

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 803**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

**G01M 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2015 E 15197779 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 3040701**

54 Título: **Procedimiento para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas sometidas a sollicitaciones dinámicas**

30 Prioridad:

**12.12.2014 DE 102014118516**

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

**22.05.2018**

73 Titular/es:

**INNOGY SE (100.0%)  
Opernplatz 1  
45128 Essen , DE**

72 Inventor/es:

**DAUM, KARLHEINZ**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 668 803 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).

**DESCRIPCION**

Procedimiento para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas sometidas a sollicitaciones dinámicas

5 La invención se refiere a un procedimiento para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas sometidas a sollicitaciones dinámicas.

La invención se refiere, en particular, a un procedimiento para la supervisión o verificación sin intervención de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas en un cubo de rotor, con preferencia en uniones atornilladas en un cubo de rotor de un generador de energía eólica.

10 Por un procedimiento sin intervención en el sentido de la presente invención es un procedimiento para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados sin intervención con una herramienta, que modificaría la tensión previa del bulón roscado una vez aplicada.

15 Normalmente, por ejemplo, en cubos de rotor de generadores de fuerza eólica se aseguran palas de rotor por medio de uniones atornilladas. A tal fin, en el cubo del rotor están previstas pestañas de fijación con coronas perforadas de acuerdo con el número de las palas de rotor a asegurar en el cubo del rotor. En las palas de rotor están previstas pestañas de fijación correspondientes, que presentan espárragos como bulones roscados. Los espárragos atraviesan taladros de fijación de las coronas perforadas correspondientes del tubo del rotor y están asegurados por medio de tuercas. Los bulones roscados o bien están configurados, en general, por decirlo así como bulones de dilatación.

20 Los bulones de dilatación en general y en el sentido de la invención comprenden una caña, que presenta una sección cilíndrica sin rosca y una sección roscada. La sección cilíndrica sin rosca posee, en general, un diámetro más reducido que la caña roscada del bulón de dilatación, de manera que la capacidad de deformación elástica de la señal de la caña sin rosca determina la fuerza de tensión previa máxima del bulón de dilatación.

25 En el caso de uniones atornilladas sometidas a sollicitaciones dinámicas resulta, además, una superposición de la fuerza de tensión previa y de la carga operativa que, según la fuerza de tensión previa de montaje, que se aplica durante el apriete de las tuercas, puede conducir a que la unión atornillada, según el caso de superposición, pueda perder fuerza de tensión previa, lo que conduciría inevitablemente al aflojamiento de la unión atornillada. En particular, en generadores de fuerza eólica, esto puede conducir a un riesgo incalculable para la seguridad.

30 En tales bulones roscados, como se utilizan para el montaje de palas de rotor en turbinas eólicas, ya un cuarto de vuelta de la tuerca de la unión atornillada puede decidir si se ha alcanzado la fuerza de tensión previa prevista de la unión atornillada. Además, en este caso también las tolerancias del material tienen importancia.

35 Se conoce el estado de la técnica a partir de los documentos US20110158806 y JP07253368. Por lo tanto, la invención tiene el cometido de preparar un procedimiento relativamente sencillo para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas sometidas a sollicitaciones dinámicas, con el que se asegura que siempre se garantice un seguro suficiente de la unión atornillada en el sentido de una tensión previa suficiente del bulón roscado.

El cometido se soluciona por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Las configuraciones ventajosas se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes.

40 De acuerdo con un aspecto de la invención, está previsto un procedimiento para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas sometidas a sollicitaciones dinámicas, que se caracteriza por que la longitud de al menos un bulón roscado en la posición de montaje bajo tensión previa axial es detectada por medio de una medición por ultrasonido con la ayuda de un aparato de medición por ultrasonido y se compara entonces con una longitud teórica del bulón roscado.

El procedimiento según la invención se puede realizar tanto continuamente en el sentido de una supervisión duradera como también periódicamente en el sentido de una supervisión de vez en cuando.

45 Con preferencia, el procedimiento para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas se realiza en un cubo de rotor de un generador de fuerza eólica.

El procedimiento se realiza con preferencia sin intervención, es decir, que la medición se realiza sin intervención en la integridad de la unión atornillada, es decir, sin los medios habituales para la verificación del par de torsión, que requerirían en cualquier caso un aflojamiento o apriete de la unión atornillada.

50 De manera más conveniente, la longitud teórica se calcula a través de medición por ultrasonido de un bulón roscado de referencia o del bulón roscado a supervisar.

Como bulón roscado de referencia puede servir, por ejemplo, un bulón roscado de un lote determinado de bulones roscados, de manera alternativa es posible someter cada uno de los bulones roscados a supervisar antes del montaje a una medición por ultrasonido por primera vez.

5 De manera especialmente preferida está previsto que el aparato de medición por ultrasonido sea calibrado a través de una velocidad ajustable del ultrasonido a una longitud de referencia, que corresponde a la longitud de referencia del bulón roscado o bien de los bulones roscados en el estado pretensado. De esta manera se puede asegurar de una forma relativamente sencilla que el aparato de medición por ultrasonido posibilite una verificación digital de la tensión previa correcta del bulón roscado en el sentido de una verificación sí/no. Con otras palabras, cuando el valor de medición calculado con aparato de ultrasonido se considera bueno, corresponde a una longitud de referencia del bulón roscado en el estado pretensado, de manera que por medio de la medición básica o por medio de valores de referencia de los lotes ha sido calibrado el aparato de medición por ultrasonido a través de la velocidad del sonido a ajustar en el aparato de medición por ultrasonido a la longitud correspondiente del bulón roscado.

Con preferencia, el procedimiento comprende, además, las siguientes etapas del procedimiento:

- 15 a) medición de la longitud del bulón roscado de referencia o del bulón roscado respectivo por medio de un aparato de medición de referencia en el estado no pretensado,
- b) medición por ultrasonido de la longitud del bulón roscado de referencia o del bulón roscado respectivo en un estado no pretensado,
- c) determinación de un primer factor de calibración a partir de las mediciones según las etapas a) y b) del procedimiento,
- 20 d) medición por ultrasonido de la longitud del bulón roscado de referencia o del bulón roscado respectivo en un estado pretensado, y
- e) determinación de un segundo factor de calibración a partir de las mediciones de acuerdo con las etapas b) y c) del procedimiento teniendo en cuenta el primer factor de calibración.

25 Como medio de medición de referencia en el sentido de la presente invención puede servir, por ejemplo, un calibre de medición convencional, con el que se toma la longitud del bulón roscado de referencia. A continuación se puede realizar una medición por ultrasonido del mismo bulón roscado, de manera que entonces las mediciones se pueden poner en relación de acuerdo con la etapa a) del procedimiento y de la etapa del procedimiento b), de donde resulta un primer factor de calibración específico del material.

30 La secuencia de las etapas a) y b) no es crítica para el procedimiento. Este primer factor de calibración se calcula de manera más conveniente para igualar las tolerancias en los fatos del fabricante con respecto al material y la longitud.

35 El segundo factor de calibración se calcula de manera más conveniente para el ajuste previo del aparato de medición por ultrasonido antes de una medición de supervisión o antes de una o varias mediciones de verificación, de manera que por el ajuste previo debe entenderse el ajuste del aparato de medición por ultrasonido a través de la velocidad del sonido sobre la longitud de referencia del bulón roscado, de manera que el aparato de medición se puede clasificar como bueno o malo en el sentido de una comparación teórica/real. A tal fin se calcula de manera más conveniente un factor de proporcionalidad a partir de la medición por ultrasonido del bulón roscado en el estado no pretensado y en el estado tensado. En este caso, se corrige la longitud del bulón roscado de referencia o del bulón roscado respectivo en el estado no pretensado con el primer factor de calibración y se pone en relación con el valor de medición calculado de acuerdo con la etapa d) del procedimiento y se calibra de manera correspondiente el aparato de ultrasonido.

La velocidad del sonido del ultrasonido a partir de una fuente de ultrasonido del aparato de medición por ultrasonido se ajusta para que el aparato de medición por ultrasonido emita como buena una medición correspondiente del bulón roscado.

45 En un ejemplo de realización especialmente preferido, está previsto que el bulón roscado de referencia o el bulón roscado respectivo sea pretensado después de la etapa c) del procedimiento y antes de la etapa d) del procedimiento en una configuración de montaje simulada. A tal fin, se puede prever, por ejemplo, emplear el bulón roscado de referencia o el bulón roscado respectivo en una prensa de tracción configurada de manera correspondiente, en la que se tiene en cuenta también la longitud de empotramiento de la o de las secciones roscadas del bulón roscado.

50 De esta manera, es posible un control de la dilatación de los bulones roscados después de la tensión previa, pero también en bulones roscados ya montados, en los que no ha existido ninguna medición primera antes del montaje.

El motivo de que por medio de una medición básica o valores de referencia de lotes se calibra el aparato de medición a través de la velocidad del sonido a ajustar sobre la longitud correspondiente de los bulones roscados se explica por que debido a una modificación de la textura de los bulones roscados en el estado pretensado, en

principio, no se puede escalar una medición de la longitud de los bulones roscados en el estado no tensado sobre una modificación de la longitud en el estado pretensado, puesto que la velocidad de propagación de las ondas de ultrasonido en el material se modifica a través de la dilatación del material y la interacción del material o bien del bulón roscado se modifica con la sujeción en la zona de la o de las secciones roscadas.

- 5 En una variante especialmente conveniente y ventajosa de la invención está previsto que el aparato de medición por ultrasonido permanezca en el bulón roscado a verificar o a supervisar, para que se pueda leer continuamente una señal de medición.

A tal fin, por ejemplo, el aparato de medición de ultrasonido puede presentar un cuerpo de aparato, que se puede colocar como caperuza sobre el extremo libre de un bulón roscado.

- 10 La señal de medición puede leerse por inducción, por cable o, en cambio, por radio y se puede transmitir, por ejemplo, por transmisión remota de datos a un controlador de medición.

El aparato de medición por ultrasonido puede comprender una fuente de ultrasonido y un receptor de ultrasonido, una lógica de evaluación o un generador de señales.

- 15 A continuación se explica la invención con la ayuda de un ejemplo de realización representado en los dibujos. En este caso:

La figura 1 muestra una vista parcial de una pala de robot 1 de un generador de fuerza eólica.

La figura 2 muestra una sección a lo largo de la línea A-A en la figura 1.

La figura 3 muestra una vista de detalle Z en la figura 2, y

- 20 La figura 4 muestra una vista de la sección parcial del bulón roscado en la situación de montaje con pala de rotor montada.

- 25 En la figura 1 se representa una vista parcial de una pala de rotor 1 de un generador de fuerza eólica. La pala de rotor 1 comprende una pestaña de fijación 2, en la que están insertados una pluralidad de bulones de dilatación 3, dispuestos a distancia entre sí, como bulones roscados en el sentido de la invención. Los bulones de dilatación 3 están insertados en cada caso en taladros roscados 4 de la pestaña de fijación 2, Los taladros roscados 4 están realizados, respectivamente, como taladros ciegos, como se puede deducir a partir de la vista en la figura 2. La pala de rotor 1 está pre-equipada con los bulones de dilatación 3 como espárragos.

- 30 Cada uno de los bulones de dilatación 3 comprende una primera sección roscada 5a y una segunda sección roscada 5b así como una sección de dilatación 5c sin rosca dispuesta en medio. La sección de dilatación 5c tiene una sección transversal cilíndrica circular. El diámetro de la sección de dilatación 5c es menor que el diámetro de las secciones roscadas 5a y 5b.

La pala de rotor 1 con los bulones de dilatación 3 premontados del tipo de espárragos se coloca sobre un anillo de pestaña 6, que corresponde al diámetro de la pestaña de fijación 2, se un cubo de rotor no representado, de manera que los bulones de dilatación 3 atraviesan pasos o bien taladros 7 correspondientes del anillo de pestaña 6. El anillo de pestaña 6 del cubo de rotor se designa, en general, también como anillo de cojinete de pala de rotor.

- 35 La figura 2 muestra una sección a través de la fijación de la pala de rotor 1 en el cubo de rotor, de manera que la primera sección roscada 5a, que está insertada en el taladro roscado 4 de la pala de rotor 1, está dispuesta a la izquierda en el dibujo según la figura 4. El bulón de dilatación 3 atraviesa con una gran parte de la sección de dilatación 5c sin rosca el taladro 7 del anillo de pestaña 6 y sobresale con la segunda sección roscada sobre el lado del anillo de pestaña 6 que se aleja de la pala de rotor 1, donde éste está tensado por medio de una tuerca 8 en el

- 40 lado trasero contra el anillo de pestaña 6.
- 45 Sobre el extremo libre (a la derecha en la figura 4) del bulón de dilatación 3 se puede colocar, con objeto de la determinación de la longitud del bulón de dilatación 3, un aparato de medición por ultrasonido, por medio del cual se introducen ondas acústicas en la zona de ultrasonido en la dirección longitudinal del bulón de dilatación 3 en éste. El aparato de medición por ultrasonido puede estar configurado, por ejemplo, por decirlo así, como transmisor, es decir, que puede presentar una fuente de ultrasonido y un receptor de ultrasonido. La fuente de ultrasonido emite ondas acústicas en la zona de ultrasonido, por ejemplo en una zona de frecuencia aproximadamente sobre 16 kHz. Estas ondas acústicas se propagan como ondas longitudinales dentro del bulón de dilatación 3 y se reflejan en el aparato de medición por ultrasonido. El aparato de medición por ultrasonido comprende un receptor de ultrasonido. Sobre el
- 50 tiempo de propagación de las ondas acústicas dentro del bulón de dilatación 3 se puede calcular, en principio, la longitud del bulón de dilatación 3.

Cuando se aprieta la tuerca 8 sobre la sección roscada 5b del bulón de dilatación, se provee la unión atornillada o bien el bulón de dilatación 3 con una tensión previa, que se acumula en el material del bulón de dilatación 3, es decir, dentro de la sección de dilatación 5c, en virtud de la elasticidad del material. El bulón de dilatación 3

experimenta en este caso en la zona de la deformación elástica una modificación de la longitud de, por ejemplo, 0,8 a 1,2 mm frente a la longitud de partida en el estado no pretensado.

5 Según la invención, el aparato de medición por ultrasonido ha sido calibrado de tal forma que una medición considerada buena corresponde al tiempo de propagación de la señal de ultrasonido, que ha sido calculada previamente con la ayuda de un bulón roscado de referencia bajo tensión previa (segundo factor de calibración). Si el tiempo de propagación medido de la señal de ultrasonido se desvía de ello, se genera una señal, que señala una medición no considerada buena.

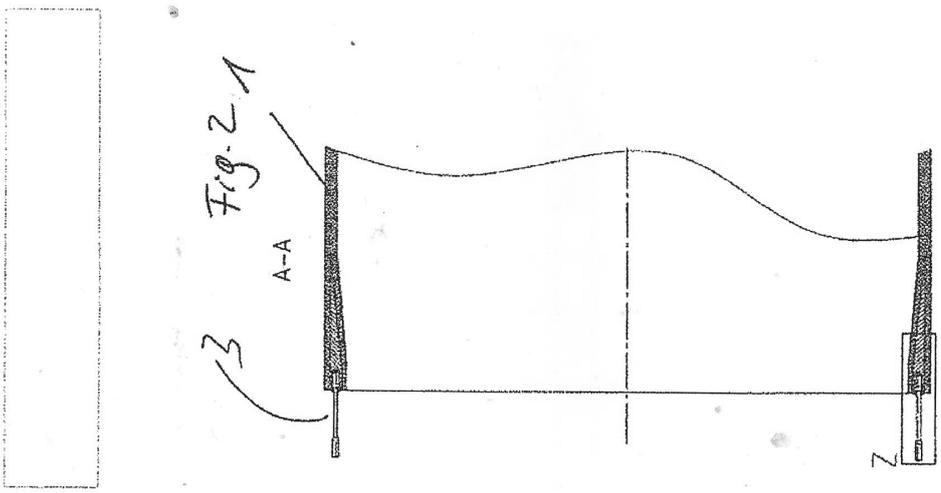
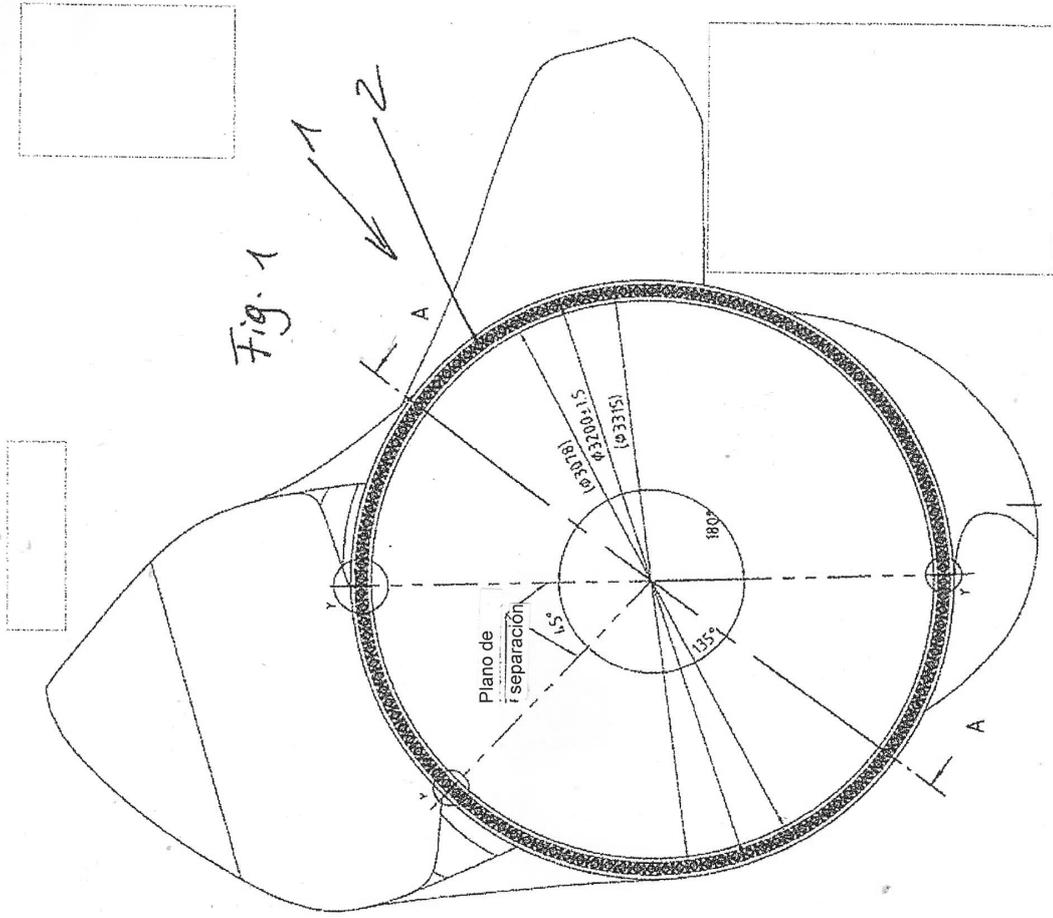
10 Sobre algunos o todos los bulones de dilatación 3 de la fijación atornillada de la pala del rotor 1 se puede disponer en cada caso un transmisor de ultrasonido como aparato de medición por ultrasonido. Se puede realizar una lectura de las señales de medición a intervalos de tiempo determinados por medio de un cableado de medición correspondiente o también por medio de transmisión remota de datos.

**Lista de signos de referencia**

- 1 Pala de rotor
- 2 Pestaña de fijación
- 15 3 Bulón de dilatación
- 4 Taladros roscados
- 5a, 5b Primera y segunda secciones roscadas
- 5c Sección de dilatación
- 6 Anillo de pestaña
- 20 7 Taladro
- 8 Tuerca

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Procedimiento para la supervisión o verificación de la tensión previa de bulones roscados en uniones atornilladas sometidas a sollicitaciones dinámicas en un cubo de rotor de un generador de fuerza eólica, en el que se registra la longitud de al menos un bulón roscado en la posición de montaje bajo tensión previa axial por medio de una medición por ultrasonido con la ayuda de un aparato de medición por ultrasonido y se compara con una longitud de referencia del bulón roscado, caracterizado por que el aparato de medición por ultrasonido es calibrado sobre una velocidad del sonido ajustable a una longitud de referencia, que corresponde a la longitud de referencia del bulón roscado en el estado pretensado.
- 10 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que se calcula la longitud de referencia a través de medición por ultrasonido de un bulón roscado de referencia o del bulón roscado a supervisar.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que éste comprende, además, las siguientes etapas del procedimiento:
- 15 a) medición de la longitud del bulón roscado de referencia o del bulón roscado respectivo por medio de un aparato de medición de referencia en el estado no pretensado,
- b) medición por ultrasonido de la longitud del bulón roscado de referencia o del bulón roscado respectivo en un estado no pretensado,
- 20 c) determinación de un primer factor de calibración a partir de las mediciones según las etapas a) y b) del procedimiento,
- d) medición por ultrasonido de la longitud del bulón roscado de referencia o del bulón roscado respectivo en un estado pretensado, y
- e) determinación de un segundo factor de calibración a partir de las mediciones de acuerdo con las etapas b) y c) del procedimiento teniendo en cuenta el primer factor de calibración.
- 25 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que el bulón roscado de referencia o el bulón roscado respectivo se pretensa después de la etapa c) del procedimiento y antes de la etapa d) del procedimiento.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que los bulones roscados son bulones de dilatación (3), que están previstos con preferencia como espárragos en una pala de rotor.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el aparato de medición por ultrasonido permanece en el bulón roscado a verificar o a supervisar y emite señales de medición a intervalos de tiempo predeterminados.
- 30 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que las señales de medición se transmiten por transmisión remota de datos a un dispositivo de evaluación y/o de representación dispuesto a distancia.



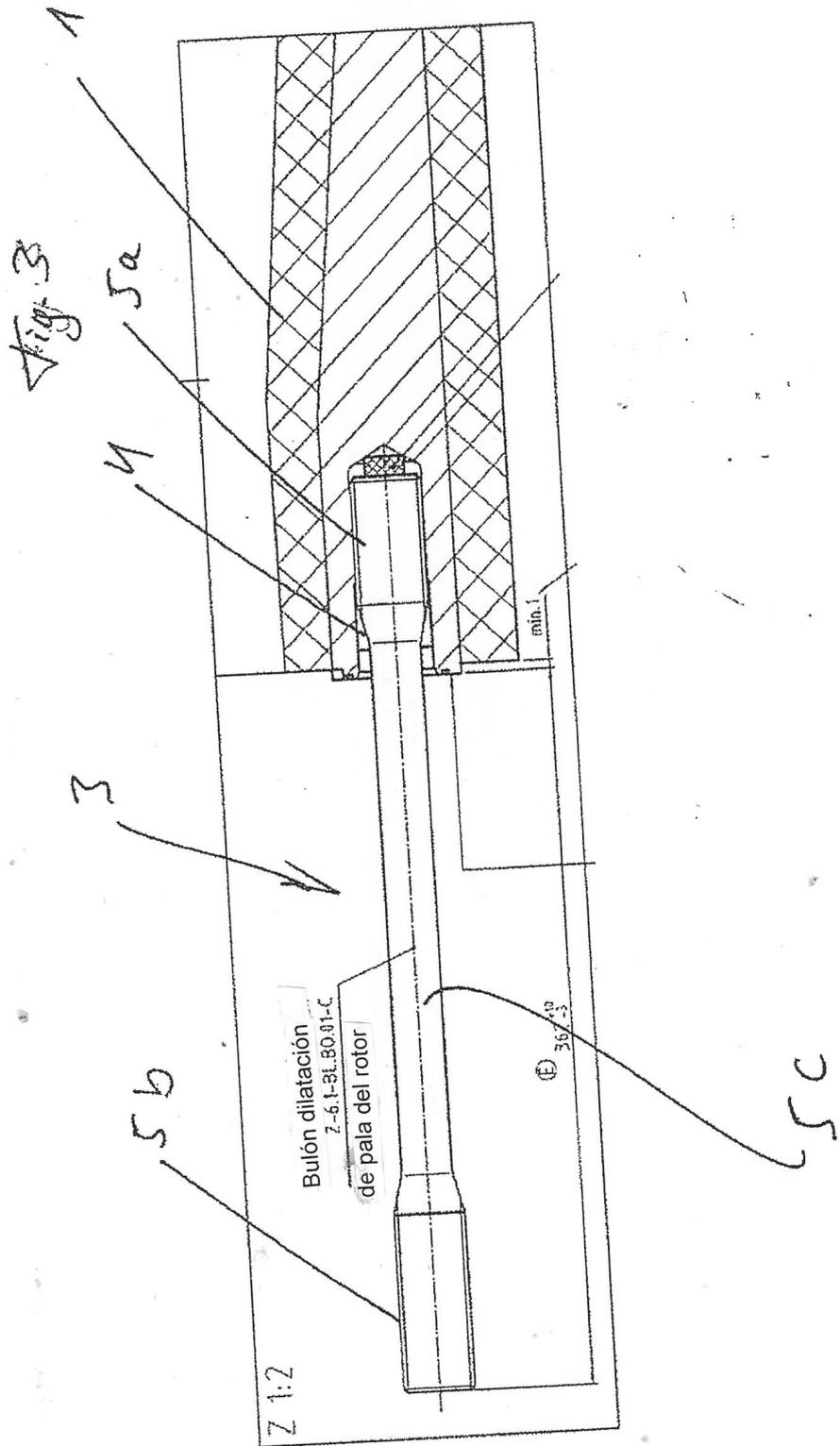


Fig. 4

