación Escuela de Medicina Nuclear (FUESMEN)

2) 5 % - Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

2) Documento de Identidad:

Estado Civil

Nupcias:

Nombre del Cónyuge:

3) Caja de Jubilación o AFJP:

N° de CUIL o CUIT: IVA:

4) Inscripto en el Registro Industrial de la Nación (Decreto-Ley 19.971/72) N°

5) Domicilio Real: **1) Garibaldi 405, Mendoza, República Argentina.**

2) Avda. Del Libertador N° 8250, Capital Federal, República Argentina

Legal: **Avda. Del Libertador N° 8250, Capital Federal, República Argentina**

II. Objeto:

6) Título de la Invención: **"MÉTODO DE FABRICACIÓN DE FILTROS MODULADORES METÁLICOS Y FILTRO OBTENIDO CON EL MISMO"**

7) Carácter de la Patente / Modelo de Utilidad:

Definitiva, por el Término de: **20 años**

Adicional a la Solicitud N° / Patente N°

Divisional de la Solicitud N°

8) Ley 17.011 Fecha de Prioridad:

País

N°

III. Documentación acompañada

9) Se acompaña:

a) Comprobante pago de servicio requerido



b) Formulario (ANEXO II) hoja técnica



c) Carátula



- d) Memoria descriptiva
- e) Reivindicaciones firmadas
- f) Dibujos (Anexo III)
- g) Numero de figuras reducidas
- h) Resumen (Anexo I)
- i) Copia Certificada (Ley 17.011)
- j) Documento de Cesión
- k) Dibujos informales

☒
☒
☒
☐
☐
☐
☐

IV Sociedades

10) Sociedad, representada por.....**Ing. Jorge Aníbal Fernandez**.....

.....
 quien declara bajo juramento que inviste el carácter de **Representante de CNEA y Apoderado de FUESMEN**.....

que su mandato se encuentra vigente y que la Sociedad se halla inscripta en.....

Fecha.....N°.....F°.....Lib.....T°.....

V Mandato

11) Poder inscripto en...**Resolución de CNEA n° 60/96**.... Registrado en el INPI bajoN°.....

..... Otro Registro:..... N°

12) En este acto, se autoriza a :**Carla Priano**.....**DNI:33.022.488**.....

para todas aquellas gestiones de mero tramite tales como practicar desgloses, retirar testimonios, certificados, títulos, copias y notificaciones en el expediente.

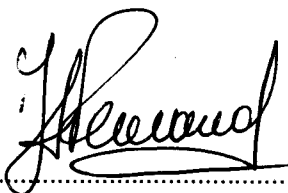
13) Se acompaña poder: **Resolución CNEA n° 60/90y Autorización INPI** ☒

Poder de FUESMEN para Tramitar ante el INPI – Legalización N° 718523

14) Caja jubilación o AFJP..... N° CUIL o CUIT.....**20-8442307-7**.....

15) Agente Nro. **1812 – Jorge Aníbal Fernandez**.....

VI Observaciones: El inventor es Darío Esteban Sanz.....



(Firma del autorizado)

(Firma del(los) Solicitante(s) y/o apoderado)

Ing. **Jorge Anibal FERNANDEZ**
Agente 1812

Cópias 311 pao - \$500⁰⁰
 Cópias 312 pao - x 2 - \$50⁰⁰

Memoria Descriptiva de la Patente de Invención

denominada

**“MÉTODO DE FABRICACIÓN DE FILTROS
MODULADORES METÁLICOS Y
FILTRO OBTENIDO CON EL MISMO”**

Solicitada por

**95 % - Fundación Escuela de Medicina Nuclear, residente en
Garibaldi 405, Mendoza, República Argentina.**

**5 % - Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), residente en
Av. del Libertador 8250, Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
República Argentina.**

Inventor: Darío Esteban Sanz

Por el plazo de 20 años

La presente invención se refiere a un método de fabricación de filtros moduladores metálicos y al filtro obtenido con el mismo.

El filtro de la invención es de aplicación en radioterapia de intensidad modulada (IMRT, por sus siglas en inglés) en haces externos de fotones de alta energía.

La radioterapia es una disciplina médica que se encarga del tratamiento de enfermedades relacionadas con la proliferación anómala de células (predominantemente cáncer) con el uso de radiaciones ionizantes. Existen diversos tipos de radiación que se pueden utilizar en radioterapia con haces externos, siendo las más utilizadas las radiaciones con fotones, seguidas por las de electrones. Actualmente los haces externos de fotones son generados por aceleradores lineales (mayoría), seguido por bombas de cobalto 60.

Para llevar a cabo la radioterapia externa con fotones, se hacen incidir sobre el paciente diversos haces de radiación, colimados adecuadamente para producir una alta dosis en el tumor (o volumen blanco de planificación) y una dosis razonablemente baja en los órganos de riesgo y tejido sano. A esta forma de irradiación se la denomina radioterapia conformacional. La colimación consiste en delimitar el haz con bloques metálicos para producir atenuación de la radiación en las zonas que no se desea irradiar. La delimitación puede ser llevada a cabo por sistemas de colimación automáticos, colimadores de hojas múltiple (denominados MLC) que están dispuestos en el cabezal del equipo de irradiación, o por bloques realizados con aleaciones plomadas, que se construyen en un taller de manera personalizada (denominados filtros moduladores metálicos). Independientemente del sistema de colimación que se utilice, la fluencia o intensidad de partículas es relativamente uniforme en la sección de cada haz.

La IMRT (radioterapia de intensidad modulada) es una técnica de irradiación que consiste en hacer variable la fluencia energética de fotones en la sección de cada haz. Esta particularidad, a diferencia de la radioterapia conformacional, permite obtener distribuciones de dosis optimizadas, con una

mejor cobertura del volumen blanco de planificación y con menores dosis en los órganos de riesgo. Esta modalidad tiene ya 20 años aunque sigue siendo novedosa en Argentina. Una forma de producir una intensidad variable en la sección del haz consiste en colimar temporalmente cada punto irradiado. Esto se puede realizar con colimadores multihojas MLC. Los sistemas con colimadores MLC normalmente son provistos por el fabricante del acelerador lineal en cuestión y por lo tanto requieren de inversiones mas costosas. Diversas configuraciones geométricas del MLC en el curso de una irradiación dan como resultado una distribución variable de intensidad dentro de cada haz.

La colimación con filtro metálico consiste en interponer un filtro metálico (filtro modulador), de espesor variable, de manera tal de producir una atenuación variable en la sección de cada haz. Las ventajas de los filtros moduladores son:

- Pueden utilizarse en cualquier maquina de irradiación, sin presentar incompatibilidad tecnológica
- La implementación de un programa de IMRT con aplicación de filtros moduladores evita la inversión inicial de un sistema de colimadores MLC y el software asociado, lo que hace a este sistema muy atractivo, especialmente en los países emergentes.
- Los controles de calidad son mas sencillos.
- En ciertos casos pueden presentar mejores distribuciones de dosis, particularmente en campos de irradiación pequeños.
- No son una causa adicional de fallas, como pueden ser los sistemas MLC (rotura de motores).

Entre las desventajas de los filtros moduladores se pueden mencionar:

- El técnico operador debe ingresar al recinto de irradiación para el cambio del filtro modulador para todos los haces de irradiación de un dado paciente. En cambio, con la técnica de MLC, el procedimiento es remoto.
- Requiere de tiempos y recursos humanos extras para su fabricación y

gestión.

- Si un filtro modulador resulta inaceptable luego de su control de calidad inicial, o si un dado paciente es objeto de un replaneo terapéutico, surge la necesidad de volver a fabricar tal o tales filtros moduladores. En cambio, en una situación similar con MLC, la transición es inmediata.

Debido a su bajo costo relativo, sin embargo, los filtros moduladores son una alternativa excelente en los países emergentes.

Actualmente, en su mayoría, los filtros moduladores se fabrican a través de fresas de control numérico, tallando una dada pieza de metal (plomo, bronce, latón) a partir de un archivo de coordenadas que se genera a través de un sistema computarizado de planificación de tratamientos. El tamaño típico de un filtro modulador ronda el decímetro cúbico aunque puede variar bastante en dependencia del caso.

Hay otros sistemas de fabricación, menos usados, que consisten en armar los filtros moduladores ensamblando pequeñas piezas regulares (de forma manual o automática), hasta alcanzar la forma irregular deseada. Otros sistemas consisten en la confección de un molde de telgopor y posterior llenado con esferitas de plomo cuyo diámetro es aproximadamente 1 mm, o colando una aleación eutéctica de bajo punto de fusión.

La patente US 4,480,920, divulga un filtro modulador que se fabrica por capas, cuya forma responde a la variación de la superficie del paciente, y cuya topología se obtiene a partir de técnicas fotográficas. En este caso las capas resultan de un apilamiento de finas láminas de plomo. Esta técnica no es aplicable en IMRT ya que se concibió para compensar variaciones en la superficie del paciente en radioterapia conformacional. Adicionalmente, la mencionada patente hace referencia a la forma de obtener los contornos (con técnicas fotográficas) y no a la fabricación de los filtros moduladores.

Los filtros conocidos son los resultantes de dichos métodos de fabricación, presentando una parte metálica con algún elemento de fijación al equipo de radioterapia.

Los métodos de ensamblado de piezas presentan el inconveniente de que presentan una resolución espacial mínima, determinada por el tamaño de las piezas de ensamble, típicamente de 1cm³. El filtro realizado con esferitas puede resultar subóptimo si las esferas no se aglomeran bien. Adicionalmente, un movimiento entre ellas puede cambiar el mapa de atenuación y producir situaciones de irradiación inexactes y/o inseguras. En el caso de una colada por molde completo, pueden surgir rechupes, lo que también cambia el mapa de atenuación planificado dando lugar a resultados inadmisibles.

En la Argentina el sistema mas utilizado es el de mecanizado por control numérico. El mecanizado por control numérico brinda una pieza virtualmente exacta (las tolerancias mecánicas que resultan del maquinado (centésimas de mm) exceden las requeridas en radioterapia (mm). Sin embargo, existen algunos inconvenientes asociados a esta técnica.

- La altura máxima del filtro modulador está limitada por la herramienta de tallado. Una altura de 8 cm, que en algunas situaciones puede ser necesaria, puede restringir el diámetro mínimo de la herramienta que se utiliza. La altura del filtro modulador define la relación entre fluencia mínima y máxima debajo de ese filtro, y es un factor determinante en su diseño.
- Dada la naturaleza divergente de los haces de radiación, la superficie irregular que presenta un filtro modulador puede implicar paredes inclinadas respecto de su eje, lo que, en dependencia de la inclinación resultante, imposibilita el tallado con fresas axiales. Esto puede dar lugar a variaciones entre la dosis lograda con la utilización de estos filtros y la planificada.
- Los tiempos de fresado son proporcionales al tamaño del filtro modulador. La confeccion de filtros moduladores grandes puede demandar varias horas.
- Las fresas de control numérico requieren mano de obra especializada y un cuidadoso mantenimiento. Son maquinas costosas (varias decenas y hasta una centena de miles de dólares).
- Los bloques de metal utilizados para maquinar no necesariamente son

fabricados por la empresa o persona encargada del mecanizado. Se requiere entonces de controles de calidad que certifiquen la homogeneidad y composición del metal.

La novedad del método de fabricación de filtros moduladores de la invención, para su uso en radioterapia de intensidad modulada, consiste en ser contruidos a partir de moldes discretizados en capas que se usan para colar una aleación plomada, o con materiales de alto número atómico y densidad, de bajo punto de fusión, y en que la colada se realiza capa por capa, evitando de esta manera el rechupe del material.

A los efectos de evitar el rechupe, la colada se va realizando capa por capa, en la medida que se va armando el molde, esto es, la colada crece con el molde, siendo esto un punto vital que determina la calidad de los mismos.

Las ventajas del método de fabricación de filtros moduladores de la invención, frente a la confección con fresa numérica, son:

- Se pueden fabricar filtros de cualquier altura. Basta para ello generar más capas.
- Las paredes o bordes inclinados no son una limitación constructiva.
- Los tiempos de construcción son lineales con el número de capas (más capas implica más tiempo de cortado). Sin embargo, el tiempo de colada es prácticamente independiente del tamaño del filtro modulador. Esto da lugar a que el tiempo total sea sub-lineal con el tamaño. En suma, el tiempo de confección de estos filtros resulta considerablemente menor que utilizando fresas numéricas.
- Cualquier persona con capacidades manuales puede confeccionarlos. En cuanto al manejo de la cortadora láser, sólo requiere conocimientos básicos de computación: manejo de planillas de cálculo e impresoras. En efecto, la cortadora láser actúa como una impresora.
- Las aleaciones utilizadas se consiguen en lingotes certificados provistos por cualquier metalúrgica de aleaciones especiales. En el proceso de colada se

pueden fundir en un crisol de baja temperatura.

El objeto principal de la invención consiste en fabricar filtros moduladores con tecnología más sencilla, que no requiera de mano de obra especializada, y que permita diseñar filtros de cualquier tamaño, aún con paredes inclinadas, sin comprometer los tiempos de fabricación ni la calidad de los mismos en términos de la dosis suministrada a los pacientes.

Otro objetivo del método de fabricación de filtros moduladores de la invención es obtener dichos filtros mediante una técnica de fusión evitando deformaciones o rechupes de material.

Otro objeto de la invención es obtener un filtro que cumpla con la colimación requerida y pueda adaptarse al equipo de radioterapia.

El método de la presente invención consta en trabajar con colada por molde, pero con la particularidad de que el molde se realiza por capas, donde cada capa resulta ser una estructura bidimensional, de manera tal que el apilamiento y adhesión entre sucesivas capas dá lugar a una representación del molde original. Dichas capas, aproximadamente 15, pueden ser construidas, por ejemplo, con aglomerado de madera de densidad media (MDF, medium density fiberboard, por sus siglas en inglés), son cortadas automáticamente con una cortadora láser a partir de archivos específicos que se confeccionan a partir de los datos numéricos del filtro modulador.

La novedad de la invención radica en los siguientes aspectos:

- Realización del molde con capas de MDF. Cada capa representa un nivel fijo de atenuación de la radiación, por lo que este tipo de filtros moduladores produce una distribución de intensidades digitalizada. Desde el punto de vista físico esta es la novedad principal. Otra novedad que introduce este material usado como molde es que se pueden usar aleaciones de mayor temperatura de fusión, como ser aleaciones de bismuto y estaño (sin plomo ni cadmio), que funde a 136 grados Celsius.
- Una vez colado el eutéctico, el MDF que constituye el soporte estanco se deja como parte integral del filtro modulador, que sirve para su anclaje en

una bandeja.

- Colada por capas, a los efectos de evitar el rechupe.

El método de fabricación de filtros moduladores de la presente invención, consta de la siguientes etapas:

- a) Exportar de un planificador computado de tratamientos los datos para fabricar un filtro modulador.
- b) Definir la cantidad de capas, espesor y tamaño de las mismas.
- c) Cortar la placa, a partir de una lámina de MDF, con una cortadora láser y remover la parte a rellenar con metal.
- d) Pegar la capa a la anterior con cola vinílica, o cualquier adhesivo que no genere un espesor adicional significativo, de manera tal de que al retirar la parte que se rellenará con metal, quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta.
- e) Realizar el llenado de la capa de arriba.
- f) Reiterar las etapas d) a e), hasta completar las capas definidas en la etapa b).

Como alternativa, para lograr una terminación plana en la colada de la última capa, se puede realizar la siguiente etapa:

- g) Realizar la última capa: se coloca una lámina de MDF prensada sobre la anteúltima capa y se aplica la aleación colocando la estructura de costado.

El filtro de la invención, para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, difiere de los conocidos por estar compuesto por capas de láminas, por ejemplo de madera aglomerada, que forman el contorno lateral de una aleación metálica interior, que cumple la función de colimador en el equipo de radioterapia, mientras su superficie superior e inferior del metal pueden estar libres o cubiertas. Dichas capas pueden contener o formar parte de un elemento de sujeción al equipo de radioterapia.

A fin de una mejor comprensión de la presente invención y mayor

entendimiento de las ventajas comentadas, más las que los entendidos en la especialidad podrán agregar, se realiza a continuación la descripción detallada de un ejemplo preferido de realización del filtro de la presente invención y del método de fabricación, en base a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 muestra un corte vertical del filtro de la invención, donde se observan las capas de MDF, con su interior de metal.

La figura 2 muestra una matriz donde cada elemento está asociado a una coordenada X,Y. A cada elemento X,Y se le hace corresponder una cota Z.

La figura 3 muestra un corte del filtro modulador, donde cada punto negro representa la cota y posición de los puntos discretos que definen el modulador. Los puntos se interpolan para dar continuidad tridimensional al filtro. La flecha vertical indica el eje Z y es el sentido en que se dirige la radiación.

La figura 4 representa la discretización en capas para el filtro modulador dado en el ejemplo.

La figura 5 representa la capa 8 del filtro modulador dado en el ejemplo.

La figura 6 representa la capa 8 del filtro modulador dado en el ejemplo, en la que se ha sustituido la madera por metal en las zonas correspondientes.

En la figura 7 muestra el llenado de una capa y la inmediata superior.

Como se puede observar en la figura 1 el filtro de la invención tiene una parte interna metálica (1), de un metal atenuador, rodeada lateralmente e interiormente con placas (2) de madera aglomerado con sus elementos para sujeción (3). Dichos elementos de sujeción constituyen una extensión lateral de las capas 1 y 2, con orificios por donde pasar un tornillo o bulón para sujetar la estructura a una bandeja compatible con el equipo de irradiación de que se trate. Dichas capas extendidas son cortadas automáticamente por la cortadora láser. Se hace notar que cada marca y modelo de acelerador lineal tiene su propio sistema de bandejas.

La figura 2 muestra una matriz donde cada elemento está asociado a

una coordenada X,Y. A cada elemento X,Y se le hace corresponder una cota Z. Por ejemplo, un tamaño de campo de 10x10 cm² proyectado en en plano isocentrico (esto es, la seccion de un dado haz) para un tamaño de beamlet de 5x5 mm², dara lugar a una matriz con un tamaño de 20x20. Los aceleradores lineales producen tamaños de campo rectangulares que van desde los 4x4 cm² hasta 40x40 cm². Estas variables definen la dimension de la matriz que define el filtro modulador.

En la figura 3 se muestra un corte de la parte metálica (1) del filtro modulador, donde cada punto negro representa la cota y posición de los puntos discretos que definen el modulador. Los puntos se interpolan para dar continuidad tridimensional al filtro. La flecha vertical (4) indica el eje Z y es el sentido en que se dirige la radiación.

La figura 4 representa la discretización en capas (2) para el filtro modulador dado en el ejemplo. En este ejemplo ilustrativo el filtro se ha compuesto de 10 capas de MDF (2), con metal (1), y la parte sin color correspondiente al MDF. Nótese que aparece una capa abajo (5), que es la base para comenzar la colada y que se denomina capa cero. La cantidad de capas la define el usuario, como así también el espesor de las mismas, que puede ser variable. Para que la discretización no introduzca perturbaciones significativas en la distribución de dosis producida, las capas pueden tener un espesor máximo de 6 mm. Una distribución recomendada de espesores es: 11 capas de 5.6 mm de espesor y 4 capas de 3.1 mm de espesor. Las primeras (de abajo hacia arriba) son las más gruesas (6). Las más finas, que son las últimas, dan más detalle a la forma moduladora (7).

La figura 5 representa la capa 8 (empezando de abajo e indicada con 8 en la figura 4). En ella se observan los cortes producidos por la cortadora láser.

La figura 6 representa la capa 8 (8), con MDF (9), en la que se ha sustituido la madera por metal en las zonas correspondientes (10) y (11). Previo a la colada del metal, esa capa va pegada a la anterior con cola vinílica, de manera tal de que al retirar la parte de MDF que se rellenará con metal,

quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta. La adhesión se logra con un prensado manual de 20 segundos. No se necesita que la cola vinílica frague completamente.

En la figura 7 se observa un corte de la capa 8 y la de debajo de ella, en el que se aprecia una característica clave de este método: el llenado de la capa de abajo (12) no necesita una terminación perfectamente plana, como se puede ver en la unión de las dos capas (13). Naturalmente, el llenado de la capa de arriba (8) salva los desniveles propios de una colada manual.

Para lograr una terminación plana en la colada de la última capa, como se observa en la Figura 8, se coloca una lámina mas gruesa (14), típicamente de 18 mm de MDF prensada sobre la capa en cuestión y se aplica la aleación (15) colocando la estructura de costado, por el acceso de carga (16). Con ello, se logra una terminación con imperfecciones del orden de la décima de mm.

Finalmente se retira la capa cero (5), indicada en la Figura 8, y el filtro modulador, de la presente invención, queda definido por las restantes capas (2) de MDF y la parte metálica (1), como también se observa en la Figura 1, quedando terminado para ser sometido a los controles de calidad dosimétricos.

El método de fabricación de filtros moduladores metálicos, de la invención, consta de la siguientes etapas:

- a) Exportar de un planificador computado de tratamientos los datos para fabricar un filtro modulador.

Finalizada la planificación de un tratamiento radiante de IMRT con filtros moduladores se puede disponer de datos que representan la geometría de tales filtros. Habitualmente los planificadores computados proporcionan datos en formatos que puedan ser interpretados por fresas de control numerico aunque tambien los datos aparecen en formato ASCII. Para el presente metodo alcanza con disponer de los datos en formato ASCII. Estos datos se ordenan de manera matricial, en formato XYZ, esto es, filas (X), columnas (Y) y valores asociados que representan la cota Z. Cada punto (X,Y) representa una posición en el filtro, siendo Z el espesor del filtro en ese punto, medido ortogonalmente

al plano $Z=0$. Cada haz se divide en sub haces (beamlets, en ingles) con un tamaño típico de $5 \times 5 \text{ mm}^2$ proyectado a una distancia de 100 cm de la fuente radiante. Habitualmente a esta distancia se define un plano de referencia, que es ortogonal al haz (plano isocéntrico) y es la distancia donde habitualmente yace el tumor o volumen blanco de planificación. Al centro de cada beamlet se le asigna un valor de intensidad, lo que da lugar a un espesor de filtro modulador. En este sentido, el par X,Y representa un dado beamlet, siendo Z el espesor de material atenuador. El tamaño de un dado beamlet a nivel del filtro modulador depende de la distancia entre la fuente y el filtro en cuestión. En esta manera, el tamaño del filtro modulador también depende de su distancia a la fuente de radiación, típicamente 50 cm.

b) Definir la cantidad de capas, espesor y tamaño de las mismas.

Con el presente método se construyen filtros moduladores con un número finito de capas. Esto produce que los valores de fluencia energética de fotones (intensidad de la radiación) adopte valores discretos o digitales. Una distribución recomendada de espesores es: 11 capas de 5.6 mm de espesor y 4 capas de 3.1 mm de espesor. Cada capa de 5.6 mm produce una atenuación aproximada de 22% y cada capa de 3.1 mm una atenuación de 13 % cuando el potencial nominal de aceleración es de 6 MV (megavoltaje nominal). Cada valor Z de un filtro modulador continuo estará asociado a un dado número de capas superpuestas. Por ejemplo, si un valor Z es 3.3 mm, dicho Z estará representado por una capa de 3.1 mm. Para realizar la transformación del filtro continuo al filtro discreto se deben calcular los niveles de fluencia energética (intensidad) permitidos por el filtro modulador discreto, utilizando la ley de atenuación exponencial con el uso del coeficiente de atenuación lineal del metal y de la madera. Dichos coeficientes de atenuación exponencial se determinan experimentalmente y para cada equipo de irradiación. De esta manera, conociendo la atenuación que produce un dado espesor Z del filtro continuo, se puede determinar cuantas capas de metal (y su madera asociada) hacen falta para aproximarlo. Así, el conjunto de puntos (X,Y) que requieren de igual cantidad de capas constituyen una región cuyo borde o frontera (que

denominamos curva de nivel) representa el corte a realizar en una dada lamina de MDF. Si bien la discretizacion en capas produce diferencias en las transmisiones respecto del filtro modulador continuo, estas diferencias no se trasladan significativamente a la distribución de dosis producida en el paciente. Dada la naturaleza divergente de la radiación, el tamaño de la representación de una dada curva de nivel depende de la distancia entre la fuente de radiación y la capa en cuestion.

- c) Cortar la placa, a partir de una lámina de MDF, con una cortadora láser y remover la parte a rellenar con metal.

Conocido el mapa de cortes que hay que realizar para cada capa, se coloca un panel de MDF en la plataforma de apoyo de la cortadora laser (tipicamente de 100 cm x 50 cm) y se procede a los cortes automáticos. Se define tambien una capa cero, que es rectangular en forma, y que se utiliza como base para comenzar a armar el filtro. La primera colada (correspondiente a la primera capa) apoyara sobre la capa cero.

- d) Pegar la capa a la anterior con cola vinílica o cualquier adhesivo que no genere un espacio entre dos capas sucesivas, de manera tal de que al retirar la parte que se rellenará con metal, quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta.

El montaje de las sucesivas capas requiere de alguna fijacion para que no ocurra un deslizamiento inadvertido antes de realizar la colada. Los adhesivos vinilicos cumplen bien esta funcion. Una vez solidificada la colada, las capas metalicas quedan soldadas entre si y la funcion del adhesivo ya no es importante.

- e) Realizar el llenado de la capa de arriba

Cuando una dada capa queda ubicada en la posición correcta, apoyada sobre la capa anterior y habiendo retirado la parte que corresponde a metal, se procede al volcado del eutectico liquido hasta que la capa en cuestion quede llena. No importa que el nivel final del colado sea exactamente el espesor de la capa. Las sucesivas coladas compensaran las imperfecciones de cada capa.

- f) Reiterar las etapas d a e, hasta completar las capas definidas en la etapa b.

El proceso es reiterativo, hasta llegar a la ultima capa. Para estos espesores de capa, la solidificacion demora aproximadamente un minuto, porque se puede trabajar de manera casi continua. Inclusive, antes de que ocurra una solidificacion completa, ya se puede ir colocando la capa de MDF siguiente.

La colada de la ultima capa requiere una leve modificación del método. Si se vierte el metal hasta alcanzar el nivel correspondiente a la ultima capa la terminación resulta irregular. Para lograr una terminación plana en la colada de la última capa, se realiza una etapa adicional g) (opcional):

- g) Realizar la última capa: en la etapa anterior se completan las capas hasta la capa N° (b-1) y para la capa N° b se coloca una lámina mas gruesa (típicamente de 18 mm) de MDF prensada sobre la capa en cuestión y se aplica la aleación colocando la estructura de costado.

Con esta última etapa, se logra una terminación con imperfecciones menores a la décima de mm.

Finalmente se retira la capa cero y el filtro modulador esta listo para ser sometido a los controles de calidad dosimetricos.

El filtro modulador así fabricado ya presenta una estructura de fijación con orificios, automáticamente generada en el proceso de corte. El usuario define la cantidad de orificios, típicamente tres o cuatro. Por dichos orificios se pueden pasar tornillos o bulones, para fijar el filtro modulador a otra bandeja, que dependerá del modelo y marca de acelerador lineal.

Para mayor aclaración de la presente invención, y la manera en que la misma ha de ser llevada a la práctica, se amplía lo mencionado en la descripción detallada de las etapas, y se explica a continuación un **ejemplo de realización del método** de fabricación de filtros moduladores metálicos, de la invención:

- a) Exportar de un planificador computado de tratamientos los datos para

fabricar un filtro modulador

Finalizada la planificación computada de un dado tratamiento con radioterapia de intensidad modulada, el planificador computado genera los archivos de datos de los filtros moduladores. Se dispondrán de tantos archivos como haces de radiación de hayan configurado, típicamente entre 5 y 10, siendo lo más frecuente 5. Estos archivos se exportan en formato ASCII, habitualmente con extensión txt. Cada archivo representa numéricamente un dado filtro modulador, según se explicó en la figura 2.

b) Definir la cantidad de capas, espesor y tamaño de las mismas.

Se define en cuantas capas dividirá el filtro modulador y que distribución de espesores le asignara a cada una. Las capas se numeran de 1 a N, donde N es la última capa utilizada en el proceso.

La distribución adoptada de espesores fue: 11 capas de 5.6 mm de espesor y 4 capas de 3.1 mm de espesor. Cada capa de 5.6 mm produce una atenuación aproximada de 22% y cada capa de 3.1 mm una atenuación de 13 % cuando el potencial nominal de aceleración es de 6 MV (megavoltaje nominal). Cada valor Z de un filtro modulador continuo estará asociado a un dado número de capas superpuestas. Por ejemplo, si un valor Z es 3.3 mm, dicho Z estará representado por una capa de 3.1 mm. Estos espesores aparecen comercialmente en las láminas de MDF.

Los archivos se procesan luego de definido el número de capas y el espesor de cada una, para obtener las curvas de nivel que definen los cortes a realizar en cada capa. Los filtros de la presente invención producen un mapa discreto (digital) de atenuación de la radiación. A una dada región X,Y del filtro discreto le corresponderá un dado número de capas de metal (que llamaremos p) y un dado número de capas con madera, que resultará ser N-p. Esta combinación da lugar a una atenuación de la radiación. De esta manera el número de capas de metal p se elige en función del espesor Z que caracteriza esa posición del filtro modulador.

c) Cortar la placa, a partir de una lámina de MDF, con una cortadora láser y

remover la parte a rellenar con metal.

Conocido el mapa de cortes que hay que realizar para cada capa, se coloca un panel de MDF en la plataforma de apoyo de la cortadora laser (típicamente de 100 cm x 50 cm) y se procede a los cortes automáticos (cortes con un espesor típico de 0.2 mm, que no afectan la exactitud del método).

A los efectos de comenzar el procedimiento de fabricación, se confecciona una capa cero, rectangular en forma, y que se utiliza como base para comenzar a armar el filtro, sobre la cual apoyara la primera colada del metal.

Las dos capas siguientes, capas 1 y 2, presentan una extensión lateral (alas) a la que se le practican 3 ó 4 orificios con la finalidad de fijar toda la estructura del filtro a una bandeja que encaja en el sistema de colimación del acelerador en cuestión.

- d) Pegar la capa a la anterior con cola vinílica o cualquier adhesivo que no genere un espacio entre dos capas sucesivas, de manera tal de que al retirar la parte que se rellenará con metal, quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta.

Dispuesta la capa cero, se coloca el adhesivo en la parte inferior de la capa 1, excepto en la parte que se ha de remover y que corresponde a la que luego se rellenara con metal. Colocado el adhesivo (que puede ser cola vinílica), se monta la capa 1 sobre la capa cero y se ejerce una ligera presión manual durante aproximadamente 20 segundos, a los efectos de lograr suficiente adherencia para que al retirar las partes a rellenar no se produzcan desplazamientos entre las laminas de MDF.

- e) Realizar el llenado de la capa de arriba

Una vez retiradas las partes a rellenar se cuela el metal, hasta alcanzar un nivel aproximado al espesor de dicha capa. Con la capa 2 se procede de manera similar hasta llegar a la capa N (última capa). El metal que ha de utilizarse en las diversas coladas se mantiene líquido en un crisol ubicado en el banco de trabajo. El vertido del metal puede realizarse con un cucharón.

En el presente ejemplo de realización el material que se utiliza para la colada es Cerrobend® sin Cadmio, un eutéctico comercial de bajo punto de fusión (95 grados Celsius), que contiene Plomo, Estaño y Bismuto.

f) Reiterar las etapas d a e, hasta completar las capas definidas en la etapa b, menos una que será la última.

El proceso es reiterativo, hasta llegar a la anteúltima capa. Para estos espesores de capa, la solidificación demora aproximadamente un minuto, porque se puede trabajar de manera casi continua. Inclusive, antes de que ocurra una solidificación completa, ya se puede ir colocando la capa de MDF siguiente.

g) Realizar la última capa:

La colada de la última capa requiere una leve modificación del procedimiento. Si se vierte el metal hasta alcanzar el nivel correspondiente a la última capa la terminación resulta irregular. Para lograr una terminación plana en la colada de la última capa, se coloca una lámina mas gruesa (de 18 mm) de MDF prensada sobre la capa en cuestión, colocando la estructura de costado, y se aplica la aleación, a través de un acceso lateral realizado a tal fin, como se indica en la Figura 8. Con ello, se logra una terminación con imperfecciones menores a la décima de mm.

h) Retiro de la capas sobrantes:

Finalmente se retira la capa cero la capa de 18 mm colocada para el llenado de la última capa quedan el filtro modulador listo para ser sometido a los controles de calidad dosimétricos.

Se realizan los controles de calidad dosimétricos y aprobados éstos, queda en condiciones para el montaje del filtro en el equipo de irradiación, a través de sus orificios para fijación y poder efectuar el correspondiente tratamiento al paciente.

Siguen 12 reivindicaciones en página 19

REIVINDICACIONES

Habiendo descripto y determinado la naturaleza y alcance de la presente invención, y la manera que la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara lo que se reivindica como invención y de propiedad exclusiva :

1. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos de espesor variable, de aplicación para la colimación en radioterapia, caracterizado por comprender, por lo menos, las siguientes etapas:

- (a) - Exportar de un planificador computado de tratamientos los datos para fabricar un filtro modulador.
- (b) - Definir la cantidad de capas, espesor y tamaño de las mismas.
- (c) - Cortar una placa, a partir de una lámina de un material no metálico, y remover la parte a rellenar con metal. Preparar una capa base para comenzar la colada, denominada capa cero.
- (d) - Pegar la capa a la anterior, de manera tal de que al retirar la parte que se rellenará con metal, quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta.
- (e) - Realizar el llenado de la capa de arriba con un material metálico atenuador, en los sectores a rellenar con metal.
- (f) - Reiterar las etapas d) y e), hasta una última capa que complete las capas definidas en la etapa b).

2. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 1, caracterizado porque en dicha etapa (c) dicho material no metálico es aglomerado de madera de densidad media (MDF), y en dicha etapa (d) el pegado entre capas se realiza con un adhesivo que no genere un espesor adicional significativo.

3. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la

reivindicación 2, caracterizado porque dicho adhesivo para el pegado entre capas es cola vinílica.

4. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 1, caracterizado porque para el llenado de dicha última capa, se coloca una lámina sobre dicha última capa y se aplica la aleación metálica colocando la estructura de costado, a través de un acceso de carga.
5. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 2, caracterizado porque para el llenado de dicha última capa, se coloca una lámina sobre dicha última capa y se aplica la aleación metálica colocando la estructura de costado, a través de un acceso de carga.
6. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 5, caracterizado porque dicha lámina sobre dicha última capa es de aglomerado de madera de densidad media (MDF).
7. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 6, caracterizado porque luego de completar el llenado de dichas última capa con la aleación metálica se retira capa colocada para el llenado de la última capa y dicha capa cero.
8. Método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho material metálico es Cerrobend® sin Cadmio, un eutéctico comercial de bajo punto de fusión (95 grados Celsius), que contiene Plomo, Estaño y Bismuto.
9. Filtro para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, obtenido con el método de fabricación de filtros moduladores metálicos, de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque consta de capas de láminas de un material no metálico, que forman el contorno lateral de una

aleación metálica interior, de un metal atenuador que cumple la función de colimador en el equipo de radioterapia, y posee medios de fijación a alguna parte del equipo de radioterapia.

10. Filtro para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, obtenido con el método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 9, caracterizado porque dicho material no metálico de dichas capas de láminas, es madera aglomerada.
11. Filtro para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, obtenido con el método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 9, caracterizado porque posee capas de láminas de un material no metálico, que forman el contorno superior e inferior de la aleación metálica interior.
12. Filtro para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, obtenido con el método de fabricación de filtros moduladores metálicos, según la reivindicación 9, caracterizado porque dichos medios de fijación al equipo de radioterapia son elementos roscados y una o más de dichas placas posee orificios para insertar los mismos



Ing. Jorge Aníbal Fernández
Agente Propiedad Industrial N° 1812

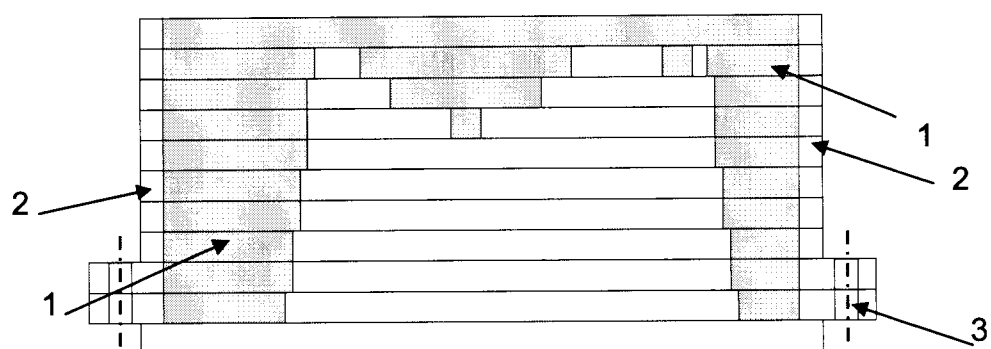


Figura 1

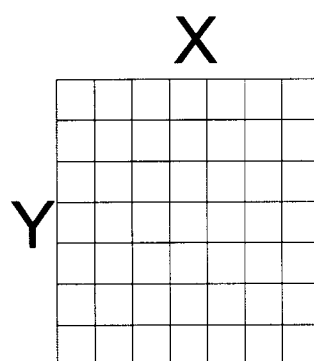


Figura 2

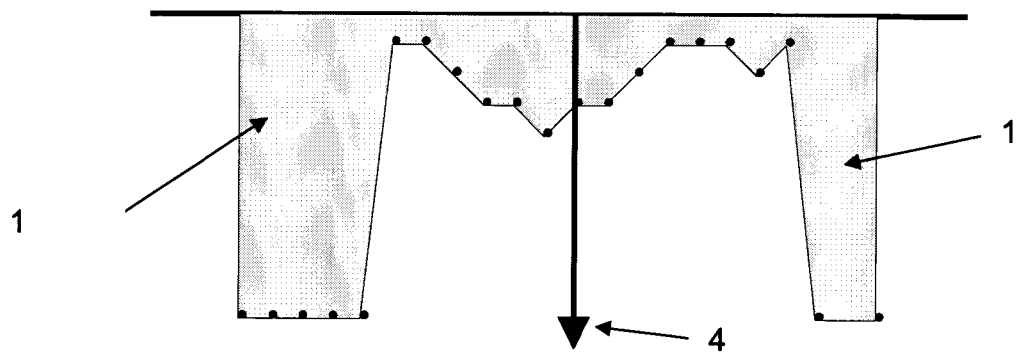


Figura 3

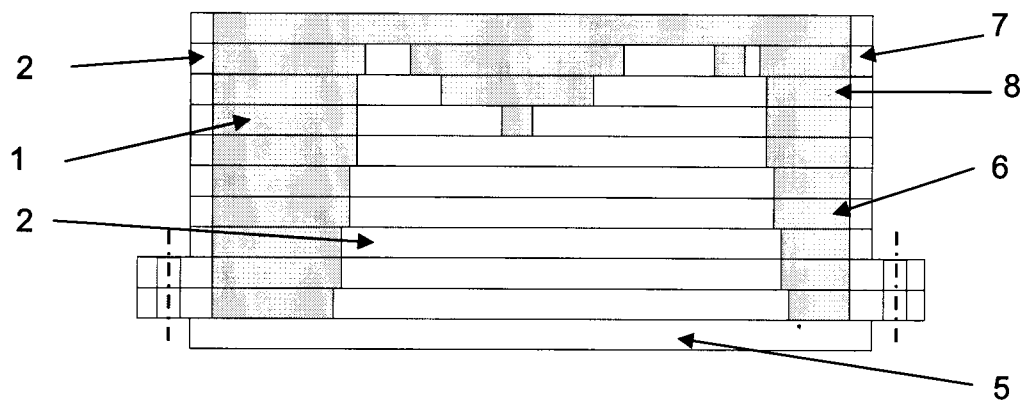


Figura 4

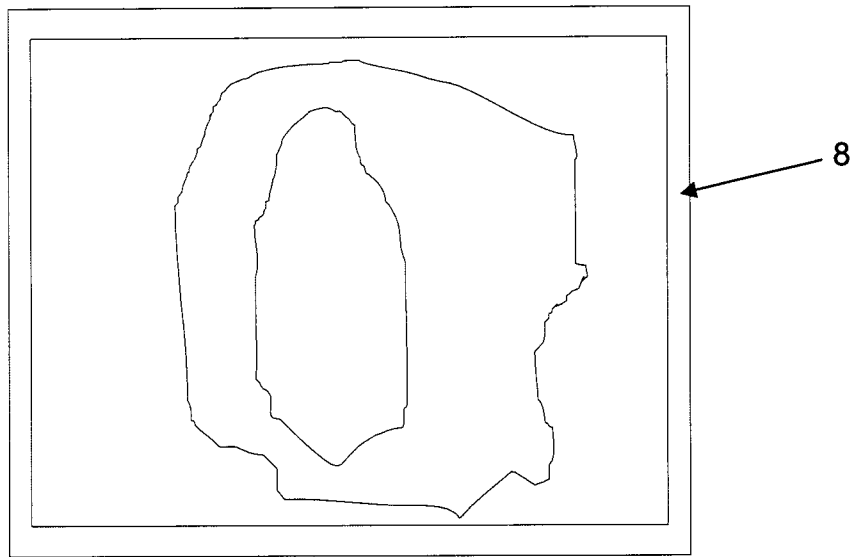


Figura 5

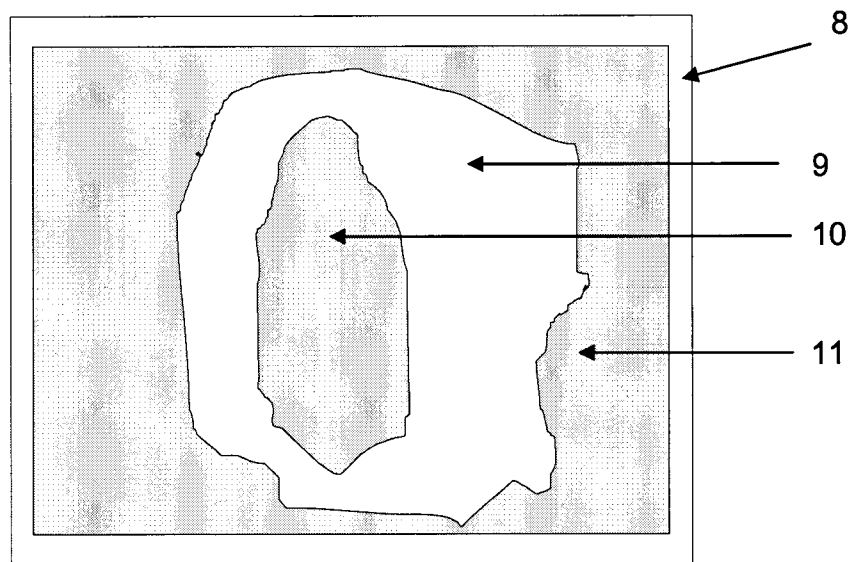
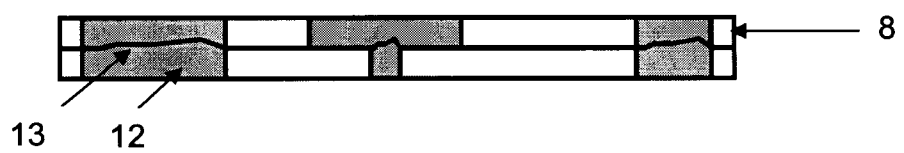


Figura 6



RESUMEN

El método de fabricación de filtros moduladores metálicos de espesor variable, de aplicación para la colimación en radioterapia, consta en trabajar con colada por molde, pero con la particularidad de que el molde se realiza por capas, donde cada capa resulta ser una estructura bidimensional, de manera tal que el apilamiento y adhesión entre sucesivas capas dá lugar a una representación del molde original.

Dichas capas pueden ser construidas con aglomerado de madera de densidad media (MDF), son cortadas automáticamente con una cortadora láser a partir de archivos específicos que se confeccionan a partir de los datos numéricos del filtro modulador. Luego se pega cada capa a la anterior con cola vinílica, o cualquier adhesivo que no genere un espesor adicional significativo, de manera tal de que al retirar la parte que se rellenará con metal, quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta. A continuación se realizar el llenado de la capa de arriba. Se reitera sucesivamente el pegado y llenado de las sucesivas capas hasta completar el filtro.

El filtro para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, obtenido con dicho método, esta compuesto por capas de láminas, que forman el contorno lateral de una aleación metálica interior, que cumple la función de colimador en el equipo de radioterapia. Dichas capas pueden contener o formar parte de un elemento de sujeción al equipo de radioterapia.

HO. **INPI** Exp.: **20120101316**



(Trámite: 12061958 PATENTES Importe: \$550.-
 Fecha/Hora: 17/04/2012 14:08.83
 Agente: FERNANDEZ JORGE ANIBAL



(19)

**I.N.P.I.
 REPUBLICA ARGENTINA**

(51)

INT. CL.:

(12) ☒

PATENTE DE INVENCION

☐

MODELO DE UTILIDAD

(22) **FECHA PRESENTACION:**

(71) **SOLICITANTE(S):**
Comisión Nacional de
Energía Atómica
Fundación Escuela de Medicina
Nuclear

(30) **DATOS PRIORIDAD:**

(72) **INVENTOR(ES):** Darío Esteban Sanz

(41) **FECHA PUBLICACION SOLICITUD:**
BOLETIN N°:

(74) **AGENTE:** 1812

(61) **ADICIONAL A:**

(83) **DEPOS. MICROORGANISMOS:**

(62) **DIVISIONAL DE:**

(54) **TITULO DE LA INVENCION:**

MÉTODO DE FABRICACIÓN DE FILTROS MODULARES METÁLICOS Y FILTRO OBTENIDO CON EL MISMO

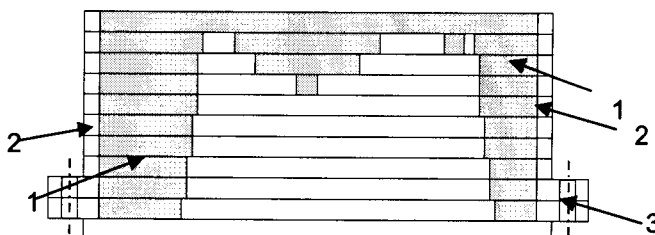
(57) **RESUMEN:**

El método de fabricación de filtros moduladores metálicos de espesor variable, de aplicación para la colimación en radioterapia, consta en trabajar con colada por molde, pero con la particularidad de que el molde se realiza por capas, donde cada capa resulta ser una estructura bidimensional, de manera tal que el apilamiento y adhesión entre sucesivas capas dá lugar a una representación del molde original.

Dichas capas pueden ser construidas con aglomerado de madera de densidad media (MDF), son cortadas automáticamente con una cortadora láser a partir de archivos específicos que se confeccionan a partir de los datos numéricos del filtro modulador. Luego se pega cada capa a la anterior con cola vinílica, o cualquier adhesivo que no genere un espesor adicional significativo, de manera tal de que al retirar la parte que se rellenará con metal, quede adherida a la capa anterior, con la ubicación correcta. A continuación se realizar el llenado de la capa de arriba. Se reitera sucesivamente el pegado y llenado de las sucesivas capas hasta completar el filtro.

El filtro para aplicación en radioterapia de intensidad modulada, obtenido con dicho método, esta compuesto por capas de láminas, que forman el contorno lateral de una aleación metálica interior, que cumple la función de colimador en el equipo de radioterapia. Dichas capas pueden contener o formar parte de un elemento de sujección al equipo de radioterapia.

FIGURA MAS REPRESENTATIVA N°: 1



AR