

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 483**

51 Int. Cl.:

**F02C 3/16** (2006.01)

**F23R 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2014 PCT/FR2014/052253**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015 WO15036703**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2014 E 14777730 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2017 EP 3044435**

54 Título: **Procedimiento de monitorización de un grado de coquización en juntas mediante un árbol de generador de gas**

30 Prioridad:

**13.09.2013 FR 1358860**

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

**12.01.2018**

73 Titular/es:

**SAFRAN HELICOPTER ENGINES (100.0%)  
64510 Bordes, FR**

72 Inventor/es:

**DEBBOUZ, NADIR CHRISTIAN;  
FAUPIN, FRANCOIS XAVIER MARIE y  
LAMAZERE, FABIEN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 649 483 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 monitorización de un grado de coquización en juntas mediante un árbol de generador de gas

**Campo de la invención**

5 La invención pertenece al campo de la monitorización del grado de coquización en juntas dinámicas en una turbomáquina, y al de las turbomáquinas equipadas con sistemas que permiten dicha monitorización.

**Estado de la técnica**

Con referencia a la figura 1a, ciertas turbomáquinas 1, como por ejemplo los turboejes, comprenden un generador de gas 10 que comprende un árbol rotativo 11 en el que va montada una rueda de inyección 12, que a su vez es, por tanto, rotativa.

10 La rueda de inyección presenta una pluralidad de orificios que abocan en una cámara de combustión 30. De esta manera, la rueda de inyección, en su giro, pulveriza combustible, por centrifugación, en la cámara de combustión.

Con referencia a la figura 1b, la turbomáquina comprende, asimismo, una rampa de inyección 20, que es una pieza fija de revolución montada alrededor del árbol 11 del generador de gas 10.

15 La rampa de inyección conduce combustible hasta la rueda de inyección. El combustible circula por un conducto interno 21 de la rampa de inyección, y aboca en una cavidad 22 antes de penetrar en la rueda de inyección.

Para encargarse de la estanqueidad entre la rueda de inyección y la rampa, se prevé una pluralidad de juntas dinámicas tales como juntas laberínticas 23.

20 Una configuración de este tipo se da a conocer, por ejemplo, en el documento EP-1840470. Ahora bien, muchas veces ocurre que se forma coque dentro de las gargantas de estas juntas, llevando consigo, en consecuencia, la aparición de rozamientos entre la rueda de inyección y la rampa de inyección. Los rozamientos pueden agravarse hasta llevar consigo el bloqueo completo del árbol del generador de gas; entonces, ya no es posible arrancar el motor.

25 En el caso de dificultades de arranque, los operarios realizan operaciones de búsquedas de averías, descritas en un manual de mantenimiento de la turbomáquina. Estas búsquedas son, por lo general, largas y poco eficaces, ya que es menester pasar un tiempo, muchas veces considerable, antes de detectar la causa de las dificultades de arranque, en este caso concreto, una coquización en las juntas dinámicas (en efecto, son concebibles otras numerosas causas).

30 Además, estas operaciones de búsqueda llevan aparejada una indisponibilidad imprevista de la turbomáquina y, por tanto, de la aeronave en la que está instalada, las cuales pueden requerir, adicionalmente, anular una o varias misiones de vuelo previstas. Por lo tanto, estas operaciones representan un coste cuantioso.

Aún no se ha propuesto ningún método alternativo que permita anticipar el bloqueo del árbol del generador de gas a causa de la coquización en las juntas dinámicas y que, así, permita evitar las operaciones de búsqueda de avería.

Existe, pues, una necesidad de un procedimiento de monitorización de un grado de coquización en las juntas dinámicas.

35 **Presentación de la invención**

La invención tiene por finalidad subsanar el problema antes presentado, proponiendo un procedimiento de monitorización de un grado de coquización en las juntas dinámicas de una turbomáquina.

Es otra finalidad de la invención poder monitorizar este grado de coquización en la utilización de la turbomáquina, sin imponer una indisponibilidad de la turbomáquina.

40 En tal sentido, la invención tiene por objeto un procedimiento de monitorización de un grado de coquización en las juntas dinámicas de una turbomáquina, que comprende:

- un generador de gas que comprende un árbol rotativo y una rueda de inyección montada en dicho árbol, estando adaptada la rueda de inyección para pulverizar combustible por centrifugación, y
- una rampa de inyección, adaptada para conducir combustible hasta la rueda de inyección,
- 45 - juntas dinámicas adaptadas para encargarse de una estanqueidad entre la rueda de inyección y la rampa de inyección,

caracterizándose el procedimiento por que comprende las etapas consistentes en:

- medir, a lo largo de una fase de autorrotación de la turbomáquina, la velocidad de giro del árbol de generador de gas, y
  - determinar, a partir de la evolución temporal de la velocidad de giro así medida, un grado de coquización en las juntas dinámicas.
- 5 Ventajosamente, aunque facultativamente, el procedimiento según la invención puede comprender, además, al menos una de las siguientes características:
- la etapa de determinación del grado de coquización en las juntas dinámicas comprende la medida de la desaceleración del árbol de generador de gas entre dos velocidades de giro del árbol.
- 10
- La medida de la desaceleración se realiza entre una primera velocidad de giro comprendida entre 1000 y 2500 revoluciones por minuto, preferentemente igual a 1000 revoluciones por minuto, y una segunda velocidad de giro comprendida entre 500 y 1000 revoluciones por minuto, preferentemente igual a 700 revoluciones por minuto.
  - La determinación del grado de coquización en las juntas dinámicas comprende una de las etapas de entre el siguiente grupo:
- 15
- o la comparación de la desaceleración del árbol de generador de gas con un umbral predeterminado,
  - o la determinación de una diferencia entre la desaceleración medida y una desaceleración inicial de la turbomáquina entre las mismas velocidades de giro del árbol, y la comparación de la diferencia con un umbral predeterminado, y
- 20
- o la determinación, a partir de anteriores medidas de la desaceleración, de una velocidad de variación de dicha desaceleración en función de la utilización de la turbomáquina, y la comparación de dicha velocidad de variación con un umbral predeterminado.
  - El procedimiento se lleva a la práctica en una turbomáquina que además comprende un arrancador, y comprende las etapas consistentes en:
- 25
- o medir, a lo largo de una fase de iniciación del giro del árbol de generador de gas mediante el arrancador, en el arranque de la turbomáquina, una corriente que atraviesa el arrancador y una tensión en bornes del arrancador,
  - o determinar, a partir de la corriente y de la tensión medidas, un dato representativo de un par resistivo del árbol del generador de gas.
- 30
- La etapa de determinación de un grado de coquización en las juntas dinámicas se realiza a partir de la evolución temporal de la velocidad de giro del árbol del generador de gas y del valor o la evolución, en función de la utilización de la turbomáquina, del dato representativo del par resistivo del árbol.

Es asimismo objeto de la invención un sistema de monitorización de un estado de coquización en las juntas dinámicas de una turbomáquina, que comprende:

- 35
- un generador de gas, que comprende un árbol rotativo y una rueda de inyección montada en dicho árbol, estando adaptada la rueda para pulverizar combustible por centrifugación,
  - una rampa de inyección adaptada para conducir combustible hasta la rueda de inyección, y
  - juntas dinámicas, adaptadas para encargarse de una estanqueidad entre la rueda de inyección y la rampa de inyección,

40 estando el sistema de monitorización adaptado para la puesta en práctica del procedimiento según la presentación que antecede, y comprendiendo:

- al menos un sensor de la velocidad de giro del árbol del generador de gas, adaptado para efectuar adquisiciones a una frecuencia superior o igual a 2 Hz, y
  - una unidad de procesamiento, que incluye una memoria y medios de procesamiento adaptados para procesar las medidas de velocidad de giro, para determinar un grado de coquización en las juntas dinámicas.
- 45

El sistema de monitorización según la invención, cuando está instalado en una turbomáquina que además comprende un arrancador, puede comprender, además, al menos un dispositivo de medida de una tensión en bornes del arrancador y de la corriente que lo atraviesa, estando dicho dispositivo de medida adaptado para adquirir medidas de tensión y de corriente a una frecuencia superior o igual a 10 Hz.

Es asimismo objeto de la invención una turbomáquina, que comprende:

- un generador de gas, que comprende un árbol rotativo y una rueda de inyección montada en dicho árbol, estando adaptada la rueda para pulverizar combustible por centrifugación,
  - una rampa de inyección adaptada para conducir combustible hasta la rueda de inyección, y
- 5       - juntas dinámicas, adaptadas para encargarse de una estanqueidad entre la rueda de inyección y la rampa de inyección,

caracterizándose la turbomáquina por que además comprende un sistema de monitorización según la descripción que antecede.

10       El procedimiento de monitorización así propuesto permite evaluar un grado de coquización en las juntas de una turbomáquina, y detectar un estadio crítico antes de una imposibilidad de arrancar la turbomáquina.

Esto permite, en su caso, planificar un mantenimiento para limpiar o sustituir las juntas dinámicas.

### **Descripción de las figuras**

Otras características, finalidades y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción que sigue, que es puramente ilustrativa y no limitativa, y que debe leerse con relación a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

15       las figuras 1a y 1b, ya descritas, representan esquemáticamente el principio de funcionamiento de una turbomáquina equipada con una rueda de inyección,

las figuras 2a y 2b representan las etapas principales de un procedimiento de monitorización según dos formas de realización de la invención.

20       La figura 3a representa el tiempo de desaceleración del árbol de generador de gas para diferentes grados de utilización de la turbomáquina.

La figura 3b representa la evolución de una desaceleración de un árbol de generador de gas en función de la utilización de la turbomáquina.

25       La figura 4 representa la evolución de un dato representativo del par resistivo de un árbol de generador de gas en función de la utilización de la turbomáquina.

### **Descripción detallada de al menos una forma de puesta en práctica de la invención**

En las figuras 2a y 2b se han representado dos formas de realización de un procedimiento de monitorización de la coquización en las juntas dinámicas de una turbomáquina.

30       Al igual que en la representación de la figura 1a, la turbomáquina 1, que puede ser un turboeje, comprende un generador de gas 10, que comprende un árbol rotativo 11, que arrastra en su giro una rueda de inyección 12 montada en el mismo.

La turbomáquina comprende además una rampa de inyección 20 fija, que es una pieza de revolución alrededor del árbol del generador de gas. La rampa de inyección 20 comprende al menos una canalización interna 21 que aboca en una cavidad circunferencial 22.

35       La turbomáquina comprende, asimismo, una cámara de combustión 30 en la que tiene lugar el encendido del combustible para la propulsión de la aeronave en la que está montada la turbomáquina.

La rueda de inyección 12 comprende canales internos radiales 13 que abocan, por un lado, en la cavidad circunferencial 22 y, por el otro lado, en la cámara de combustión 30.

40       El combustible es conducido por la rampa de inyección hasta la cavidad 22, donde, entonces, se halla arrastrado dentro de la rueda de inyección 12 a través de los orificios pasantes de los canales 13 establecidos dentro de la misma. A continuación se pulveriza el combustible en la cámara de combustión, por centrifugación resultante del movimiento de giro de la rueda de inyección.

Para encargarse de la estanqueidad entre la rueda de inyección 12 móvil y la rampa de inyección 20 fija, la turbomáquina comprende además una pluralidad de juntas dinámicas 23, ventajosamente de tipo juntas laberínticas.

De este modo, el combustible presente en la cavidad 22 no escapa a los demás sectores de la turbomáquina.

45       La turbomáquina comprende, además, un arrancador 40 que permite arrastrar en su giro el árbol del generador de gas durante una fase de arranque de la turbomáquina.

En particular, la fase de arranque comprende un primer periodo, que dura aproximadamente 4 segundos, en cuyo transcurso la cámara de combustión no está encendida y el árbol del generador de gas recibe el arrastre giratorio exclusivamente del arrancador. Esta fase se denomina, en lo sucesivo, "fase de iniciación del giro del árbol del generador de gas".

- 5 La fase de arranque comprende, a continuación, un segundo periodo, en cuyo transcurso se enciende la cámara de combustión, y el árbol del generador de gas acelera bajo la acción simultánea del arrancador y de la potencia térmica de la turbomáquina.

La turbomáquina comprende, finalmente, un sistema de monitorización 50 del grado de coquización en las juntas dinámicas.

- 10 Este sistema comprende una unidad de procesamiento 51, que está conectada a uno o varios sensores, y que está adaptada para recuperar las medidas de los sensores y para procesarlas, de la manera que seguidamente se explica, para inferir un grado de coquización en las juntas dinámicas.

- 15 La unidad de procesamiento 51 puede estar integrada en la turbomáquina o, alternativamente, estar separada de ella, por ejemplo estando montada dentro de la aeronave o en una central de monitorización en tierra. En su caso, la comunicación de los datos entre el o los sensores y la unidad de procesamiento se puede realizar en el uso de la turbomáquina, mediante comunicación inalámbrica, o realizarse esporádicamente en una fase de paro de la turbomáquina, recuperando los datos de los sensores y cargándolos en la unidad de procesamiento.

- 20 Ventajosamente, la unidad de procesamiento comprende una memoria 52, que permite almacenar las medidas realizadas en las anteriores utilizaciones de la turbomáquina, y medios de procesamiento de los datos, tal como un procesador 53.

El sistema de monitorización asimismo comprende, de acuerdo con una primera forma de realización correspondiente al procedimiento de la figura 2a, un sensor de velocidad 54 del árbol del generador de gas, que está adaptado para registrar dicha velocidad a una frecuencia superior o igual a 1 Hz, preferentemente superior o igual a 2 Hz.

- 25 De acuerdo con una segunda forma de realización correspondiente al procedimiento de la figura 2b, el sistema de monitorización 50 comprende un dispositivo de medida 55 de una tensión en bornes del arrancador 40 y de la corriente que lo atraviesa, que está adaptado para registrar estos datos a una frecuencia superior o igual a 2 Hz, preferentemente superior o igual a 10 Hz.

- 30 Los dos indicadores utilizados para monitorizar el grado de coquización en las juntas se pueden combinar para corroborar sus resultados, ventajosamente el sistema de monitorización comprende, a la vez, un sensor de velocidad de giro 54 del árbol y un dispositivo de medida 55 de la tensión en bornes del arrancador y de la corriente que lo atraviesa.

El sistema de monitorización también puede comprender otros sensores que permitan proporcionar información suplementaria a la unidad de procesamiento para inferir un grado más preciso de coquización en las juntas.

- 35 Monitorización de un grado de coquización en juntas dinámicas mediante la velocidad de giro del árbol de generador de gas

Con referencia a la figura 2a, a continuación se pasa a describir una primera forma de realización del procedimiento de monitorización 1000 de la coquización en las juntas dinámicas de la turbomáquina 1.

- 40 Este procedimiento hace uso de un primer indicador como es la desaceleración del giro del árbol del generador de gas, a lo largo de una fase de autorrotación del árbol. La autorrotación tiene lugar en una fase de paro de la turbomáquina, cuando el árbol del generador de gas prosigue su giro merced solamente a su inercia, pero deja de recibir el arrastre giratorio de otro elemento.

- 45 A lo largo de esta etapa, la velocidad de giro del árbol del generador de gas es decreciente, pero la desaceleración puede ser menor o mayor según el grado de coquización en las juntas dinámicas. En efecto, a más coquización en las juntas dinámicas, más rozamientos habrá entre la rampa de inyección y la rueda de inyección, lo cual frena el movimiento relativo entre estos dos elementos.

Consecuentemente, la desaceleración es mayor en caso de acusada coquización.

- 50 Además, esta repercusión de los rozamientos en el frenado es proporcionalmente mayor a régimen reducido que otros factores que influyen en el frenado, tales como los rozamientos aerodinámicos, los cuales dependen de la velocidad de giro y, por tanto, son proporcionalmente menores a bajo régimen.

Consecuentemente, el estudio de la desaceleración del árbol 11 a bajo régimen proporciona una indicación sobre el grado de coquización en las juntas dinámicas.

El procedimiento comprende, por tanto, una etapa de medida 1100 de una velocidad de giro del árbol del generador de gas de la turbomáquina por el sensor 54, durante una fase de autorrotación del árbol.

5 Con referencia a la figura 3a, se ha representado la desaceleración del árbol del generador de gas entre una velocidad de giro de 3000 r/min y una velocidad de 600 r/min para diferentes utilizaciones de una turbomáquina, habiéndose registrado la primera medida y la última medida con una separación aproximada de 250 utilizaciones.

La pendiente de la velocidad de giro es más elevada en valor absoluto para la última utilización, para la cual la cantidad de coque en las juntas dinámicas es mayor.

Volviendo a la figura 2a, el procedimiento comprende a continuación una etapa de determinación 1200, a partir de la evolución temporal de la velocidad de giro adquirida, de un grado de coquización en las juntas dinámicas.

10 En efecto, habiéndose registrado la velocidad de giro a una frecuencia superior a 1 ó 2 Hz durante una fase de desaceleración del árbol, se puede determinar su pendiente, es decir, la desaceleración del árbol, entre dos valores determinados de velocidades.

15 Anteriormente se ha indicado que los fenómenos de rozamiento resultantes de la coquización son más visibles a bajo régimen. Consecuentemente, los valores de velocidades entre los cuales se calcula una desaceleración comprenden una primera velocidad comprendida entre 1000 y 2500 revoluciones por minuto, preferentemente igual a 1000 revoluciones por minuto, y una segunda velocidad de giro comprendida entre 500 y 1000 revoluciones por minuto, preferentemente igual a 700 revoluciones por minuto.

20 Por lo tanto, la unidad de procesamiento calcula la pendiente entre estas dos velocidades en una etapa 1210. A continuación, puede, a lo largo de una etapa 1220, deducir el grado de coquización en las juntas dinámicas de varias maneras.

De acuerdo con una primera forma de realización, a lo largo de una etapa 1221, la unidad de procesamiento compara la pendiente de la velocidad de giro con uno o varios umbrales predeterminados, correspondientes a uno o varios grados de coquización determinados; por ejemplo, un grado de coquización puede corresponderse con un número de utilizaciones de la turbomáquina antes de que se bloquee el generador de gas.

25 El umbral se puede establecer en función de un considerable número de parámetros dependientes de la turbomáquina y de sus condiciones de utilización.

30 De acuerdo con una segunda forma de realización, a lo largo de una etapa 1222, la unidad de procesamiento compara el valor de la pendiente con un valor inicial determinado del mismo modo en una primera utilización o una primera puesta en servicio de la turbomáquina. La unidad de procesamiento puede calcular la diferencia entre los dos valores de pendiente y comparar esta diferencia con un umbral predeterminado para inferir, al igual que anteriormente, un grado de coquización en las juntas.

35 Finalmente, de acuerdo con una tercera forma de realización, a lo largo de una etapa 1223, la unidad de procesamiento recupera datos de desaceleración calculados en idénticas condiciones y almacenados en la memoria 52, y determina una velocidad de variación de dicha desaceleración en función de la utilización de la turbomáquina, por ejemplo en función de un número de utilizaciones de la turbomáquina (número de arranques).

Con referencia a la figura 3b, se ha representado una evolución, en función de la utilización de la turbomáquina, del valor medio de la desaceleración entre 3000 y 1000 r/min. Se comprueba que la pendiente de esta evolución tiende asimismo a aumentar, es decir, que la desaceleración aumenta cada vez más a medida que va siendo mayor el grado de coquización en las juntas.

40 Consecuentemente, la etapa 1223 comprende la medida de una velocidad de variación de la desaceleración calculada en función de la utilización de la turbomáquina, y la comparación de esta velocidad de variación con un umbral predeterminado.

Monitorización de un grado de coquización en las juntas dinámicas mediante la corriente consumida por el arrancador y la tensión entre sus bornes

45 Con referencia a la figura 2b, se ha representado otra forma de realización del procedimiento de monitorización 1000 de un grado de coquización en las juntas dinámicas.

En esta forma de realización, una primera etapa 1500 comprende la medida de la corriente consumida por el arrancador y de la tensión entre sus bornes, a lo largo de la fase de iniciación del giro del árbol del generador de gas por el arrancador, en el arranque de la turbomáquina.

50 En efecto, durante esta etapa, el arrancador se puede ver como un motor de corriente continua y, por tanto, se puede considerar que el par del motor eléctrico es proporcional a la corriente consumida por este motor, y que la velocidad de giro del motor eléctrico es proporcional a la tensión del motor.

Se obtienen, pues, las siguientes ecuaciones:

$$Tq_m = K_1 \cdot I_m$$

$$\omega_s = \frac{V_m}{K_1}$$

donde:

- 5        -  $Tq_m$  es el par del motor eléctrico,
- $K_1$  es una constante,
- $I_m$  es la corriente consumida por el motor eléctrico,
- $\omega_s$  es la velocidad de giro del arrancador.

10       El par del motor eléctrico compensa el par resistivo del árbol del generador de gas, al propio tiempo que aumenta su velocidad de giro.

$$Tq_m = Tq_r + J \cdot \dot{\omega}$$

donde:

- $Tq_r$  es el par resistivo del árbol del generador de gas sobre el árbol del arrancador,
- $J$  es la inercia de la carga sobre el árbol del arrancador, y
- 15       -  $\dot{\omega}$  es la derivada temporal de  $\omega_s$ , es decir, la aceleración del árbol del arrancador.

El aumento del par resistivo puede verse a través de la evolución de la corriente y de la tensión en bornes del motor eléctrico –es decir, del arrancador–.

$$Tq_r = K_1 \cdot I_m - J \cdot \frac{\dot{V}_m}{K_1}$$

20       Se puede calcular, por tanto, un dato representativo del par resistivo del árbol del generador de gas, que es homogéneo a una corriente, como sigue:

$$imagenTq_r = I_m - a \cdot \dot{V}_m + offset$$

donde:

- $imagenTq_r$  es un dato representativo del par resistivo del árbol del generador de gas, obtenido a partir de la corriente  $I_m$  consumida por el arrancador y de la tensión  $V_m$  entre sus bornes,
- 25       -  $I_m$  es el valor medio de la corriente consumida por el motor eléctrico durante la fase de iniciación del giro del árbol del generador de gas del arrancador,
- $\dot{V}_m$  es la pendiente promedio de  $V_m$  durante la fase de iniciación del giro del árbol del generador de gas por el arrancador,
- 30       -  $a$  es una constante definida tal que  $imagenTq_r = offset$  para el primer punto de medida, es decir, el par resistivo inicial es considerado como despreciable,
- $offset$  es una constante utilizada para obtener un valor siempre positivo del par pese a la dispersión.

35       Por lo tanto, la etapa de medida de la corriente y de la tensión en bornes del arrancador viene seguida de una etapa de determinación 1600, a partir de estas medidas, del grado de coquización en las juntas dinámicas, calculando, a lo largo de una etapa 1610, a partir de las ecuaciones que anteceden, el dato  $imagenTq_r$  representativo del par resistivo del árbol del generador de gas.

Las medidas de corriente y de tensión se realizan con el dispositivo de medida 55, cuya frecuencia de medición es, ventajosamente, superior a 10 Hz.

La deducción del estado de coquización en las juntas dinámicas 1620 se puede realizar de diferentes maneras.

De acuerdo con una primera forma de realización 1621, el valor del dato imagenTq<sub>r</sub>, que es, en su caso, su valor medio en el periodo de iniciación, puede ser comparado con uno o varios umbrales predeterminados, correspondientes a uno o varios grados de coquización determinados; por ejemplo, un grado de coquización puede corresponderse con un número de utilizaciones de la turbomáquina antes de que se bloquee el generador de gas.

5 De acuerdo con una forma alternativa de realización 1622, la unidad de procesamiento compara el valor del dato representativo del par con un valor inicial determinado en una primera utilización o una primera puesta en servicio de la turbomáquina. La unidad de procesamiento puede calcular la diferencia entre los dos valores y comparar esta diferencia con un umbral predeterminado para inferir, al igual que anteriormente, un grado de coquización en las juntas.

10 Finalmente, de acuerdo con una tercera forma de realización, a lo largo de una etapa 1623, la unidad de procesamiento recupera datos imagenTq<sub>r</sub> calculados regularmente en idénticas condiciones y almacenados en la memoria 52 y determina una velocidad de variación de dicho dato en función de un número de utilizaciones de la turbomáquina.

15 Con referencia a la figura 4, se ha representado una evolución, en función de la utilización de la turbomáquina, del valor de la imagen imagenTq<sub>r</sub> del par resistivo del árbol del generador de gas. Se comprueba que la pendiente de esta evolución tiende asimismo a aumentar, es decir, que el par resistivo del árbol aumenta cada vez más a medida que va siendo mayor el grado de coquización en las juntas.

20 Consecuentemente, la etapa 1623 comprende la medida de una velocidad de variación de la imagen imagenTq<sub>r</sub> en función de la utilización de la turbomáquina, y la comparación de esta velocidad de variación con un umbral predeterminado.

Utilización de varios indicadores para la monitorización de la coquización

Los dos indicadores antes descritos pueden ser utilizados de manera simultánea para corroborar o precisar la información acerca del grado de coquización en las juntas dinámicas.

25 Puesto que el indicador de desaceleración del árbol del generador de gas se mide en una fase de paro de la turbomáquina, en tanto que el indicador sobre el par resistivo del árbol se mide en una fase de arranque, es ventajoso entonces cotejar los resultados obtenidos tras un paro de la turbomáquina.

La unidad de procesamiento compara entonces los resultados obtenidos y proporciona una indicación final sobre el grado de coquización en las juntas.

30 Adicionalmente, en función de un grado de coquización detectado mediante uno de los procedimientos que anteceden, se puede disparar una alerta para poner en marcha una fase de mantenimiento de la turbomáquina.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de monitorización (1000) de un grado de coquización en juntas dinámicas de una turbomáquina, que comprende:
- 5
- un generador de gas (10) que comprende un árbol rotativo (11) y una rueda de inyección (12) montada en dicho árbol, estando adaptada la rueda de inyección para pulverizar combustible por centrifugación, y
  - una rampa de inyección (20), adaptada para conducir combustible hasta la rueda de inyección (12),
  - juntas dinámicas (23) adaptadas para encargarse de una estanqueidad entre la rueda de inyección (12) y la rampa de inyección (20),
- caracterizándose el procedimiento por que comprende las etapas consistentes en:
- 10
- medir (1100), a lo largo de una fase de autorrotación de la turbomáquina, la velocidad de giro del árbol de generador de gas, y
  - determinar (1200), a partir de la evolución temporal de la velocidad de giro así medida, un grado de coquización en las juntas dinámicas.
2. Procedimiento de monitorización (1000) según la reivindicación 1, en el que la etapa de determinación (1200) del grado de coquización en las juntas dinámicas comprende la medida de la desaceleración (1210) del árbol de generador de gas entre dos velocidades de giro del árbol.
- 15
3. Procedimiento de monitorización según la reivindicación 2, en el que la medida de la desaceleración (1210) se realiza entre una primera velocidad de giro comprendida entre 1000 y 2500 revoluciones por minuto, preferentemente igual a 1000 revoluciones por minuto, y una segunda velocidad de giro comprendida entre 500 y 1000 revoluciones por minuto, preferentemente igual a 700 revoluciones por minuto.
- 20
4. Procedimiento de monitorización según una de las reivindicaciones 2 ó 3, en el que la determinación (1200) del grado de coquización en las juntas dinámicas comprende una de las etapas de entre el siguiente grupo:
- la comparación (1221) de la desaceleración del árbol de generador de gas con un umbral predeterminado,
  - la determinación de una diferencia entre la desaceleración medida y una desaceleración inicial de la turbomáquina entre las mismas velocidades de giro del árbol, y la comparación (1222) de la diferencia con un umbral predeterminado, y
  - la determinación, a partir de anteriores medidas de la desaceleración, de una velocidad de variación de dicha desaceleración en función de la utilización de la turbomáquina, y la comparación (1223) de dicha velocidad de variación con un umbral predeterminado.
- 25
5. Procedimiento de monitorización (1000) según una de las anteriores reivindicaciones, puesto en práctica en una turbomáquina (1) que además comprende un arrancador (40), comprendiendo el procedimiento, además, las etapas consistentes en:
- 30
- medir (1500), a lo largo de una fase de iniciación del giro del árbol de generador de gas mediante el arrancador, en el arranque de la turbomáquina, una corriente que atraviesa el arrancador y una tensión en bornes del arrancador,
  - determinar (1610), a partir de la corriente y de la tensión medidas, un dato representativo de un par resistivo del árbol del generador de gas.
- 35
6. Procedimiento de monitorización según la reivindicación 5, en el que la etapa de determinación (1200, 1600) de un grado de coquización en las juntas dinámicas se realiza a partir de la evolución temporal de la velocidad de giro del árbol del generador de gas y del valor o la evolución, en función de la utilización de la turbomáquina, del dato representativo del par resistivo del árbol.
- 40
7. Sistema de monitorización (50) de un estado de coquización en las juntas dinámicas de una turbomáquina, que comprende:
- 45
- un generador de gas (10), que comprende un árbol rotativo (11) y una rueda de inyección (12) montada en dicho árbol, estando adaptada la rueda para pulverizar combustible por centrifugación,
  - una rampa de inyección (20) adaptada para conducir combustible hasta la rueda de inyección (12), y
  - juntas dinámicas (23), adaptadas para encargarse de una estanqueidad entre la rueda de inyección (12) y la rampa de inyección (20),

estando el sistema de monitorización (50) adaptado para la puesta en práctica del procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, y comprendiendo:

- al menos un sensor (54) de la velocidad de giro del árbol del generador de gas, adaptado para efectuar adquisiciones a una frecuencia superior o igual a 2 Hz, y
- 5
- una unidad de procesamiento (51), que incluye una memoria (52) y medios de procesamiento (53) adaptados para procesar las medidas de velocidad de giro, para determinar un grado de coquización en las juntas dinámicas.

8. Sistema de monitorización (50) según la anterior reivindicación, en una turbomáquina que además comprende un arrancador (40), comprendiendo el sistema de monitorización, además, al menos un dispositivo de medida (55) de una tensión en bornes del arrancador y de la corriente que lo atraviesa, estando dicho dispositivo de medida (55) adaptado para adquirir medidas de tensión y de corriente a una frecuencia superior o igual a 10 Hz.

10

9. Turbomáquina (1), que comprende:

- un generador de gas (10), que comprende un árbol rotativo (11) y una rueda de inyección (12) montada en dicho árbol, estando adaptada la rueda para pulverizar combustible por centrifugación,
- 15
- una rampa de inyección (20) adaptada para conducir combustible hasta la rueda de inyección, y
  - juntas dinámicas (23), adaptadas para encargarse de una estanqueidad entre la rueda de inyección (12) y la rampa de inyección (20),

estando caracterizada la turbomáquina por comprender, además, un sistema de monitorización (50) según una de las reivindicaciones 7 u 8.

20

FIG. 1a

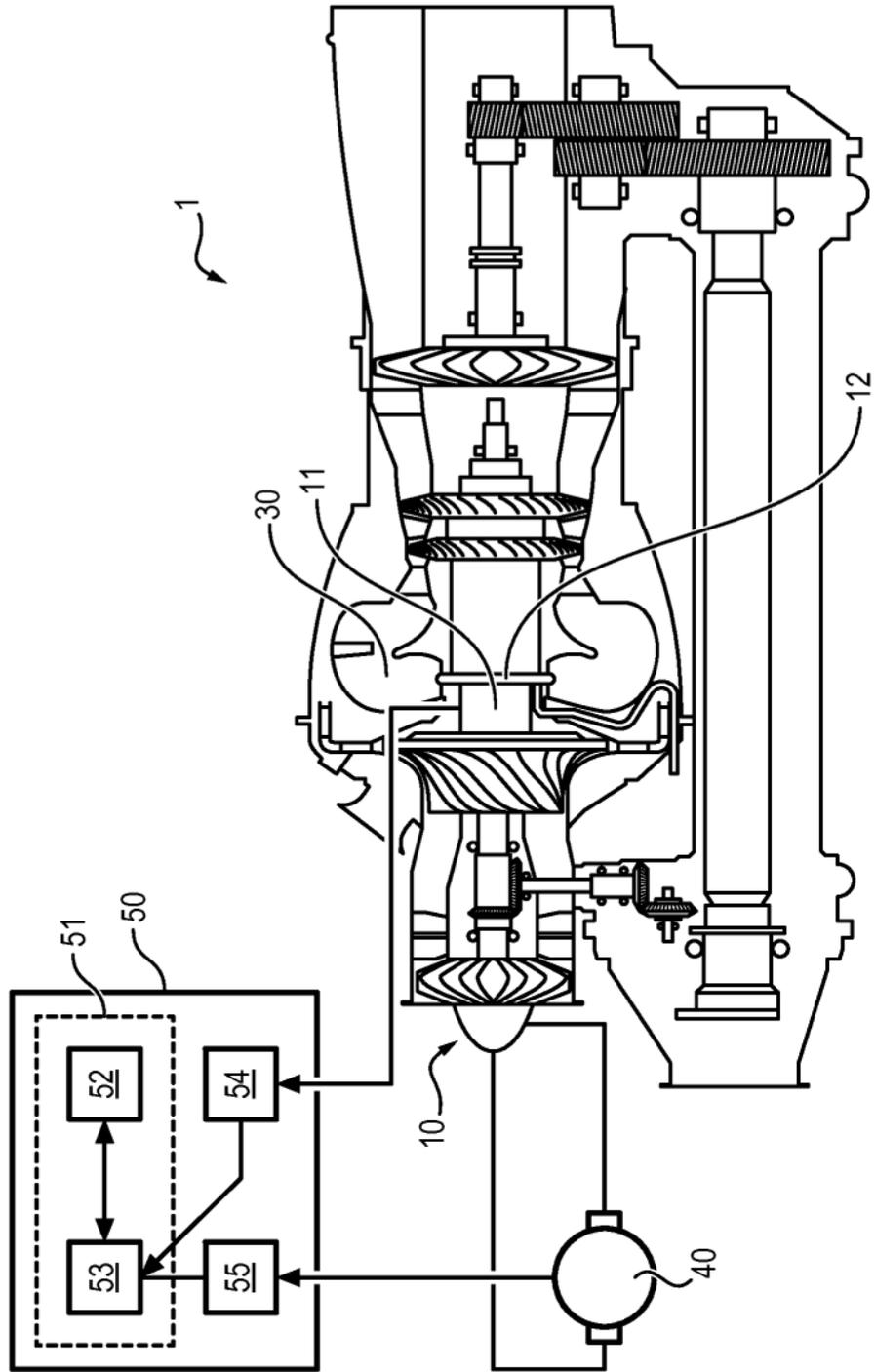


FIG. 1b

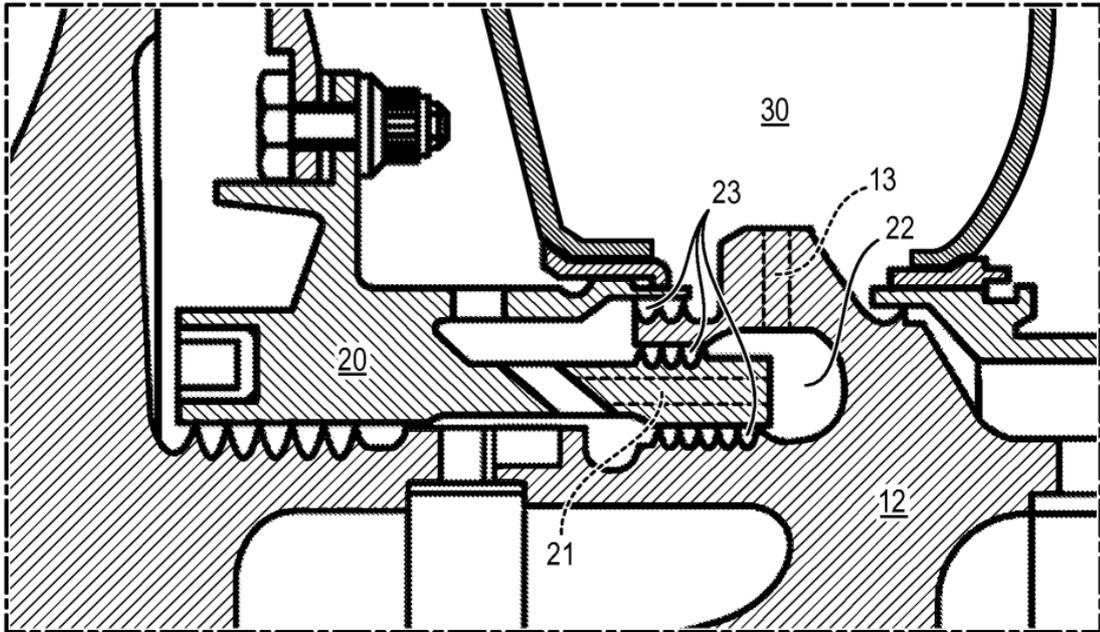


FIG. 2a

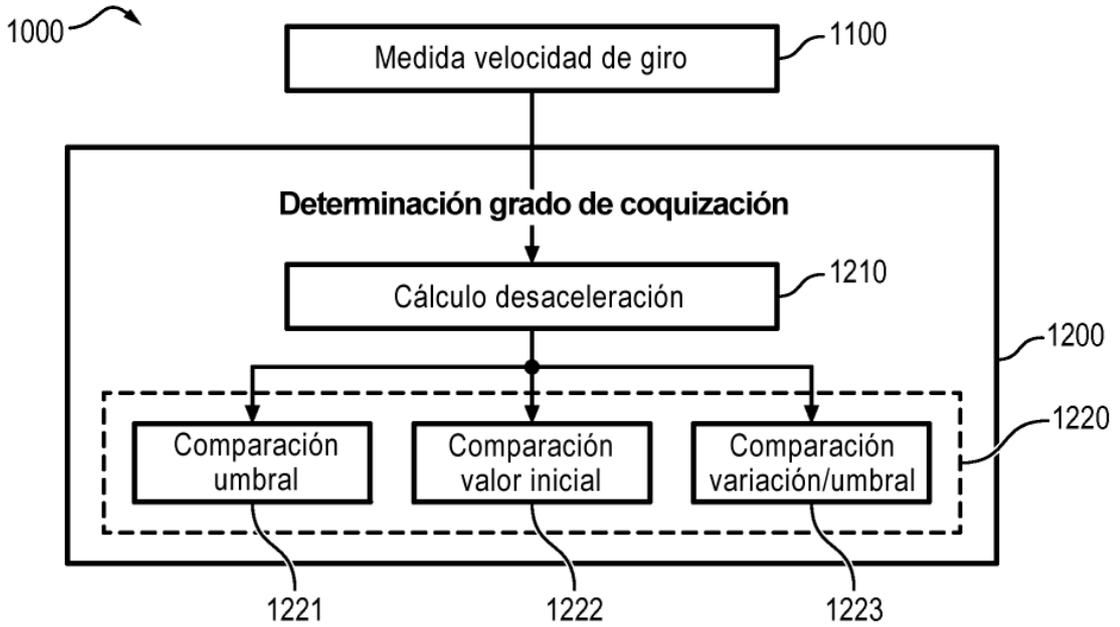


FIG. 2b

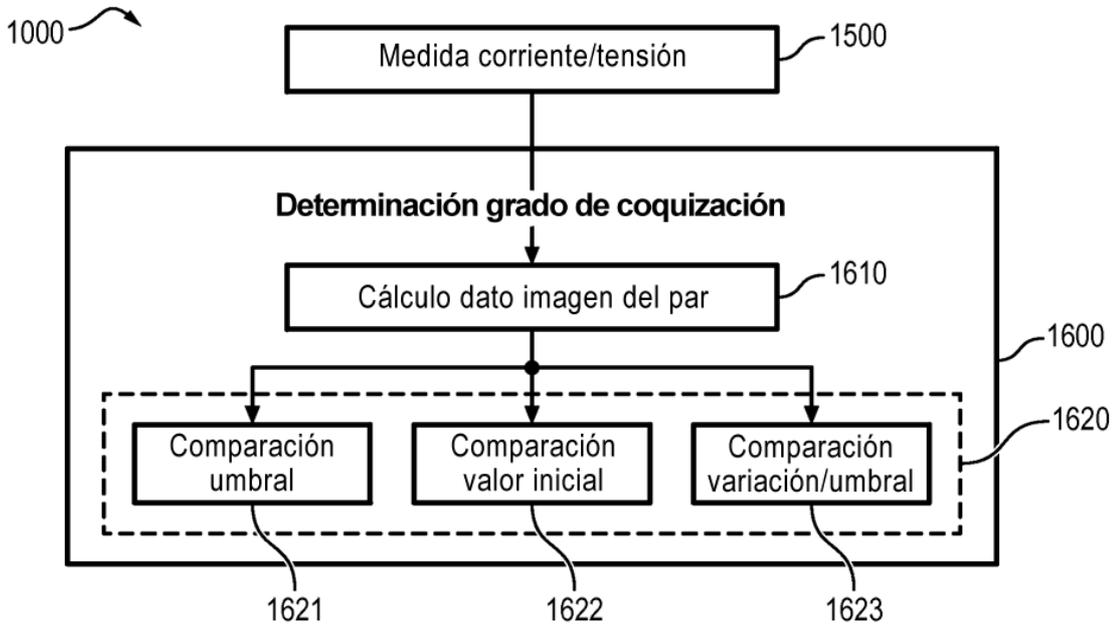


FIG. 3a

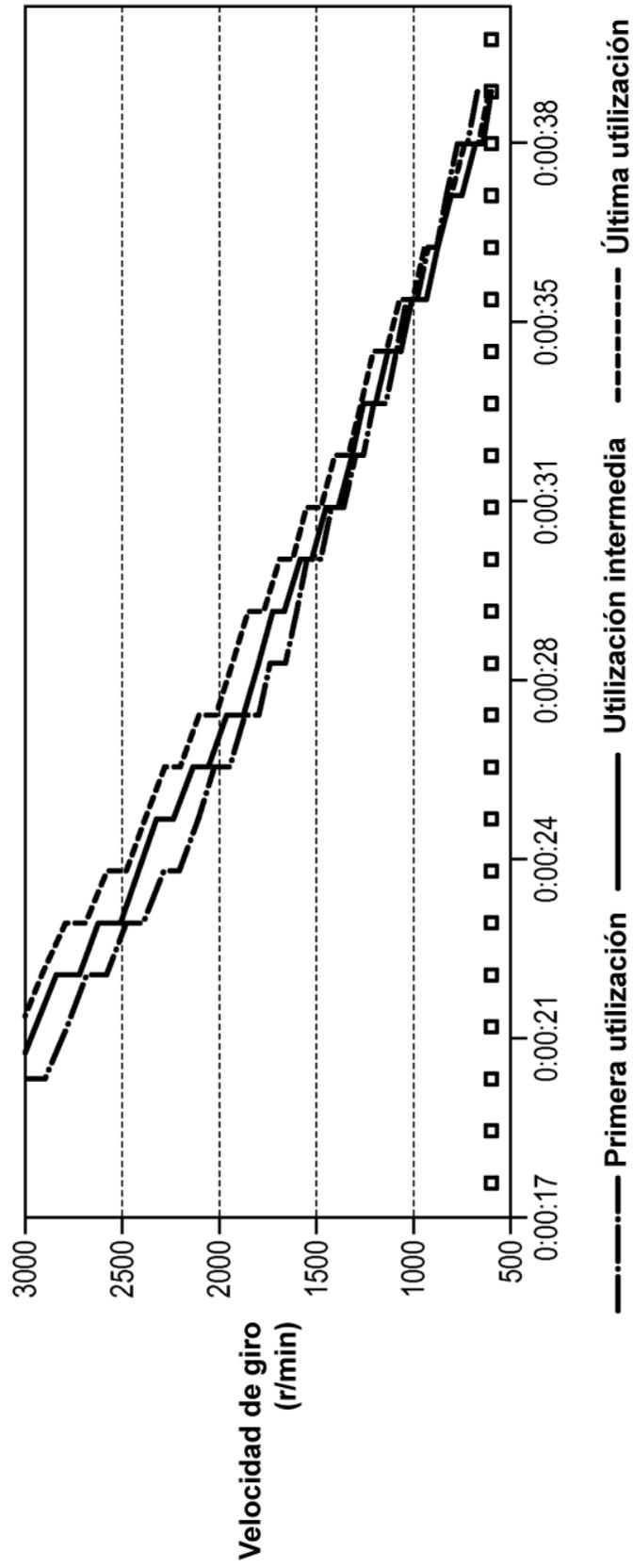
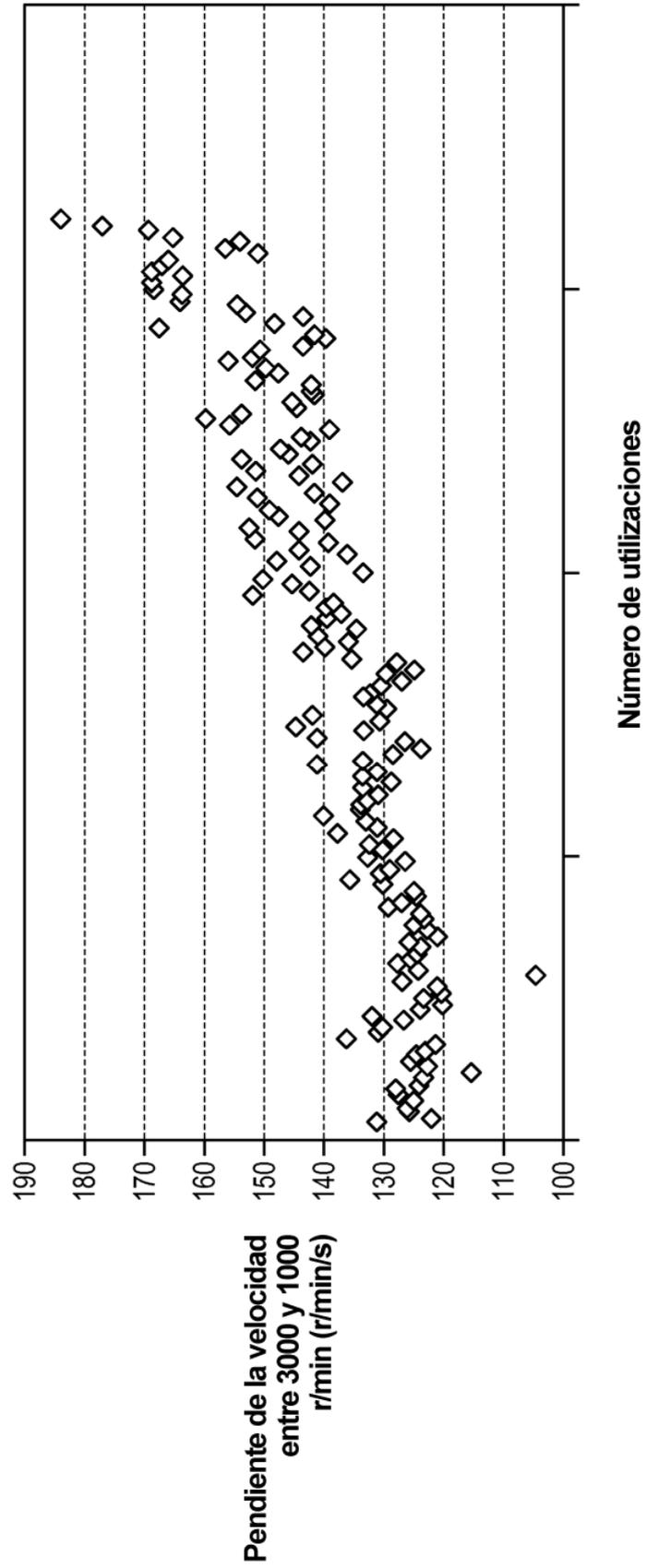


FIG. 3b



**FIG. 4**

