

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 363**

51 Int. Cl.:

G01J 5/06 (2006.01)

F25B 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2009 PCT/EP2009/054370**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2009 WO09130136**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2009 E 09734896 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017 EP 2269016**

54 Título: **Sistema optrónico infrarrojo para mantenimiento predictivo del número de ciclos antes de avería**

30 Prioridad:

25.04.2008 FR 0802336

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

19.02.2018

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

BIHANNIC, DIDIER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 655 363 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

Sistema oprónico infrarrojo para mantenimiento predictivo del número de ciclos antes de avería

El campo de la invención es el de los sistemas oprónicos tales como cámaras termográficas, equipadas con detectores infrarrojos ("IR") enfriados también designados como detectores refrigeradores.

5 La figura 1 presenta una concepción clásica de detector refrigerador que consta de:

- un detector 1 IR colocado en un recinto de vacío (criostato 2) que mantiene la temperatura de este recinto a una temperatura de funcionamiento del detector a aproximadamente -200 °C
- una máquina 3 de frío que utiliza, por ejemplo, helio, y proporciona al criostato 2 el frío necesario para llevar (en general, bajar) su temperatura de una temperatura ambiente a la temperatura de funcionamiento. El tiempo necesario para alcanzar la temperatura de funcionamiento se designa "Tiempo de Enfriamiento" (TMF). El rendimiento del conjunto se mide en un intervalo de temperatura significativo: de -173 °C a -190 °C. El TMF para pasar de 173 °C a -190 °C es típicamente de algunas decenas de segundos.
- un dispositivo 4 de servo-control de esta máquina de frío en función de la temperatura Td del detector proporcionada por un sensor 8.

10

15 Los detectores refrigeradores usados actualmente son frágiles, heterogéneos en el sentido de que los dos detectores refrigeradores idénticos no se comportan de la misma manera y, costosos. El mantenimiento actual se limita a constatar la avería cuando ocurre, es decir, detectando una salida de especificación del tiempo del enfriamiento. La avería conlleva indisponibilidades y la insatisfacción por parte de los usuarios. Además, los costes de mantenimiento son elevados. Los documentos US 5.734.593 A, JP6307924 A y US 6.016.659 A desvelan detectores refrigeradores de la técnica anterior. En consecuencia, existe actualmente una necesidad de un sistema que permita superar los inconvenientes anteriormente citados sin aumentar su tamaño.

20

El principio detrás de la invención consiste en anticiparse a las disfunciones, es decir, en realizar un mantenimiento predictivo con el fin de limitar las averías. Este mantenimiento predictivo se basa en un seguimiento del estado de salud del refrigerador detector. Más particularmente, se efectúa a partir de la medida de la deriva del tiempo de enfriamiento. En efecto, esta deriva del TMF puede revelar:

25

- una fuga de helio de la máquina de frío,
- una contaminación del helio,
- una degradación del vacío de criostato,

con la consiguiente fatiga de la máquina de frío en forma de:

- degradación de los elementos mecánicos de la máquina de frío,
- degradación del aislamiento térmico,
- variación de la temperatura interna del sistema oprónico durante el inicio del enfriamiento,
- variación de la temperatura inicial del detector durante el inicio del enfriamiento.

30

El tiempo de enfriamiento aumenta cuando la máquina de frío se fatiga. En cada inicio de la máquina de frío se mide este TMF. La invención se basa en un tratamiento estadístico de estos datos. Esto permite predecir el potencial de la máquina, es decir, el número de inicios antes de que el TMF sobrepase un valor umbral representativo de una avería inminente y, de este modo, controlar la disponibilidad operativa del detector refrigerador.

35

Uno de los inconvenientes de este tratamiento estadístico reside en el almacenamiento de los datos porque los sistemas oprónicos tienen poca memoria disponible para el mantenimiento. El algoritmo permite liberarse de los problemas de almacenamiento salvaguardando los datos agregados, pero no las mediciones de temperatura, ni los TMF. El algoritmo permite a cada detector refrigerador construir solo su propio modelo de comportamiento. El sistema es "autoadaptativo".

40

Más precisamente, la invención tiene por objeto el procedimiento de mantenimiento de la reivindicación 1, así como la cámara térmica de la reivindicación 6. Esta solución permite, por lo tanto, con un mínimo espacio de memoria, determinar el potencial residual del detector refrigerador. Como resultado, en particular, se obtiene una economía del espacio de memoria necesario para las otras aplicaciones del sistema oprónico, un mejor control del detector refrigerador para el usuario, una mejora de los rendimientos operativos, un aumento de la autonomía por una disminución de la energía consumida por el detector refrigerador.

45

Se da entonces la oportunidad de:

- desencadenar una operación de mantenimiento preventiva porque los defectos identificados son reversibles,
- dar la opción al usuario de partir en misión con un detector refrigerador en buen estado más que otro con el potencial demasiado embarcado.

50

Comprende ventajosamente un indicador de mantenimiento predictivo conectado a los medios de cálculo.

La avería típicamente se representa por un TMF máximo predeterminado.

Según una característica de la invención, el cálculo se realiza a partir de una suma de los TMF, de un número de enfriamientos acumulado y, de un cúmulo del producto del n° del ciclo considerado por el TMF correspondiente.

Preferentemente, el cálculo se realiza para diferentes clases de temperatura T_S del sistema.

- 5 Ventajosamente, cada clase de temperatura es objeto de cálculos independientes.

La deriva del TMF es típicamente una función lineal del número de ciclos.

Este sistema oprónico es una cámara térmica.

Otras características y ventajas de la invención se mostrarán con la lectura de la descripción detallada que sigue, realizada a título de ejemplo no limitante y en referencia a los dibujos anexos en los que:

- 10 la figura 1 ya descrita representa esquemáticamente un sistema oprónico según la técnica anterior,
la figura 2 representa esquemáticamente un sistema oprónico según la invención,
la figura 3 es un organigrama que presenta el cálculo del número de ciclos antes del fallo,
la figura 4 representa esquemáticamente una curva de temperatura del detector en función del tiempo.

De una figura a otra, los mismos elementos se localizan con las mismas referencias.

- 15 El sistema según la invención representado en la figura 2, comprende, además del sistema de la técnica anterior, un sensor 9 de la temperatura T_S interno al sistema y medios 5 de cálculo y de almacenamiento de datos 10, así como un indicador 6 de mantenimiento predictivo.

- 20 La invención se basa en un tratamiento estadístico de los TMF calculados durante cada inicio de la máquina 3 de frío. Esto permite predecir el potencial de inicios de la máquina de refrigeración antes de la avería y, de esta manera, controlar la disponibilidad operativa del detector refrigerador.

El potencial se expresa en relación con el número de ciclos (de inicio-detención) sobre el número de ciclos estimados antes de alcanzar un TMF máximo aceptable. Este cálculo se describe en relación con el organigrama de la figura 3.

- 25 Este cálculo se basa en la medición de la temperatura T_D del detector y de la temperatura interna T_S del sistema oprónico (etapa A). Estas mediciones se validan entonces (etapa B), es decir, solo se tienen en cuenta en ciertas condiciones. En efecto, los elementos siguientes perturban la medición del TMF. Por lo tanto, es necesario liberarse de estas perturbaciones.

a. Una variación de la temperatura interna del sistema oprónico T_S durante el inicio del enfriamiento.

- 30 El cálculo se realiza para diferentes clases de temperatura T_D o T_S , por ejemplo, en pasos de 5 °C. Cada clase de temperatura es objeto de un cálculo de media independiente. Por lo tanto, no es útil llevar las mediciones a una temperatura de referencia. Además, se considera que para un sistema oprónico dado, las condiciones de uso son bastante reproducibles y, por lo tanto, centradas en 2 o 3 clases de temperaturas. El ejemplo descrito a continuación se basa en clases de temperatura T_D del detector.

b. Una variación de la temperatura inicial del detector durante el inicio del enfriamiento.

- 35 Si el enfriamiento se realiza poco después de una detención, el TMF puede ser demasiado corto (el criostato se queda frío durante algunas horas después de la detención de la máquina de frío "MAF"). Este TMF no es, por lo tanto, representativo, ya que la MAF no realiza su ciclo completo de enfriamiento. Estos casos se eliminan en comparación de la temperatura T_D inicial con la temperatura interna T_S del sistema. Si T_D se desvía demasiado de T_S , la medición no se tiene en cuenta.

- 40 Una vez que se validan las mediciones, se efectúa un cálculo del número de ciclos antes de la avería para cada clase de temperaturas. Cada clase de temperaturas es el objeto de cálculos independientes. Por lo tanto, no es útil llevar las mediciones a una temperatura de referencia.

Para cada clase de temperatura se usan los siguientes datos:

- 45 - TMF_TOT que es la suma de todos los TMF en la clase de temperatura considerada,
- Nb-ciclos que es el número de enfriamientos acumulado en la clase de temperatura considerada,
- (N° ciclo. TMF)-TOT que es el cúmulo del producto del n° del ciclo considerado por el TMF correspondiente, en la clase de temperatura considerada.

- 50 Estos datos son datos acumulativos cuyo valor evoluciona en función de la medición actual. Por lo tanto, no hay copia de seguridad de cada medición de TMF, T_D y T_S . Esto permite limitar el espacio de memoria dedicada a esta etapa de predicción de evolución del TMF.

Como se verá más adelante, estos datos acumulativos se salvaguardan en una tabla de K columnas, Siendo K el

ES 2 655 363 T3

número de clases de temperaturas diferentes, correspondiendo las líneas de la tabla a estos datos. El número K, por ejemplo, se determina por el número de incrementos en 5 °C.

Se calcula igualmente el TMF medio, TMF_MOY que es igual a TMF_TOT / Nb-ciclos; este dato no se salvaguarda en la tabla.

5 Ahora se hace referencia al organigrama de la figura 3. El TMF se mide en un rango de temperatura predefinido (etapa C). Esto se define a partir de la curva de la temperatura del detector T_D en función del tiempo, esquemáticamente representada en la figura 4: este rango corresponde a la parte casi lineal de la curva típicamente comprendida entre -173 y -190 °C.

10 La columna de la tabla de copia de seguridad de los datos se selecciona en función de la temperatura T_D del detector (etapa D).

Diversos datos se calculan ahora y se realiza una copia de seguridad de ellos en dicha columna de la tabla en vista del cálculo de la evolución del tiempo de enfriamiento: Nb-ciclos (etapa E), TMF_TOT, (Nº ciclo. TMF)_TOT (etapas F y G). Esta evolución se modela por

$$\text{TMF} = a \cdot \text{N}^\circ \text{ ciclo} + b$$

15 La pendiente "a" se estima por el procedimiento de mínimos cuadrados, pero librándose del almacenamiento de todos los datos.

$$a = \text{Covarianza (TMF, Nb_ciclos)} / \text{Varianza (Nb_ciclos)} \quad (\text{etapa G})$$

con:

$$\text{Varianza (Nb_ciclos)} =$$

$$20 \quad [\text{Suma (N}^\circ \text{ ciclo}^2) / \text{Nb_ciclos}] - \text{Esperanza(Nb_ciclos)}^2$$

$$\text{Varianza (Nb_ciclos)} =$$

$$[\text{Suma (1}^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 \dots) / \text{Nb_ciclos}] - [\text{Suma (1 + 2 + 3 + 4 + \dots)} / \text{Nb_ciclos}]^2$$

Las secuencias aritméticas permiten generalizar la expresión

$$25 \quad \text{Varianza (Nb_ciclos)} =$$

$$[\text{Nb_ciclos} \cdot (\text{Nb_ciclos} + 1) \cdot (2 \cdot \text{Nb_ciclos} + 1) / 6 / \text{Nb_ciclos}] -$$

$$[\text{Nb_ciclos} \cdot (1 + \text{Nb_ciclos}) / 2 / \text{Nb_ciclos}]^2$$

$$\text{Varianza (Nb_ciclos)} =$$

$$[(\text{Nb_ciclos} + 1) \cdot (2 \cdot \text{Nb_ciclos} + 1) / 6] - [(1 + \text{Nb_ciclos}) / 2]^2$$

$$30 \quad \text{Covarianza (TMF, Nb_ciclos)} =$$

$$\text{Esperanza(TMF} \cdot \text{N}^\circ \text{ ciclo)} - \text{TMF_moy} \cdot \text{Nb_ciclos_med}$$

Con

$$\text{Esperanza(TMF} \cdot \text{N}^\circ \text{ ciclo)} = (\text{N}^\circ \text{ ciclo} \cdot \text{TMF})_{\text{TOT}} / \text{Nb_ciclos}$$

TMF_med se calcula en cada ciclo,

$$35 \quad \text{Nb_ciclos_med} = (1 + \text{Nb_ciclos}) / 2$$

$$\text{Covarianza (TMF, Nb_ciclos)} =$$

$$[(\text{N}^\circ \text{ ciclo} \cdot \text{TMF})_{\text{TOT}} / \text{Nb_ciclos}] - [\text{TMF_med} \cdot (1 + \text{Nb_ciclos}) / 2]$$

40 El valor de la pendiente "a" del TMF y el TMF al origen de la línea "b" se actualizan entonces cada día en cada nuevo ciclo (etapa G).

La extrapolación de la línea hasta el TMF límite aceptable en vista de la especificación, se determina. El potencial se

expresa por la relación del número de ciclos actuales sobre el número de ciclos estimados antes de alcanzar el TMF máximo aceptable (etapa H) y, se muestra en una interfaz de usuario (etapa I). Esta interfaz de usuario puede ser una interfaz sonora y/o visual.

5 Este procedimiento permite mostrar problemas de disparidad relacionados con la producción. Cada sistema electrónico dispone de un análisis propio. No existe modelo genérico. En cuanto a las mediciones del TMF, el sistema electrónico "construye" su modelo de evolución del TMF.

Esta solución permite, entonces, con un mínimo de espacio de memoria, determinar el potencial residual del detector refrigerador. Esto da como resultado, en particular:

- 10
- una economía del espacio de memoria (el espacio de memoria necesario es de 2 Ko) que, de este modo, está disponible para otras aplicaciones del sistema electrónico,
 - un mejor control del detector refrigerador para el usuario,
 - una mejora de los rendimientos operativos,
 - un aumento de la autonomía por una disminución de la energía consumida por el detector refrigerador.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de mantenimiento de una cámara térmica equipada:
- de un detector refrigerador que comprende:
 - 5 i. una máquina (3) de frío,
 - ii. un criostato (2),
 - iii. un detector (1) IR colocado en el criostato,
 - iv. un primer sensor (8) de la temperatura T_D del detector IR,
 - de una tarjeta (7) de tratamiento que incluye medios (4) de servo-control de la máquina de frío en función de la temperatura T_D ,
- 10 **caracterizado porque** comprende un número de "nb-ciclos" de ciclos de enfriamiento de la máquina (3) de frío designados ciclos de "Marcha-Detención" con, para cada ciclo, las siguientes etapas:
- de cálculo de la temperatura T_S interna en la cámara por medio de un segundo sensor (9) de la temperatura T_S interna a la cámara,
 - y de cálculo por la tarjeta de tratamiento del tiempo de enfriamiento TMF a partir de las temperaturas T_D y T_S y,
 - 15 al final de estos "nb-ciclos" ciclos de "Marcha-Detención":
 - una etapa de cálculo por la tarjeta de tratamiento:
 - o de la evolución de la deriva del tiempo de enfriamiento TMF, en función de "nb-ciclos",
 - o de un número de ciclos de "Marcha-Detención" antes de la avería, en función de dicha evolución de la deriva del TMF en relación con un TMF máximo predeterminado representativo de una avería,
 - 20 - una etapa de almacenamiento de datos utilizados en dichos cálculos, siendo estos datos los datos acumulados y no las mediciones de temperaturas T_D y T_S ni dichos TMF.
2. Procedimiento de mantenimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** en cada ciclo de "Marcha-Detención" del detector refrigerador, comprende una etapa de cálculo del producto del TMF por el n° del ciclo y, tras los "nb-ciclos" ciclos, una etapa de almacenamiento de los datos acumulados siguientes:
- "nb-ciclos",
 - la suma de los TMF sobre el número "nb-ciclos" de ciclos considerado,
 - la suma de los productos del TMG por el n° del ciclo.
- 25 3. Procedimiento de mantenimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las etapas se reiteran para diferentes clases de temperatura T_D del detector o T_S del sistema.
- 30 4. Procedimiento de mantenimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** cada clase de temperatura es objeto de cálculos independientes.
5. Procedimiento de mantenimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la deriva del TMF es una función lineal de "nb-ciclos".
- 35 6. Cámara térmica equipada:
- de un detector refrigerador que comprende:
 - i. una máquina (3) de frío,
 - ii. un criostato (2),
 - iii. un detector (1) IR colocado en el criostato,
 - 40 iv. un primer sensor (8) de la temperatura T_D del detector IR,
 - de un segundo sensor (9) de la temperatura T_S interna a la cámara,
 - de una tarjeta (7) de tratamiento que incluye medios (4) de servo-control de la máquina de frío en función de la temperatura T_D y, medios de implementación del procedimiento de mantenimiento de dicha cámara según una de las reivindicaciones anteriores.
- 45

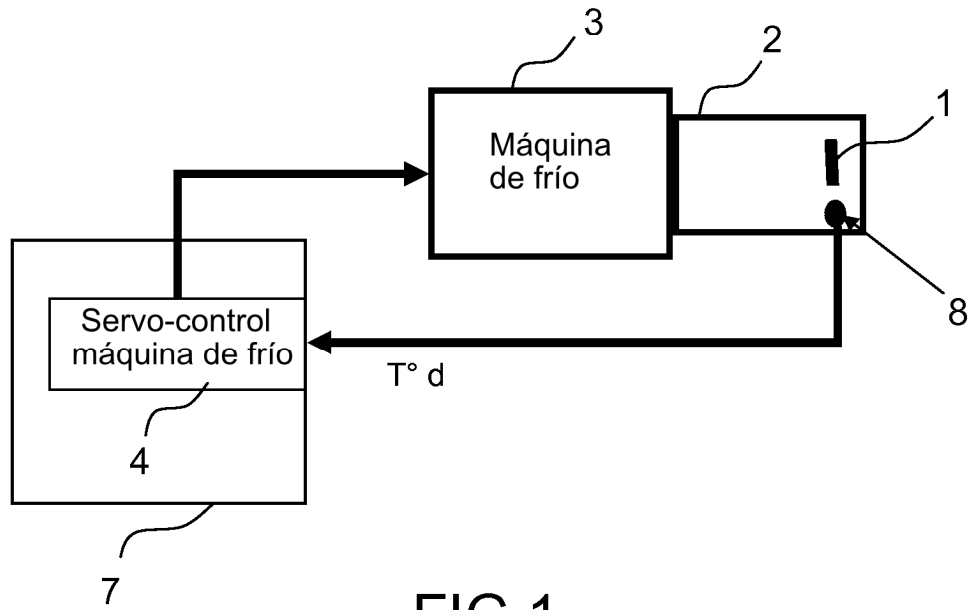


FIG.1

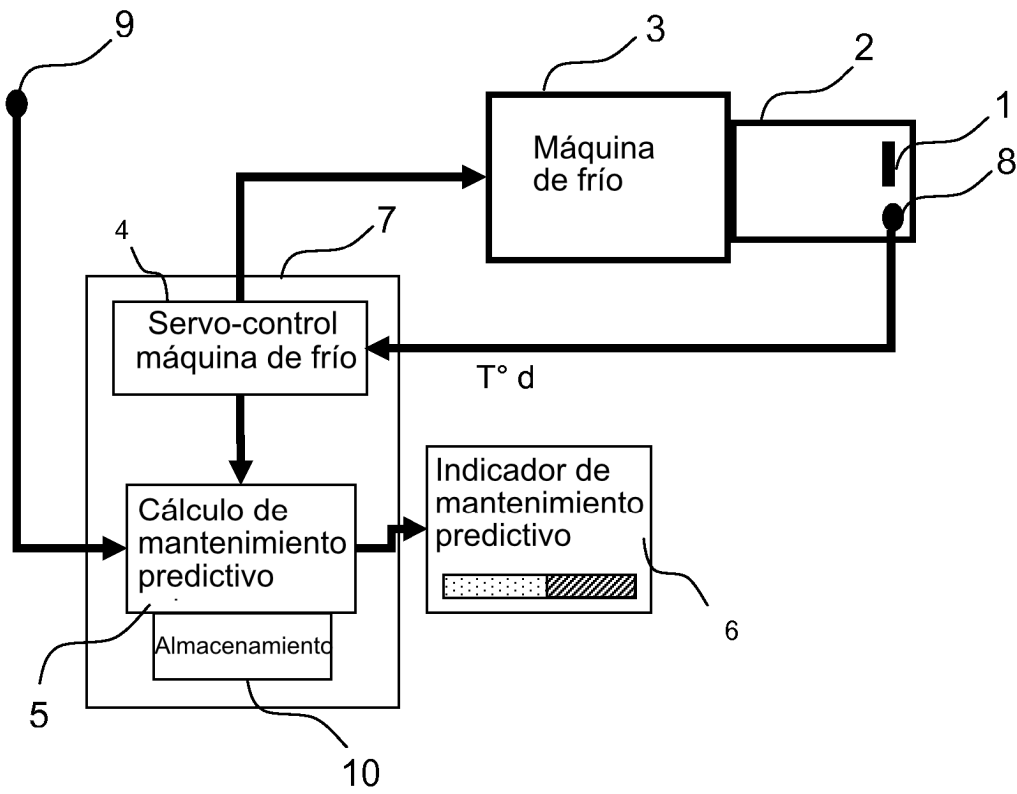


FIG.2

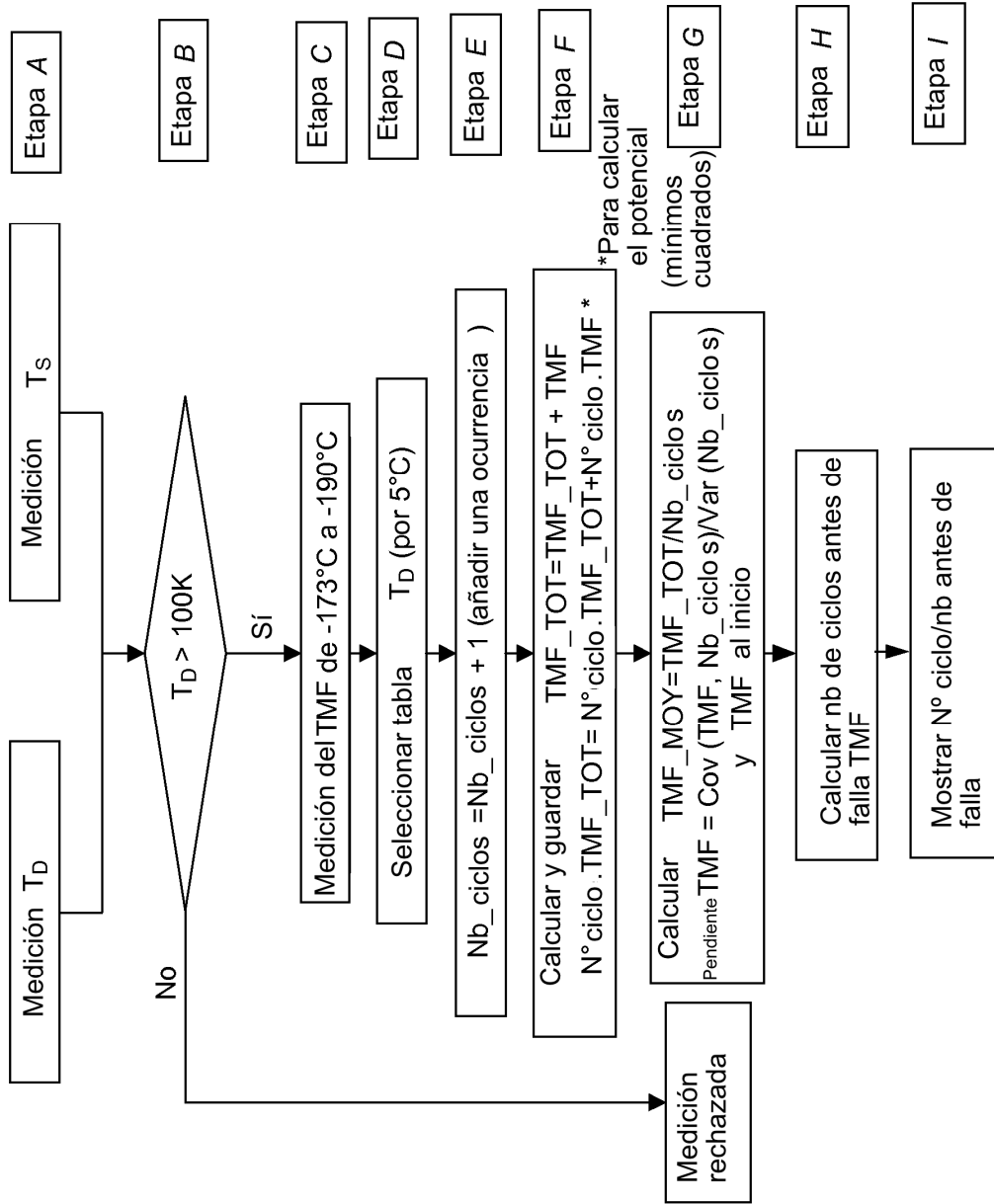


FIG.3

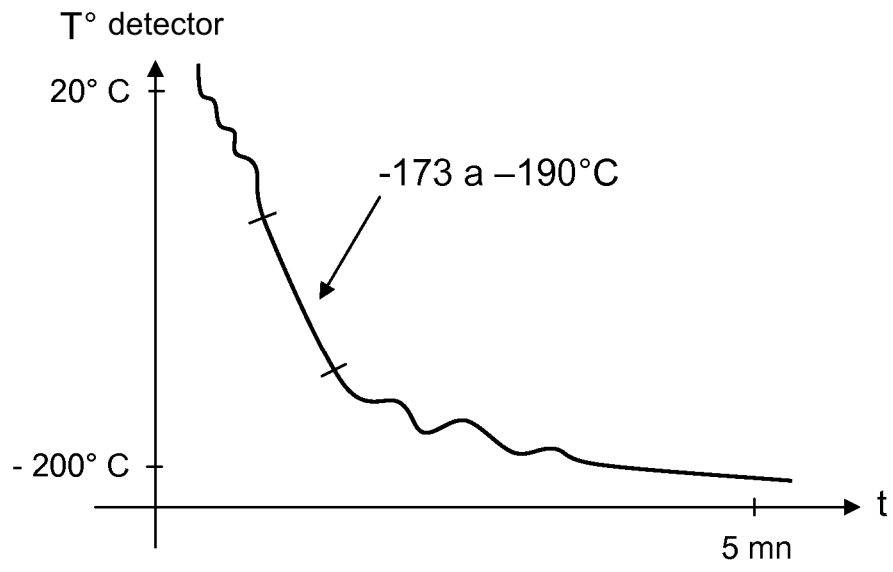


FIG.4