

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 859**

51 Int. Cl.:

G01T 1/178 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2012** **E 12731401 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015** **EP 2726904**

54 Título: **Procedimiento de evaluación de la dosis de tritio integrada por un individuo sin toma de muestras de fluido corporal tras exposición a un entorno que comprende tritio**

30 Prioridad:

30.06.2011 FR 1155905

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

24.11.2015

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

DOUCHE, CHRISTOPHE

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 551 859 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de evaluación de la dosis de tritio integrada por un individuo sin toma de muestras de fluido corporal tras exposición a un entorno que comprende tritio

5

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de evaluación de la dosis de tritio integrada por un individuo enfrentado a un medio que presenta un ambiente con tritio.

10

Más precisamente, se refiere a un procedimiento de evaluación de la dosis de tritio integrada en el organismo de este individuo sin que se necesite la toma de muestras de uno de sus fluidos corporales.

La invención encuentra aplicación concretamente en el seguimiento dosimétrico del tritio de individuos enfrentados, en sus actividades, a un entorno que comprende tritio, tal como es el caso en la industria nuclear.

15

Estado de la técnica anterior

El tritio, de fórmula química ^3H , es un isótopo del hidrógeno presente de manera permanente en el entorno en forma de agua tritiada, de materia orgánica tritiada o incluso en forma de tritio gaseoso.

20

El tritio procede de manera natural de la interacción entre las radiaciones cósmicas y la atmósfera, pero también puede obtenerse de manera artificial.

25

Actualmente, la producción de tritio de origen artificial en el entorno procede de las emisiones de los reactores nucleares, de los residuos de fábricas de tratamiento de combustibles nucleares o incluso de la fabricación de armas termonucleares.

El riesgo que encuentra un individuo expuesto a una fuente de tritio no está asociado con una eventual contaminación "externa al organismo", es decir una contaminación que implica una acción externa del tritio sobre el organismo, ya que la radiación ionizante emitida por el tritio no es lo suficientemente intensa como para atravesar la barrera de la piel o de la córnea.

30

Por el contrario, el tritio es susceptible de llegar al organismo de un individuo por una vía "interna al organismo", es decir por sus vías respiratoria, cutánea y/o digestiva.

35

Con el fin de responder a las exigencias reglamentarias, se realiza un seguimiento regular de la dosis de tritio integrada por los trabajadores del sector del tritio por medio de tomas de muestras y de análisis de fluidos corporales, concretamente de orina.

40

Actualmente, el análisis mediante espectroscopía de centelleo líquido de las muestras de orina de estos trabajadores es una técnica bien controlada y muy extendida. Consiste, mezclando la orina tritiada con un líquido de centelleo, en transformar las radiaciones ionizantes procedentes de las desintegraciones radiactivas del tritio en luz fácilmente detectable y cuantificable mediante espectroscopía.

45

No obstante, en este tipo de procedimiento que asocia una toma de muestras de orina con un análisis mediante espectroscopía de centelleo líquido, también es generalmente necesario, para realizar la toma de muestras de orina, esperar a que se alcance el equilibrio de los fluidos corporales en el interior del organismo del individuo, lo cual equivale a un tiempo de espera de aproximadamente dos horas tras su exposición a un entorno tritiado.

50

Además, la orina, al ser una muestra biológica, debe obligatoriamente analizarse, una vez tomada la muestra, por un laboratorio de análisis médicos.

Por consiguiente, un procedimiento de este tipo no permite por tanto acceder rápidamente a una cuantificación de la dosis de tritio integrada en el organismo de dicho individuo, lo cual puede resultar perjudicial para un individuo que visita instalaciones cuyo ambiente tiene tritio.

55

El documento Proceedings of the international radiation protection association, IPRA 10, P-3a-167 (2000-05), 1-5 describe un procedimiento de evaluación de la dosis de tritio integrada por un individuo que implica la puesta en práctica de las siguientes etapas principales:

60

- una etapa de atrapamiento, en un dispositivo de burbujeo, de agua espirada por el individuo enfrentado a un entorno tritiado;

- una etapa de medición, mediante centelleo líquido, de la actividad del tritio (parámetro E_c) comprendido en el agua así atrapada en dicho dispositivo; y

65

- una etapa de evaluación de la dosis de tritio por medio de una ecuación matemática específica en la que participa dicho parámetro E_c .

5 Por tanto, este procedimiento implica una participación activa por parte del individuo enfrentado al entorno tritiado para la puesta en práctica de la etapa de atrapamiento.

10 El documento GB 1 281403 describe un dispositivo de control de un entorno tritiado mediante medición continua de la actividad del tritio contenido en el vapor de agua del aire, poniendo el dispositivo en práctica un circuito abierto en el que circula aire, un circuito cerrado en el que circula agua, un dispositivo de toma de muestras gaseosas que conecta los circuitos y que permite que el aire del primer circuito burbujee en el agua del segundo circuito, así como un aparato de medición de la radiactividad del agua de ese segundo circuito (pág. 1, líneas 34-52).

15 Este documento no propone, en ningún caso, estimar la dosis de tritio integrada por un individuo enfrentado a un entorno tritiado.

20 Para superar los inconvenientes mencionados anteriormente, los inventores se han fijado como objetivo poner a punto un procedimiento que permita una estimación rápida de la dosis de tritio integrada por un individuo expuesto a un entorno tritiado.

También se han fijado como objetivo que este procedimiento no necesite la toma de muestras de fluidos corporales y que pueda ponerse en práctica de manera autónoma, es decir, sin tener que recurrir a un organismo externo tal como un laboratorio de análisis médicos.

25 **Exposición de la invención**

30 Estos y aún otros objetivos se alcanzan mediante la presente invención para la que los inventores han constatado que es posible estimar la dosis de tritio integrada por un individuo enfrentado a un entorno tritiado, sin que sea necesario proceder a una toma de muestras de fluido corporal de dicho individuo.

La invención se refiere así a un procedimiento de evaluación de la dosis de tritio integrada por un individuo (indicada como "Dosis" a continuación y expresada en sievert (Sv)) tras la exposición de dicho individuo durante un periodo τ (expresado en horas (h)) a un entorno tritiado, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

35 a) una etapa de medición de la actividad volumétrica del tritio (indicada como C_{HTO} y expresada en becquerel por litro (Bq/l)) presente en dicho entorno;

b) una etapa de estimación de la dosis integrada por dicho individuo por medio de la siguiente relación:

$$40 \quad \text{Dosis} = C_{HTO} \times \tau \times DPUI_{HTO} \times 1800,$$

en la que:

45 - C_{HTO} corresponde a la actividad volumétrica del tritio (expresada en becquerel por litro (Bq/l)) medida en la etapa a) mencionada anteriormente; y

- $DPUI_{HTO}$, es igual a $1,8 \cdot 10^{-11}$ sievert por becquerel (Sv/Bq).

50 Desde un punto de vista práctico, $DPUI_{HTO}$ corresponde al coeficiente de dosis eficaz por unidad de incorporación para el vapor de agua tritiado (también designado comúnmente con la expresión "factor de dosis").

Con el fin garantizar una mejor comprensión de los trabajos llevados a cabo por los inventores, se propone aportar en los siguientes párrafos informaciones complementarias relativas al campo del tritio.

55 Se recuerda así que el tritio es un isótopo radiactivo que se desintegra desprendiendo energía en forma de radiaciones beta (β), es decir, emitiendo un electrón y un antineutrino.

60 Además, por "dosis de tritio integrada por un individuo" se entiende la dosis de tritio que los inventores desean evaluar y que es susceptible de integrarse por un individuo tras su exposición al entorno tritiado durante un periodo de exposición τ (expresado en horas (h)). Esta magnitud física se expresa en sievert (Sv).

65 Finalmente, se emplea la expresión "entorno tritiado" para designar un entorno que comprende tritio. En sustitución de esta expresión, en esta solicitud pueden usarse las expresiones "entorno que comprende tritio", "entorno cuyo ambiente tiene tritio" o incluso simplemente "ambiente con tritio".

Tal como se mencionó anteriormente, la presente invención se refiere a un procedimiento que se desarrolla en dos

etapas y que permite estimar, mediante una medición de la actividad volumétrica del tritio presente en el entorno tritiado al que se enfrenta el individuo, la dosis de tritio que éste es susceptible de haber integrado en su organismo.

5 La primera etapa, o etapa a), consiste por tanto en medir la actividad volumétrica del tritio (expresada en becquerel por litro (Bq/l)) presente en el entorno tritiado en el que se encuentra el individuo durante el periodo de exposición τ .

10 Esta etapa puede consistir concretamente en hacer burbujear, a caudal constante, durante dicho periodo τ , en un dispositivo de burbujeo, el aire del entorno tritiado en un volumen de agua dado, en medir la actividad del tritio (expresada en becquerel (Bq)) atrapado en dicho volumen de agua, por ejemplo mediante espectroscopía de centelleo líquido, después en deducir a partir de ella la actividad volumétrica del tritio (indicada como C_{HTO} y expresada en becquerel por litro (Bq/l)) presente en el entorno tritiado por medio de la siguiente relación:

$$C_{\text{HTO}} = \frac{I_{\text{HTO}}}{\eta \times V},$$

15 en la que:

- I_{HTO} es la actividad del tritio (expresada en becquerel (Bq)) atrapado en el volumen de agua mencionado anteriormente;

20 - η es el rendimiento de atrapamiento del tritio en este volumen de agua (que depende del dispositivo de burbujeo usado), que puede estar comprendido entre 0,8 y 1; y

- V es el volumen de aire (expresado en litros (l)) que ha circulado en el volumen de agua mencionado anteriormente.

25 Por "rendimiento de atrapamiento del tritio" se entiende la razón η de la actividad del tritio atrapado en el agua mediante burbujeo con respecto a la actividad del tritio contenido en el volumen de aire V que ha circulado en el volumen de agua mencionado anteriormente.

30 La espectroscopía de centelleo líquido es una técnica que consiste, tras mezclar una disolución radiactiva tritiada con un líquido de centelleo, en transformar las radiaciones ionizantes consecuencia de las desintegraciones radiactivas del tritio en luz fácilmente detectable y cuantificable mediante espectroscopía.

35 La segunda etapa del procedimiento, o etapa b), permite estimar la dosis integrada por dicho individuo por medio de la siguiente relación:

$$\text{Dosis} = C_{\text{HTO}} \times \tau \times \text{DPUI}_{\text{HTO}} \times 1800,$$

40 en la que C_{HTO} corresponde a la actividad volumétrica del tritio (expresada en becquerel por litro (Bq/l)) presente en el entorno tritiado que se mide durante la primera etapa, o etapa a).

En esta relación, el valor "1800" corresponde, tal como se definirá en el ejemplo a continuación, a un caudal medio de penetración del aire del entorno tritiado en el organismo del individuo.

45 Este valor se expresa por tanto en litros por hora (l/h) y significa que el individuo presente en un entorno tritiado absorbe, por sus vías respiratoria y cutánea, 1800 litros de aire del entorno tritiado por hora en su organismo.

50 Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la siguiente descripción complementaria y que se refiere a una demostración del enfoque seguido por los inventores para poner a punto el procedimiento de estimación de la dosis de tritio integrada por el individuo anteriormente descrito, seguida por un ejemplo de aplicación de dicho procedimiento.

Evidentemente, esta descripción complementaria sólo se facilita a modo de ilustración de la invención y no constituye en ningún caso una limitación de la misma.

55 **Breve descripción de los dibujos**

60 La figura 1 es una representación esquemática del dispositivo de burbujeo portátil usado por los inventores con el objetivo de evaluar la actividad volumétrica del tritio presente en el entorno de la o de las instalaciones visitadas por un individuo.

Exposición detallada de modo de realización particular

Ejemplo: Evaluación de la dosis de tritio ^3H integrada por un individuo que ha permanecido durante un periodo τ en una instalación con entorno tritiado

5 Para evaluar la dosis de tritio integrada por el individuo tras su visita a instalaciones con entorno tritiado, se determina en primer lugar, por medio de un dispositivo 10 de burbujeo portátil ilustrado esquemáticamente en la figura 1, la actividad volumétrica del tritio presente en el entorno tritiado, en el que se encuentra el individuo durante su visita durante un periodo de exposición τ .

10 Este dispositivo 10 experimental comprende, tal como se indica en la figura 1, una entrada 1 de aire que lleva a un conducto 2 dotado en su extremo de un difusor 3 de aire que, mediante accionamiento de una bomba 4, garantiza el burbujeo del aire del entorno tritiado en 100 ml de agua que llena un depósito 5 de 150 ml.

15 También está equipado con dos válvulas 6 de flotador que permiten el control del nivel de agua del depósito 5, y con un aparato 7 que mide el volumen de aire que ha atravesado el dispositivo durante el periodo τ de presencia del individuo en la instalación.

20 Este dispositivo, que el individuo lleva en la cintura durante su visita, se activa desde su entrada en la instalación y se detiene cuando lo abandona. Para ello basta con activar o detener la bomba 4, estando el caudal de entrada de aire fijado por el caudal volumétrico de la bomba, siendo este caudal constante.

De manera simultánea a la visita de la instalación, el dispositivo portátil activado permite por tanto un burbujeo del aire del entorno tritiado en los 100 ml de agua del depósito 5, por medio de lo cual el tritio que está presente en el aire aspirado por la bomba 4 se encuentra atrapado en el agua del depósito.

25 El tritio presente en el aire existe en realidad en dos formas principales: en forma gaseosa (indicada como HT) y en una forma de vapor de agua tritiado (indicada como HTO).

30 Como el coeficiente de dosis (o factor de dosis) de la forma HT (igual a $1,8 \cdot 10^{-15}$ Sv/Bq) es 10.000 veces menor que el coeficiente de dosis (o factor de dosis) de la forma HTO (igual a $1,8 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq), la contribución del tritio en forma HT en la dosis real de tritio ^3H integrada por el individuo tras su permanencia en la instalación con entorno tritiado se considera despreciable con respecto a la contribución de la forma HTO.

35 Así, a continuación, se parte del principio de que la actividad volumétrica del tritio presente en el entorno tritiado equivale a la actividad volumétrica del tritio en forma de vapor de agua tritiado (indicada a continuación como C_{HTO}).

Cuando el individuo abandona la instalación y se detiene el dispositivo, se toma una muestra de un volumen V_p de agua del depósito, volumen que puede graduarse de 1 a 10 ml.

40 A continuación se trasvasa el volumen V_p tomado como muestra a un frasco de valoración de 20 ml, en el que se mezcla a continuación con 10 ml de líquido de centelleo. A continuación se cuantifica la actividad del tritio A_{HTO} mediante espectroscopía de centelleo líquido.

45 Conociendo el volumen de agua V_{dep} presente en el depósito tras el burbujeo y la actividad del tritio A_{HTO} en el volumen V_p de agua tomado como muestra, se deduce fácilmente a partir de ello la actividad total del tritio atrapado en el depósito, indicada como I_{HTO} , mediante la siguiente relación:

$$I_{\text{HTO}} = \frac{A_{\text{HTO}}}{V_p} \times V_{\text{dep}},$$

50 en la que I_{HTO} se expresa en becquerel (Bq), A_{HTO} en becquerel (Bq), V_p en litros (l) y V_{dep} en litros (l).

Como se ha determinado la actividad total del tritio presente en el depósito I_{HTO} , se accede a una estimación de la actividad volumétrica del tritio (indicada como C_{HTO} y expresada en becquerel por litro (Bq/l)) presente en el entorno tritiado mediante la siguiente relación:

$$55 \quad C_{\text{HTO}} = \frac{I_{\text{HTO}}}{V \times \eta}$$

en la que:

60 - V corresponde al volumen de aire (expresado en litros (l)) que ha circulado en el depósito durante el periodo de visita T (expresado en horas (h)); y

- η corresponde al rendimiento de atrapamiento del dispositivo, igual a 0,8 en este caso concreto.

Conociéndose ahora la actividad volumétrica del tritio presente en entorno tritiado C_{HTO} , se busca estimar la dosis de tritio que el individuo ha integrado en su organismo durante su visita.

5 Para ello, se considera la cantidad total del tritio, que ha penetrado en el organismo del individuo por la vía respiratoria y la vía cutánea, con tasas respectivas de 2/3 y 1/3 (en el caso de un individuo que no tiene ningún equipo de protección).

10 Teniendo en cuenta que el caudal respiratorio medio de un individuo normal, indicado como D_{resp} , es igual a 1200 litros por hora (l/h), se determina un caudal medio de penetración del aire del entorno tritiado en el organismo, indicado como D_p , mediante la siguiente relación:

$$D_p = D_{\text{resp}} + D_{\text{cutáneo}} = D_{\text{resp}} + \frac{D_{\text{resp}}}{2} = 1200 + 600 = 1800 \text{ l/h.}$$

15 La actividad del tritio integrado por el individuo que realiza una visita a una instalación con entorno tritiado, indicada como I_{int} y expresada en becquerel (Bq), es simplemente el producto de la actividad volumétrica C_{HTO} del tritio presente en el entorno tritiado por el caudal de penetración del tritio en el organismo y por el periodo τ de exposición al entorno tritiado, es decir, mediante la siguiente relación:

$$I_{\text{int}} = C_{\text{HTO}} \times \tau \times 1800.$$

20 La dosis integrada por este individuo, indicada como "Dosis" y expresada en sievert (Sv), se determina finalmente mediante el producto de la actividad del tritio integrado por el individuo I_{int} por el coeficiente de dosis del tritio en su forma de vapor de agua DPUI_{HTO} , es decir la siguiente relación:

$$\text{Dosis} = I_{\text{int}} \times \text{DPUI}_{\text{HTO}},$$

25 o en otros términos:

$$\text{Dosis} = C_{\text{HTO}} \times \tau \times 1800 \times \text{DPUI}_{\text{HTO}}.$$

30 Por medio del conjunto de las relaciones anteriores, se determina así la dosis integrada por un individuo que ha realizado una visita de una instalación con entorno tritiado, durante un periodo τ , mediante la siguiente relación general:

$$\text{Dosis} = \frac{A_{\text{HTO}} \times V_{\text{dep}} \times 1800 \times \text{DPUI}_{\text{HTO}} \times \tau}{V_p \times V \times \eta},$$

35 en la que:

40 - A_{HTO} es la actividad del tritio (expresada en becquerel (Bq)) presente en el volumen V_p (expresado en litros (l)) de agua que se toma como muestra del depósito que contiene un volumen V_{dep} (expresado en litros (l)) de agua;

45 - DPUI_{HTO} es el coeficiente de dosis del tritio en forma de vapor de agua, e igual a $1,8 \cdot 10^{-11}$ sievert por becquerel (Sv/Bq);

- τ es el periodo de la visita de la instalación con entorno tritiado (expresado en horas (h));

50 - V es el volumen total de aire del entorno tritiado aspirado por el dispositivo de burbujeo durante la visita (expresado en litros (l)); y

- η es el rendimiento de atrapamiento del tritio presente en el entorno tritiado en el agua del dispositivo de burbujeo.

55 Así, en el presente ejemplo, para un volumen de agua tomado como muestra V_p de 10 ml, un volumen de agua en el depósito V_{dep} igual a 100 ml, un rendimiento de atrapamiento η de 0,8, una actividad del tritio A_{HTO} medida mediante espectroscopía de centelleo líquido igual a 1 becquerel (Bq) y un periodo de visita τ de una hora, se estima que la dosis de tritio integrada por el visitante es de 0,04 microsievvert (μSv).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de evaluación de la dosis de tritio integrada por un individuo (expresada en sievert (Sv)) tras la exposición de dicho individuo durante un periodo τ (expresado en horas (h)) a un entorno tritiado, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

5 a) una etapa de medición de la actividad volumétrica del tritio (indicada como C_{HTO} y expresada en becquerel por litro (Bq/l)) presente en dicho entorno;

10 b) una etapa de estimación de la dosis integrada por dicho individuo por medio de la siguiente relación:

$$\text{Dosis} = C_{\text{HTO}} \times \tau \times \text{DPU}_{\text{HTO}} \times 1800,$$

15 en la que:

- C_{HTO} corresponde a la actividad volumétrica del tritio (expresada en becquerel por litro (Bq/l)) medida en la etapa a) mencionada anteriormente; y

20 - DPU_{HTO} , es igual a $1,8 \cdot 10^{-11}$ sievert por becquerel (Sv/Bq).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa a) consiste en hacer burbujear, a caudal constante, durante dicho periodo τ , en un dispositivo de burbujeo, el aire del entorno tritiado en un volumen de agua dado, en medir la actividad del tritio (expresada en becquerel (Bq)) atrapado en dicho volumen de agua, después en deducir a partir de ella la actividad volumétrica del tritio (indicada como C_{HTO} y expresada en becquerel por litro (Bq/l)) presente en el entorno tritiado por medio de la siguiente relación:

$$C_{\text{HTO}} = \frac{I_{\text{HTO}}}{\eta \times V},$$

30 en la que:

- I_{HTO} es la actividad del tritio (expresada en becquerel (Bq)) atrapado en el volumen de agua mencionado anteriormente;

35 - η es el rendimiento de atrapamiento del tritio en ese volumen de agua; y

- V es el volumen de aire (expresado en litros (l)) que ha circulado en el volumen de agua mencionado anteriormente.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que η está comprendido entre 0,8 y 1.

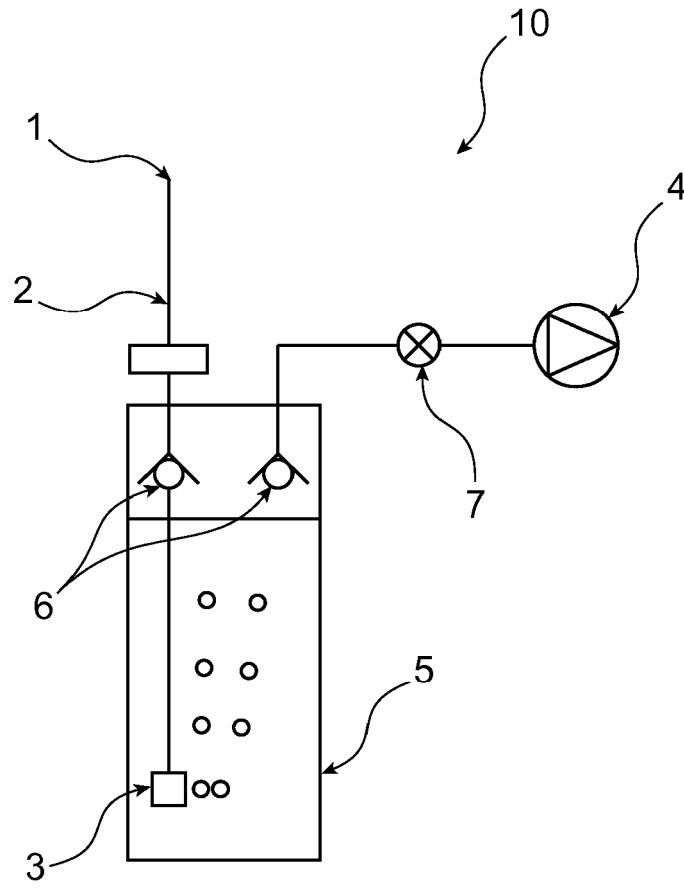


FIG. 1