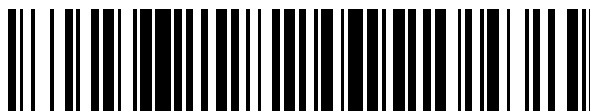


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 190**

51 Int. Cl.:

<b>E02F 3/96</b>	(2006.01)
<b>G07C 3/02</b>	(2006.01)
<b>B25D 9/00</b>	(2006.01)
<b>B25D 9/26</b>	(2006.01)
<b>E02F 9/22</b>	(2006.01)
<b>E02F 9/26</b>	(2006.01)
<b>G07C 5/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2010 PCT/FI2010/051061**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2011 WO11077001**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2010 E 10838750 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2516755**

54 Título: **Método para determinar la tasa de uso de un martillo rompedor, martillo rompedor y dispositivo de medición**

30 Prioridad:

**21.12.2009 FI 20096374**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.02.2020**

73 Titular/es:

**SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION OY  
(100.0%)  
Pihtisulunkatu 9  
33330 Tampere, FI**

72 Inventor/es:

**OKSMAN, MIKA y  
LEHMUSVIRTA, ILKKA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 744 190 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**

Método para determinar la tasa de uso de un martillo rompedor, martillo rompedor y dispositivo de medición

**Antecedentes de la invención**

5 La invención se refiere a un método para determinar la tasa de uso de un martillo rompedor. Un martillo rompedor comprende un dispositivo de percusión, como resultado del ciclo de trabajo del cual se generan pulsos de impacto que pueden transmitirse al material que se procesa por medio de una herramienta para romper el material. El funcionamiento del dispositivo de percusión provoca fenómenos físicos que se miden con un sensor. Al analizar los resultados de medición, es posible identificar el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión y, en base a ello, definir una cantidad que represente la tasa de uso del dispositivo de percusión. La tasa de uso determinada durante el funcionamiento del dispositivo de percusión se añade acumulativamente a un contador y puede expresarse al operador del martillo rompedor.

10 La invención se refiere además a un martillo rompedor, cuya tasa de uso se determina por medio de un dispositivo de medición. La invención también se refiere a un dispositivo de medición, con el que se puede determinar la tasa de uso del martillo rompedor. El campo de la invención se describe con más detalle en los preámbulos de las reivindicaciones independientes 1, 12 y 17. Tal método, un martillo rompedor y un dispositivo de medición ya se conocen a partir del documento US 6 510 902 B1.

15 Los martillos rompedores se utilizan para romper materiales duros, como rocas, hormigón y similares. Un martillo rompedor comprende un dispositivo de percusión para generar pulsos de impacto a una herramienta de ruptura que puede conectarse al martillo rompedor. El martillo rompedor generalmente está conectado como un dispositivo auxiliar a una máquina básica que puede ser una excavadora, por ejemplo. La máquina básica normalmente está equipada con un medidor de horas de funcionamiento para monitorear el vencimiento de los ciclos de servicio, entre otras cosas. Sin embargo, determinar la tasa de uso del martillo rompedor basándose en las horas de funcionamiento de la máquina básica es muy impreciso, porque el martillo rompedor se usa solo una parte del tiempo en comparación con las horas de funcionamiento de la máquina básica. Algunas de las horas de funcionamiento de la máquina básica se utilizan principalmente para trasladar la máquina básica y colocar el martillo rompedor por medio de una pluma. Además, la máquina básica, tal como una excavadora, se puede usar con otros dispositivos auxiliares, como un cucharón.

20 Por lo tanto, se han desarrollado dispositivos de medición para determinar la tasa de uso del martillo rompedor independiente de la máquina básica. Las publicaciones US 6 510 902 B1, US 6 737 981 B2 y US 6 170 317 B1 revelan disposiciones para identificar los impactos de un martillo rompedor por medio de diferentes sensores. En las publicaciones, la necesidad de servicio del martillo rompedor se determina basándose en el número de impactos. Sin embargo, se ha observado que, en la práctica, es difícil medir de manera fiable el número de todos los impactos individuales. Se ha observado que los resultados de medición obtenidos pueden ser bastante imprecisos. Como resultado, los servicios de martillos rompedores se realizan demasiado tarde o demasiado pronto. Además, la publicación GB 2 442 629 A describe la medición de la presión de la bomba que opera el martillo rompedor y la determinación del tiempo de funcionamiento, es decir, el tiempo de impacto, del dispositivo de percusión en función de la presión. La publicación US 2003/0 110 667 A1 describe el suministro del canal de presión del martillo rompedor con un presostato, con el que se determina el tiempo de funcionamiento del dispositivo de percusión. Sin embargo, pueden dirigirse cargas al martillo rompedor incluso cuando no está generando impactos. Estas cargas no se pueden tener en cuenta de ninguna manera en las soluciones de la técnica anterior. Por lo tanto, las disposiciones mencionadas anteriormente basadas en la medición de la tasa o el tiempo de impacto no proporcionan información suficientemente precisa sobre la carga dirigida al martillo rompedor con fines de mantenimiento proactivo, por ejemplo.

**Breve descripción de la invención**

25 Un objeto de esta invención es proporcionar un método y un dispositivo de medición novedosos y mejorados para determinar la tasa de uso de un martillo rompedor, y además un martillo rompedor novedoso y mejorado equipado con este tipo de dispositivo de medición.

30 El método de la invención se define en la reivindicación independiente 1 y se caracteriza por identificar pausas de impacto entre ciclos de impacto y monitorear su duración; identificar las pausas de impacto cuya duración es menor que un límite de tiempo predefinido; sumar las duraciones de las pausas de impacto que tienen una duración menor que el límite de tiempo predefinido para definir el tiempo de pausa total; y tener en cuenta el tiempo de pausa total como parte de la tasa de uso.

35 El martillo rompedor de la invención se define en la reivindicación independiente 12 y se caracteriza por que el dispositivo de medición está sujeto al martillo rompedor, por lo que es un dispositivo separado independiente de la máquina básica; que el dispositivo de medición también está dispuesto para identificar pausas de impacto entre ciclos de impacto y para monitorear su duración; y que el dispositivo de medición está dispuesto para identificar las pausas de impacto cuya duración es menor que un límite de tiempo predefinido; para sumar las duraciones de las pausas de impacto (IP) que tienen una duración menor que el límite de tiempo predefinido para definir el tiempo de pausa total y para tener en cuenta el tiempo de pausa total como parte de la tasa de uso.

5 El dispositivo de medición de la invención se define en la reivindicación independiente 17 y se caracteriza por que está también dispuesta una unidad de control para identificar pausas de impacto entre ciclos de impacto y para monitorear su duración; y que la unidad de control está dispuesta para identificar las pausas de impacto cuya duración es menor que un límite de tiempo predefinido; para sumar las duraciones de las pausas de impacto que tienen una duración menor que el límite de tiempo predefinido para definir el tiempo de pausa total y para tener en cuenta el tiempo de pausa total como parte de la tasa de uso.

10 La idea de la invención es que se miden uno o más fenómenos físicos causados por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión y se determinan el inicio y el final de los ciclos de impacto del dispositivo de percusión basándose en los resultados de medición. Además, la duración de cada ciclo de impacto se determina basándose en los tiempos de inicio y finalización del ciclo de impacto. Las duraciones de los ciclos de impacto se acumulan en un contador de tiempo. Se identifica no solo el tiempo de impacto total sino también las pausas de impacto entre ciclos de impacto consecutivos y se monitorea su duración. Se define de antemano un límite de tiempo en un sistema de control, y se identifican pausas de impacto más cortas que el límite de tiempo y se tienen en cuenta como parte de la tasa de uso.

15 Una ventaja de la invención es que, además del tiempo de impacto, también se tienen en cuenta las pausas cortas de impacto características del trabajo de martillo para determinar la tasa de uso. Normalmente, entre ciclos de impacto, es decir, durante las pausas de impacto, el martillo rompedor se usa, entre otras cosas, para mover cantos rodados rotos con la herramienta, lo que causa cargas elevadas al martillo rompedor. La disposición de la invención tiene en cuenta estas pausas de impacto relativamente cortas, por lo que las cargas del dispositivo de ruptura se revelan con más detalle. Por lo tanto, los servicios del martillo rompedor pueden planificarse por adelantado y con más detalle. Además, la vida útil del martillo rompedor se conoce mejor, al igual que el tiempo de reemplazo futuro de los componentes.

20 La idea de una realización es que las duraciones de las pausas de impacto dentro de un límite de tiempo predefinido o establecido se determinan y se suman acumulativamente para obtener un tiempo de pausa total. El tiempo de pausa total puede tenerse en cuenta cuando se examinan las cargas dirigidas al martillo rompedor y la necesidad de servicio. Cuando el tiempo de pausa total es largo, generalmente significa que se ha movido una gran cantidad de cantos rodados con el martillo rompedor, por lo que una gran cantidad de carga que difiere de la operación normal de percusión se ha dirigido al martillo rompedor.

25 La idea de una realización es que el tiempo de funcionamiento del martillo rompedor se determina durante un ciclo de monitoreo deseado de modo que se suman el tiempo total de impacto y el tiempo total de pausa. El tiempo de funcionamiento total del martillo rompedor proporciona una idea ilustrativa de la condición y las necesidades de mantenimiento del martillo rompedor.

30 La idea de una realización es que los ciclos de reloj se cuentan cuando el valor del resultado de medición excede un nivel de activación predefinido, y el recuento de ciclos de reloj se interrumpe después de que un tiempo predefinido,  $t_{stop1}$ , ha transcurrido desde que se excedió el nivel de activación sin una nueva superación del nivel de activación. El tiempo  $t_{stop1}$  es claramente mayor que el tiempo del ciclo de trabajo del martillo, pero claramente menor que un tiempo de pausa típico en trabajo con martillo. Además, se determina la última superación del nivel de activación y el ciclo de reloj que le sigue se define como el tiempo final del ciclo de impacto. Finalmente, los ciclos de reloj entre los tiempos de inicio y finalización del ciclo de impacto se añaden al contador de tiempo. El tiempo de pausa también se determina basándose en los ciclos de reloj. Cuando un tiempo predefinido,  $t_{stop1}$  ha transcurrido desde que se excedió el nivel de activación sin una nueva superación del nivel de activación, el tiempo de paso se interpreta como una pausa de impacto, que a su vez puede clasificarse como un ciclo de pausa más corto o un ciclo de parada más largo dependiendo de su duración.

35 La idea de una realización es que un tiempo,  $t_{stop2}$ , que es mayor que un tiempo de pausa típico entre ciclos de impacto en trabajo con martillo, se establece como el límite de tiempo para las pausas de impacto.

40 La idea de una realización es que el límite de tiempo  $t_{stop2}$  de pausas de impacto es un parámetro ajustable. El límite de tiempo puede programarse en una unidad de control, por ejemplo, o ajustarse de alguna otra manera.

La idea de una realización es que los resultados de medición se examinan en relación con los ciclos de reloj de un dispositivo de temporización en la unidad de control.

45 La idea de una realización es que las excitaciones de aceleración, tales como las vibraciones, causadas por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión se miden con uno o más sensores. El sensor puede ser un sensor piezoeléctrico, por ejemplo, y puede estar sujeto al cuerpo del dispositivo de percusión o a una carcasa que protege el dispositivo de percusión.

50 La idea de una realización es que el martillo rompedor es hidráulico. El funcionamiento del dispositivo de percusión causa pulsación de presión en su sistema de presión, y monitoreando esto, es posible averiguar los tiempos de inicio y finalización de los ciclos de impacto, y basándose en estos, es posible determinar el tiempo de impacto de cada ciclo de impacto. Además, es posible determinar una pausa de impacto y su duración basándose en los tiempos de inicio y finalización de la pulsación de presión. Además, se dispone un sensor de presión en el martillo rompedor.

5 La idea de una realización es que el dispositivo de medición es un dispositivo que trabaja de manera independiente. El dispositivo de medición comprende todos los dispositivos requeridos para la medición, el procesamiento de resultados y la visualización de resultados. Además, el dispositivo de medición comprende su propio cuerpo o cubierta protectora y medios de sujeción para sujetarlo al martillo rompedor. Aún más, el dispositivo de medición comprende un almacenamiento para la potencia de funcionamiento necesaria, siendo el almacenamiento un acumulador, batería o similar. Este tipo de dispositivo de medición es un dispositivo separado completamente independiente de la máquina básica.

La idea de una realización es que el dispositivo de medición independiente se puede disponer fácilmente en cualquier martillo rompedor, y se puede desmontar y volver a sujetar fácilmente.

10 La idea de una realización es que el dispositivo de medición independiente está sujeto permanentemente al martillo rompedor, por lo que es un dispositivo específico de martillo rompedor que siempre está con un mismo martillo rompedor.

15 La idea de una realización es que el dispositivo de medición compara el tiempo acumulado en el contador de tiempo con al menos un valor límite predefinido e indica cuándo se excede el valor límite. El dispositivo de medición puede comparar el tiempo de pausa, el tiempo de impacto o el tiempo de uso total acumulado con el valor límite establecido para cada uno de estos.

20 La idea de una realización es que el dispositivo de medición comprende al menos un indicador para indicar el tiempo de uso al operador. El indicador puede indicar al usuario visualmente o con un sonido el tiempo de uso o el hecho de que se ha excedido un límite de alarma preestablecido. El dispositivo de medición puede tener uno o más LED para mostrar el tiempo de uso, o el LED puede estar dispuesto para indicar el tamaño del tiempo de uso parpadeando.

25 La idea de una realización es que el dispositivo de medición comprende una o más unidades de comunicación de datos, con las que se puede establecer una conexión de transferencia de datos entre el dispositivo de medición y una unidad de control o dispositivo de lectura externos. En su forma más simple, la unidad de comunicaciones de datos puede comprender medios de conexión, a los que se puede conectar un cable de transferencia de datos para la transferencia de datos por cable. Alternativamente, la unidad de comunicaciones de datos puede comprender medios para la transferencia inalámbrica de datos, en cuyo caso los medios pueden incluir un transmisor y posiblemente también un receptor. El dispositivo de medición puede estar dispuesto para transferir datos sobre el tiempo de uso o bien de manera continua o bien después de que se haya transmitido una solicitud a la unidad de control para suministrar los datos.

30 La idea de una realización es que uno o más sensores miden el movimiento del elemento de percusión del dispositivo de percusión o la válvula que lo controla.

La idea de una realización es que uno o más sensores miden el sonido causado por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión.

35 La idea de una realización es que uno o más sensores miden el esfuerzo causado por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión en la estructura del martillo rompedor.

40 La idea de una realización es que el funcionamiento del martillo rompedor se monitorea durante un tiempo de monitoreo predefinido y se identifican varios ciclos de impacto durante el mismo. Al monitorear las duraciones de los ciclos de impacto, se obtiene información adicional sobre el uso del martillo rompedor y su idoneidad para dicho uso y lugar de trabajo. Las duraciones de los ciclos de impacto también pueden usarse para determinar la necesidad de mantenimiento.

### Breve descripción de las figuras

Algunas realizaciones de la invención se describirán con más detalle en los dibujos adjuntos, en los que

la figura 1 es una vista esquemática de un martillo rompedor dispuesto como dispositivo auxiliar para una excavadora,

45 la figura 2 es una vista esquemática de algunos resultados de medición recibidos de un dispositivo de medición en el martillo rompedor y relacionados con la tasa de uso del martillo durante un período de monitoreo,

las figuras 3 y 4 son representaciones esquemáticas y gráficas del principio de calcular el tiempo de uso cuando el ciclo de impacto se identifica mediante un sensor de aceleración,

la figura 5 es una representación esquemática y gráfica de la detención del recuento del tiempo de impacto y la identificación de los ciclos de pausa y parada,

50 la figura 6 es una representación esquemática y gráfica de los conceptos utilizados en las figuras 3 a 5,

la figura 7 es una vista esquemática de un circuito hidráulico para accionar el dispositivo de percusión y algunas formas de identificar el ciclo de trabajo, los ciclos de impacto y las pausas de impacto del dispositivo de percusión,

la figura 8 es una representación esquemática de un martillo rompedor y un dispositivo de medición conectado al mismo para determinar los tiempos relacionados con el uso,

la figura 9 es una vista esquemática de un dispositivo de medición de la invención, y

la figura 10 es un histograma esquemático, donde los ciclos de impacto identificados se agrupan según su duración.

- 5 En las figuras, algunas realizaciones de la invención se muestran simplificadas en aras de la claridad. Partes similares están marcadas con los mismos números de referencia en las figuras.

**Descripción detallada de algunas realizaciones de la invención**

La figura 1 muestra un martillo rompedor 1 dispuesto en el extremo libre de una pluma 3 en una máquina de trabajo 2, tal como una excavadora. Alternativamente, la pluma 3 puede estar dispuesta en cualquier carro móvil o en una plataforma fija de un aparato de trituración. El martillo rompedor 1 comprende un dispositivo de percusión 4 para generar pulsos de impacto. El martillo rompedor 1 puede presionarse por medio de la pluma 3 contra el material 5 que va a romperse y pueden generarse simultáneamente impactos con el dispositivo de percusión 4 a una herramienta 6 conectada al martillo rompedor 1, que transmite los pulsos de impacto al material 5 que va a romperse. El dispositivo de percusión 4 puede ser hidráulico, por lo que puede conectarse al sistema hidráulico de la máquina de trabajo 2 a través de al menos un canal de suministro 7 y al menos un canal de descarga 8. Los pulsos de impacto pueden generarse en el dispositivo de percusión 4 por medio de un elemento de percusión que puede moverse hacia adelante y hacia atrás en la dirección del impacto y la dirección de retorno bajo la influencia de fluido hidráulico. Además, el martillo rompedor 1 puede comprender una carcasa protectora 9, dentro de la cual puede estar dispuesto el dispositivo de percusión 4. El martillo rompedor 1 se usa normalmente no solo para romper rocas verdaderas, sino también para mover cantos rodados 5a y similares para romperse y los ya rotos en el sitio de trabajo. Luego, el operador coloca la herramienta 6 o la carcasa 9 contra el canto rodado y al mover la pluma 3 se mueve el canto rodado. Entonces se dirigen altas cargas transversales a la herramienta 6 y la estructura del martillo rompedor y tensan los cojinetes y la carcasa protectora del martillo, por ejemplo. Además, se dirigen más cargas de las habituales al martillo rompedor, si hay muchos ciclos de impacto especialmente cortos. Se ha encontrado que se producen muchos ciclos de impacto cortos, cuando el martillo rompedor 1 usado es demasiado potente para el trabajo. El pulso de impacto proporcionado por el martillo rompedor 1 entonces rompe la roca tan rápido que el ciclo de impacto permanece muy corto y la roca se rompe bajo la herramienta 6 tan rápido que el operador no puede prepararse para ello. En tales casos, la parte inferior de la carcasa protectora 9 del martillo rompedor a menudo golpea el objeto 5 que se está rompiendo. El uso repetido de este tipo puede provocar que el martillo rompedor se desgaste y falle prematuramente. Además, los ciclos de impacto cortos pueden contener muchos impactos "vacíos", cuando el material que se está rompiendo se rompe repentinamente y la fuerza de resistencia frente a la herramienta desaparece. La estructura del dispositivo de percusión debe recibir entonces las fuerzas de percusión a través del mecanismo de retención de la herramienta. Estos impactos vacíos tensan el dispositivo de percusión considerablemente más que la operación normal de percusión.

El martillo rompedor 1 está equipado con uno o más dispositivos de medición 10 que comprenden uno o más sensores para medir fenómenos físicos causados por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión 4, tales como aceleraciones, cambios de presión, sonido, esfuerzos o similares. Al cuerpo del dispositivo de percusión 4, puede estar sujeto un sensor de aceleración 11, tal como un sensor piezoeléctrico, para medir las aceleraciones y vibración causadas por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión 4. Alternativamente, el sensor de aceleración 11 puede estar sujeto a la carcasa protectora 9. Además, puede haber un primer sensor de presión 12 en el canal de suministro 7 y un segundo sensor de presión 13 en el canal de descarga 8 para medir la pulsación de presión causada por el funcionamiento del dispositivo de percusión 4 en el circuito hidráulico del dispositivo de percusión. Los sensores de presión 12, 13 siempre se colocan en el martillo rompedor 1 y no en conexión con bombas ni en ninguna otra parte de la máquina de trabajo 2. Los resultados de medición recibidos de los sensores 11, 12, 13 se transmiten a la unidad de control del dispositivo de medición 10, que identifica el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión 4 y la duración del ciclo de impacto basándose en los resultados de medición. El dispositivo de medición 10 puede estar dispuesto en el martillo rompedor 1 de tal manera que sea visible para el operador de modo que el tiempo de uso se pueda indicar visualmente al operador. Alternativamente, puede transmitirse información desde el dispositivo de medición 10 a la unidad de control 14 de la máquina de trabajo 2 o a alguna otra unidad de control o dispositivo de lectura 15 externos al martillo rompedor 1.

La figura 2 muestra los resultados de medición obtenidos monitoreando el uso del martillo rompedor 1 durante un período de monitoreo de duración seleccionada. Por medio del dispositivo de medición 10 montado en el martillo rompedor 1, es posible identificar el inicio y el final del funcionamiento del dispositivo de percusión, mediante el cual se obtienen ciclos de impacto, es decir, el tiempo que el dispositivo de percusión está funcionando. Además, monitoreando el funcionamiento del dispositivo de percusión, es posible detectar los momentos entre ciclos de impacto consecutivos cuando el dispositivo de percusión no está en funcionamiento. Aunque el dispositivo de percusión se detenga durante el tiempo entre ciclos de impacto, todavía se puede usar en tareas donde las cargas se dirigen a él. Estas cargas dirigidas al martillo rompedor entre ciclos de impacto ahora se pueden tener en cuenta. Los tiempos en los que el martillo rompedor se detiene por completo debido al tiempo de transferencia de la máquina de trabajo, el descanso del operador, el mantenimiento u otros motivos, no son relevantes para la tasa de uso del martillo rompedor.

Entonces no se dirigen cargas al martillo rompedor, lo que debe observarse al evaluar la necesidad de mantenimiento, la vida útil o el uso del martillo rompedor. Es posible establecer en el dispositivo de medición 10 un tiempo  $t_{stop2}$ , con el que separar las pausas de impacto, que son de interés para la tasa de uso, a partir del tiempo de parada del martillo rompedor. Cuando el funcionamiento del dispositivo de percusión se detiene por más tiempo que  $t_{stop2}$ , generalmente  
5 significa que se realiza una ejecución de transferencia u otra interrupción en la operación de interrupción.

La figura 2 muestra el tiempo de impacto total que se obtiene sumando las duraciones de los ciclos de impacto preformados durante un período de monitoreo. El tiempo de pausa total se obtiene sumando las interrupciones en el funcionamiento del martillo rompedor entre ciclos de impacto, cuyas duraciones son más cortas que el tiempo establecido  $t_{stop2}$ . El tiempo de uso total del martillo rompedor se obtiene sumando el tiempo de impacto total y el  
10 tiempo de pausa total. El período de monitoreo también ha tenido un ciclo de parada más largo, cuya duración puede ignorarse en el cálculo del tiempo de uso. La unidad de control del dispositivo de medición puede calcular no solo los parámetros mencionados anteriormente, sino también otros parámetros interesantes para el uso del martillo rompedor. Por ejemplo, es posible definir la relación entre el tiempo de impacto total y el tiempo de uso total, o en consecuencia la relación entre el tiempo de pausa total y el tiempo de uso total. Es posible establecer o programar en la unidad de  
15 control del dispositivo de medición diversas estrategias, con las cuales la unidad de medición monitorea el funcionamiento del dispositivo de ruptura, analiza los resultados y las observaciones de medición, y alerta o informa al operador.

En las figuras 3 a 6, el eje horizontal presenta el tiempo [s], el eje vertical izquierdo presenta el valor del sensor piezoeléctrico [volt] y el eje vertical derecho presenta la presión [bar]. Además, en la figura 3, la marca H se refiere al tiempo pasado y F al tiempo futuro. En la figura 5, el descriptor se corta en el borde derecho para que se puedan  
20 mostrar fenómenos de diferentes duraciones en el mismo descriptor.

La figura 3 ilustra la medición del tiempo de impacto basándose en la medición de las aceleraciones causadas por el funcionamiento del dispositivo de percusión. La figura 3 muestra en la misma figura tanto una curva de pulsación de presión 25 como una curva de aceleración 26 obtenidas a partir del sensor de aceleración. La unidad de control del dispositivo de medición contiene además un dispositivo de temporización, cuyo funcionamiento se muestra como una  
25 cadena de pulso 27 en la figura 3. La unidad de control puede ser un procesador con un reloj del sistema que se ejecuta en un ciclo de reloj  $t_{tick}$  de 1 a 10 milisegundos que se ilustra mediante la distancia 71 entre los bordes ascendentes de los pulsos rectangulares 70 en la figura 6. El ciclo de reloj  $t_{tick}$  del reloj del sistema puede definirse por medio de un cristal u oscilador. La figura 3 muestra, basándose en la curva de pulsación de presión 25 y la curva de aceleración 26, que el dispositivo de percusión está funcionando y generando un ciclo de impactos. El ciclo de trabajo del dispositivo de percusión también se ve claramente a partir de las curvas 25 y 26. Se puede establecer de antemano un valor límite de aceleración, es decir, un nivel de activación 28, en la unidad de control del dispositivo de medición, y las aceleraciones que exceden este valor activan la identificación de un ciclo de impacto. Cuando la unidad de control  
30 identifica una aceleración que excede el nivel de activación 28, interpreta que el dispositivo de percusión está funcionando y comienza el recuento de ciclos de reloj para determinar el tiempo de impacto del ciclo de impacto. Los ciclos de reloj se cuentan hasta que se identifica la parada del dispositivo de percusión.

El final del funcionamiento del dispositivo de percusión se detecta por el hecho de que ya no se detecta una aceleración que excede el nivel de activación 28. Para mejorar la precisión de medición, se necesita definir con precisión el tiempo final de un ciclo de impacto. Por lo tanto, puede definirse en la unidad de control un tiempo de parada  $t_{stop1}$ , cuya  
40 duración siempre es mayor que la duración del ciclo de trabajo del dispositivo de percusión. Normalmente, la duración del ciclo de trabajo del dispositivo de percusión es de entre 20 y 200 ms, siendo entonces la frecuencia de impacto de 5 a 50 Hz. Dependiendo del dispositivo de percusión, la frecuencia de impacto también puede ser naturalmente mayor. Cuando la unidad de control identifica vibraciones que exceden el nivel de activación 28, comienza a contar el tiempo de parada  $t_{stop1}$  desde el tiempo inicial de la activación. Si se identifica una nueva vibración que excede el nivel de activación 28 antes de que haya transcurrido el tiempo de parada  $t_{stop1}$ , se continúa el recuento del tiempo de impacto sin interrupciones y se vuelve a iniciar el recuento del tiempo de parada  $t_{stop1}$  desde tiempo inicial de la nueva activación. La transferencia del tiempo de parada  $t_{stop1}$  al tiempo inicial de la siguiente activación se ilustra en la figura  
45 3 mediante flechas 31.

La figura 4 muestra examinando la curva de presión 25 y la curva de aceleración 26, los tres últimos ciclos de trabajo de un ciclo de impacto, después de lo cual el dispositivo de percusión se ha parado. El recuento del tiempo de parada  $t_{stop1}$  comenzó en el instante en el tiempo 32, cuando se identificó la última aceleración que excedía el nivel de activación 28. Cuando no se identifica una nueva aceleración que excede el nivel de activación 28 durante el tiempo de parada  $t_{stop1}$ , la unidad de control interpreta el ciclo de impacto como finalizado. Después de esto, la unidad de control define el ciclo de reloj 33 tras el último tiempo de activación 32 y añade los ciclos de reloj 35 acumulados hasta  
55 entonces en el contador de tiempo 34. Gracias a esta disposición, puede definirse el tiempo final del ciclo de impacto con una precisión de un ciclo de reloj del dispositivo de temporización. A partir del final del ciclo de impacto, comienza una pausa de impacto que, según su duración, se determina como o bien un ciclo de pausa o bien un ciclo de parada.

Cuando se examina el uso de un martillo rompedor, un objeto especial de interés es el denominado tiempo de trabajo de martillo que consiste en las duraciones de ciclos de impacto y ciclos de pausa dentro del período de examen. El  
60 resto del tiempo consiste en ciclos de parada y es, por lo tanto, tiempo de parada.

La figura 5 ilustra la identificación del final del ciclo de impacto IC y el inicio de la pausa de impacto IP examinando la curva de presión 25 y la curva de aceleración 26. La figura 5 también ilustra la división de la pausa de impacto IP en un ciclo de pausa PC de menor duración y ciclo de parada SC de mayor duración. Cuando no se detecta un nuevo impacto durante el primer tiempo de parada  $t_{stop1}$ , se considera que el ciclo de impacto IC ha finalizado en el ciclo de reloj tras el último impacto. La pausa de impacto IP comienza desde el mismo instante en el tiempo. Cuando se detecta la siguiente aceleración que excede el nivel de activación 28, comienza un nuevo ciclo de impacto IC. Además, la figura muestra el segundo tiempo de parada  $t_{stop2}$ , cuyo recuento comienza al mismo tiempo que el recuento del primer tiempo de parada  $t_{stop1}$ . Si no se detecta un nuevo impacto durante el segundo tiempo de parada  $t_{stop2}$ , la pausa de impacto se interpreta como un ciclo de parada SC. Si se detecta un impacto antes de que haya transcurrido el segundo tiempo de parada preestablecido  $t_{stop2}$ , la IP de pausa de impacto se interpreta como un ciclo de pausa PC. Cabe señalar que los tiempos de parada pueden contarse en un mismo contador de tiempo o, alternativamente, pueden usarse dos o más contadores de tiempo.

La figura 5 muestra el nivel de activación de vibración 28 y el nivel de activación de señal de presión 70. La identificación de ciclos de impacto IC y pausas de impacto IP puede llevarse a cabo monitoreando o bien vibración o bien presión o ambas.

La figura 6 presenta, en aras de la claridad, algunos conceptos que se muestran en las figuras 3 a 5.

La figura 7 muestra un sistema hidráulico para accionar el dispositivo de percusión 4 del martillo rompedor. La presión hidráulica, que se conduce a través de tubos o canales correspondientes al martillo rompedor 1 colocado en la pluma, se genera con una bomba 50 ubicada en la máquina de trabajo 2. El martillo rompedor 1 tiene un canal de suministro 7 que dirige el fluido hidráulico hacia un primer espacio de presión de trabajo 51a y segundo espacio de presión de trabajo 51b del dispositivo de percusión 4. Por medio de una válvula 52, es posible actuar sobre la presión en el segundo espacio de presión de trabajo 51b para proporcionar el movimiento de un elemento de percusión 53 en la dirección de percusión B. En la situación de la figura, la válvula 52 guía el medio de presión desde el segundo espacio de presión de trabajo 51b hasta una línea de descarga 8 y sobre un tanque 54. La presión que actúa en el primer espacio de presión de trabajo 51a mueve entonces el elemento de percusión 53 en la dirección de retorno A. El movimiento de la válvula 52 está controlado por las presiones que actúan sobre los canales de presión de control 55. La válvula 52 y el elemento de percusión 53 continúan su movimiento alternativo siempre que se suministre medio de presión al canal de suministro 7. Se puede disponer un sensor de aceleración 11 o un sensor de medición de esfuerzo directamente en el cuerpo 56 del dispositivo de percusión 4 o en la carcasa protectora (no mostrada) dispuesta a su alrededor. Alternativamente, la presión en el canal de suministro 7 puede medirse por medio de un sensor de presión 12 dispuesto en el martillo rompedor 1. Los resultados de medición obtenidos a partir de los sensores 11 y 12 pueden aplicarse de las formas mencionadas anteriormente para activar el inicio o el final de la medición de ciclo de impacto y ciclo de pausa. También es posible medir el movimiento del elemento de percusión 53 por medio de un primer sensor de movimiento 57 y el movimiento de la válvula 52 por medio de un segundo sensor de movimiento 58. Basándose en los datos de medición recibidos de los sensores de movimiento 57 y 58, puede identificarse el dispositivo de percusión 4 como que funciona. Entonces también es posible identificar el tiempo de inicio del ciclo de impacto con el fin de calcular el tiempo de impacto. Además, si no se reciben datos de identificación de los sensores 57 y 58, se puede interpretar que el ciclo de impacto ha finalizado. Entonces es posible aplicar a la interrupción del recuento del ciclo de impacto y al recuento del ciclo de pausa una disposición correspondiente tal como se describe en relación con las figuras 3, 4, 5 y 6.

La figura 8 muestra de manera muy simplificada el martillo rompedor 1 y el dispositivo de medición 10 conectado al mismo. El dispositivo de medición 10 puede ser un dispositivo independiente sujeto a la carcasa protectora 9 o la pieza de sujeción 59 del martillo rompedor. El dispositivo de medición independiente 10 no depende en modo alguno de la máquina de trabajo. El sensor 11 del dispositivo de medición 10 puede estar sujeto al cuerpo 56 del dispositivo de percusión 4, y los resultados de medición pueden transmitirse desde el sensor 11 a una unidad de control 60 por cable o de forma inalámbrica.

La figura 9 muestra un dispositivo de medición 10, en el que el sensor 11 está integrado como parte de la unidad de control 60. La unidad de control 60 también tiene un dispositivo de temporización 61 y un contador de tiempo 62. Además, la unidad de control 60 puede tener una unidad de detección 63 que comprende uno o más LED 64 para indicar la tasa de uso. La unidad de control 60 también puede comprender una unidad de comunicaciones de datos 65, por medio de la cual la unidad de control 60 puede intercambiar información con una unidad externa 15 por cable o de forma inalámbrica.

La figura 10 ilustra el procesamiento de los ciclos de impacto basándose en duraciones. La medición de duraciones de ciclo de impacto y los resultados de medición obtenidos también pueden utilizarse concretamente de otras maneras distintas a las presentadas anteriormente. El funcionamiento del dispositivo de percusión puede monitorearse a lo largo de un tiempo de monitoreo predefinido, durante el cual se identifican varios ciclos de impacto y se obtiene la duración de cada ciclo de impacto individual. Los ciclos de impacto también se pueden dividir basándose en sus duraciones. Los motivos para la división pueden ser los siguientes, por ejemplo: duración de menos de  $t_1$  segundos; duración de al menos  $t_1$  segundos, pero menos de  $t_2$  segundos; duración de al menos  $t_2$  segundos, pero menos de  $t_3$  segundos; y duración de al menos  $t_3$  segundos. Con esta agrupación, se obtiene información adicional valiosa sobre el uso del martillo rompedor, por ejemplo. Al analizar esta información, es posible seleccionar un dispositivo de ruptura

adecuado para cada tarea, y detectar una técnica de trabajo incorrecta del operador. Además, es posible definir la necesidad de mantenimiento basándose en la información analizada. Si el período de monitoreo del dispositivo contuviera varios ciclos de impacto muy cortos o muy largos, el dispositivo podría someterse a mantenimiento de manera prematura, incluso si aún no se hubieran cumplido otros criterios de mantenimiento.

- 5 Debe mencionarse que es posible usar como dispositivo de temporización cualquier dispositivo de temporización eléctrico que sea adecuado para el fin, se ejecute en un ciclo de reloj definido y cuyos ciclos de reloj se puedan añadir a un contador de tiempo eléctrico. El dispositivo de temporización puede ser un cristal u oscilador en conexión con un procesador. Además, el dispositivo de temporización puede ser un circuito electrónico integrado o implementado por programa o de alguna otra manera. Se puede disponer un dispositivo de temporización para contar tanto el tiempo de impacto como el tiempo de pausa o, alternativamente, puede haber varios dispositivos de temporización. De manera similar, puede haber uno o más contadores de tiempo.

- 10 Los procedimientos de medición y los análisis de resultados de medición descritos en esta solicitud de patente pueden proporcionarse ejecutando un producto de software en la unidad de control del dispositivo de medición, la unidad de control del dispositivo de ruptura de rocas o en alguna otra unidad de control. El producto de software puede almacenarse en un medio de memoria, como una tarjeta de memoria, disco de memoria, servidor, o similar.

- 15 Los dibujos y la descripción relacionada solo pretenden ilustrar la idea de la invención. La invención puede variar en sus detalles dentro del alcance de las reivindicaciones.



**REIVINDICACIONES**

1. Un método para determinar la tasa de uso de un martillo rompedor, comprendiendo el martillo rompedor (1) un dispositivo de percusión (4) para generar pulsos de impacto, comprendiendo el método:
  - 5 medir por medio de al menos un sensor (11) al menos un fenómeno físico causado por el funcionamiento del dispositivo de percusión (4);
  - transmitir los resultados de medición obtenidos del sensor (11) a al menos una unidad de control (60) que comprende al menos un dispositivo de temporización (61);
  - 10 identificar en la unidad de control (60) basándose en los resultados de medición el ciclo de trabajo y los ciclos de impacto (IC) del dispositivo de percusión (4), y definiendo por medio del dispositivo de temporización (61) las duraciones de los ciclos de impacto (IC); y
  - sumar acumulativamente en el contador de la unidad de control (60) las duraciones de los ciclos de impacto (IC) para obtener el tiempo de impacto total;
  - caracterizado por
  - identificar pausas de impacto (IP) entre los ciclos de impacto (IC) y monitorear su duración;
  - 15 identificar las pausas de impacto (IP) con una duración menor que un límite de tiempo predefinido ( $t_{stop2}$ );
  - sumar las duraciones de las pausas de impacto (IP) que tienen una duración menor que el límite de tiempo predefinido ( $t_{stop2}$ ) para definir el tiempo de pausa total; y
  - tener en cuenta el tiempo de pausa total como parte de la tasa de uso.
2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por definir el tiempo de uso total del martillo rompedor sumando el tiempo de impacto total y el tiempo de pausa total.
3. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por
  - identificar los tiempos de inicio y finalización del ciclo de impacto (IC) basándose en los resultados de medición;
  - iniciar el recuento de la duración de la pausa de impacto (IP) a partir del tiempo final detectado del ciclo de impacto (IC);
  - 25 finalizar el recuento de la duración de la pausa de impacto (IP), cuando se identifica el tiempo de inicio de un nuevo ciclo de impacto (IC); y
  - contar la duración de la pausa de impacto (IP) como máximo hasta el límite de tiempo definido ( $t_{stop2}$ ).
4. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por
  - 30 interpretar las pausas de impacto (IP) con una duración que excede el límite de tiempo predefinido ( $t_{stop2}$ ) como ciclos de parada (SC) en el uso del martillo rompedor, cuando sustancialmente no se dirigen cargas al martillo rompedor; e
  - ignorar estos ciclos de parada (SC) completamente al determinar la tasa de uso del martillo rompedor.
5. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por
  - examinar el funcionamiento del dispositivo de percusión en relación con los ciclos de reloj ( $t_{tick}$ ) de la ejecución del dispositivo de temporización (61) en la unidad de control (60);
  - 35 añadir los ciclos de tiempo ( $t_{tick}$ ) acumulativamente en el contador de tiempo (62) después de que se cumpla un al menos primer criterio preestablecido para los resultados de medición;
  - interrumpir la adición de ciclos de reloj ( $t_{tick}$ ) en el contador de tiempo (62), cuando se cumple un segundo criterio preestablecido; y
  - 40 continuar la adición de ciclos de reloj ( $t_{tick}$ ) en el contador de tiempo (62), cuando se cumple nuevamente el primer criterio preestablecido.
6. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por
  - medir con el sensor de aceleración (11) vibraciones causadas por el funcionamiento del dispositivo de percusión (4);
  - examinar los resultados de medición en relación con los ciclos de reloj ( $t_{tick}$ ) de la ejecución del dispositivo de temporización (61) en la unidad de control (60);

- contar los ciclos de reloj ( $t_{tick}$ ), cuando el valor del resultado de medición excede un nivel de activación predefinido (28);
- interrumpir el recuento de los ciclos de reloj ( $t_{tick}$ ) después de que ha transcurrido un tiempo de parada predefinido ( $t_{stop1}$ ) desde la superación del nivel de activación (28) sin una nueva superación del nivel de activación (28);
- 5 determinar la última superación del nivel de activación (28) y definir el ciclo de reloj ( $t_{tick}$ ) que le sigue como el tiempo final del ciclo de impacto (IC); y
- añadir los ciclos de reloj (35) entre los tiempos de inicio y finalización del ciclo de impacto al contador de tiempo (62).
7. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5, caracterizado por
- 10 medir con un sensor de presión (12) colocado en el martillo rompedor (1) actuando la presión de un medio de presión en un circuito de medio de presión del dispositivo de percusión (4);
- detectar la pulsación de presión (25) causada por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión (4) durante un ciclo de impacto (IC);
- determinar los tiempos de inicio y finalización del ciclo de impacto (IC) en función de la pulsación de presión; y
- 15 utilizar los tiempos de inicio y finalización del ciclo de impacto (IC) para definir el ciclo de impacto (IC) y la pausa de impacto (IP).
8. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por
- comparar el tiempo de impacto acumulado en el contador de tiempo (62) con al menos un valor límite de tiempo de impacto predefinido, e indicar que se ha excedido el valor límite.
9. Un método según la reivindicación 2, caracterizado por
- 20 comparar el tiempo de uso acumulado en el contador de tiempo (62) con al menos un valor límite de tiempo de uso predefinido, e indicar que se ha excedido el valor límite.
10. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por
- comparar el tiempo de pausa acumulado en el contador de tiempo (62) con al menos un valor límite de tiempo de pausa predefinido, e indicar que se ha excedido el valor límite.
- 25 11. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por
- monitorear el funcionamiento del martillo rompedor (1) durante un tiempo de monitoreo e identificar varios ciclos de impacto (IC) y la duración de cada ciclo de impacto; y
- utilizar la distribución de las duraciones de los ciclos de impacto (IC) como un criterio adicional en la determinación de la tasa de uso.
- 30 12. Un martillo rompedor que comprende:
- medios de sujeción para sujetar el martillo rompedor (1) de forma desmontable a una pluma de una máquina básica;
- un dispositivo de percusión (4) para generar pulsos de impacto;
- una herramienta (6) dispuesta para recibir pulsos de impacto y transmitirlos al material (5) que va a romperse; y
- 35 al menos un dispositivo de medición (10) para determinar la tasa de uso del martillo rompedor (1), comprendiendo el dispositivo de medición (10) al menos un sensor (11) para medir al menos un fenómeno físico causado por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión (4), al menos una unidad de control (60) para procesar los resultados de medición y determinar la tasa de uso, y además al menos un contador, donde se añaden acumulativamente los valores que representan la tasa de uso;
- 40 estando también dispuesto el dispositivo de medición (10) para identificar basándose en los resultados de medición recibidos del sensor (11) el inicio y finalización de un ciclo de impacto (IC) del dispositivo de percusión (4), y para calcular la duración del ciclo de impacto basándose en los mismos;
- caracterizado por que
- el dispositivo de medición (10) está sujeto al martillo rompedor (1), por lo que es un dispositivo independiente separado de la máquina básica,

- el dispositivo de medición (10) también está dispuesto para identificar pausas de impacto (IP) entre ciclos de impacto (IC) y para monitorear su duración;
- el dispositivo de medición (10) está dispuesto para identificar las pausas de impacto (IP) con una duración menor que el límite de tiempo predefinido ( $t_{stop2}$ ); y
- 5 el dispositivo de medición (10) está dispuesto para sumar las duraciones de las pausas de impacto (IP) que tienen una duración menor que el límite de tiempo predefinido ( $t_{stop2}$ ) para definir el tiempo de pausa total y tener en cuenta el tiempo de pausa total como parte de la tasa de uso.
13. Un martillo rompedor según la reivindicación 12, caracterizado por que
- 10 se puede configurar un límite de tiempo ( $t_{stop2}$ ) de la longitud deseada para pausas de impacto (IP) en la unidad de control (60) del dispositivo de medición (10).
14. Un martillo rompedor según la reivindicación 12 o 13, caracterizado por que
- el sensor es un sensor de aceleración (11); y
- el sensor de aceleración (11) está sujeto al cuerpo (56) del dispositivo de percusión (4) para medir vibraciones causadas por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión.
- 15 15. Un martillo rompedor según la reivindicación 12 o 13, caracterizado por que
- el sensor es un sensor de aceleración (11) dispuesto para medir vibraciones causadas por el ciclo de trabajo del dispositivo de percusión;
- hay al menos una carcasa protectora (9) alrededor del dispositivo de percusión (4); y
- el sensor de aceleración (11) está fijado a la carcasa protectora (9).
- 20 16. Un martillo rompedor según la reivindicación 12 o 13, caracterizado por que
- el dispositivo de percusión (4) es hidráulico;
- el sensor es un sensor de presión (12) dispuesto para medir la pulsación de presión (25) causada por el funcionamiento del dispositivo de percusión en el circuito de medio de presión del dispositivo de percusión; y
- el sensor de presión (12) está dispuesto en el martillo rompedor (1).
- 25 17. Un dispositivo de medición de la tasa de uso de un martillo rompedor que comprende:
- al menos un sensor (11, 12, 57, 58) con el que se mide al menos un fenómeno físico causado por el funcionamiento del dispositivo de percusión (4) perteneciente al martillo rompedor (1);
- al menos una unidad de control (60) para procesar los resultados de medición recibidos del sensor y para determinar la tasa de uso;
- 30 comprendiendo la unidad de control (60) al menos un dispositivo de temporización (61) y al menos un contador de tiempo (62);
- estando dispuesta la unidad de control (60) para identificar basándose en los resultados de medición el inicio y finalización de los ciclos de impacto del dispositivo de percusión (4) y para determinar la duración de cada ciclo de impacto (IC);
- 35 estando dispuesta la unidad de control (60) para añadir las duraciones de los ciclos de impacto (IC) acumulativamente en el contador de tiempo (62);
- caracterizado por que
- la unidad de control (60) también está dispuesta para identificar pausas de impacto (IP) entre ciclos de impacto (IC) y para monitorear su duración;
- 40 la unidad de control (60) está dispuesta para identificar y tener en cuenta las pausas de impacto (IP) con una duración menor que el límite de tiempo predefinido ( $t_{stop2}$ ); y
- la unidad de control (60) está dispuesta para sumar las duraciones de las pausas de impacto (IP) que tienen una duración menor que el límite de tiempo predefinido ( $t_{stop2}$ ) para definir el tiempo de pausa total y tener en cuenta el tiempo de pausa total como parte de la tasa de uso.

15

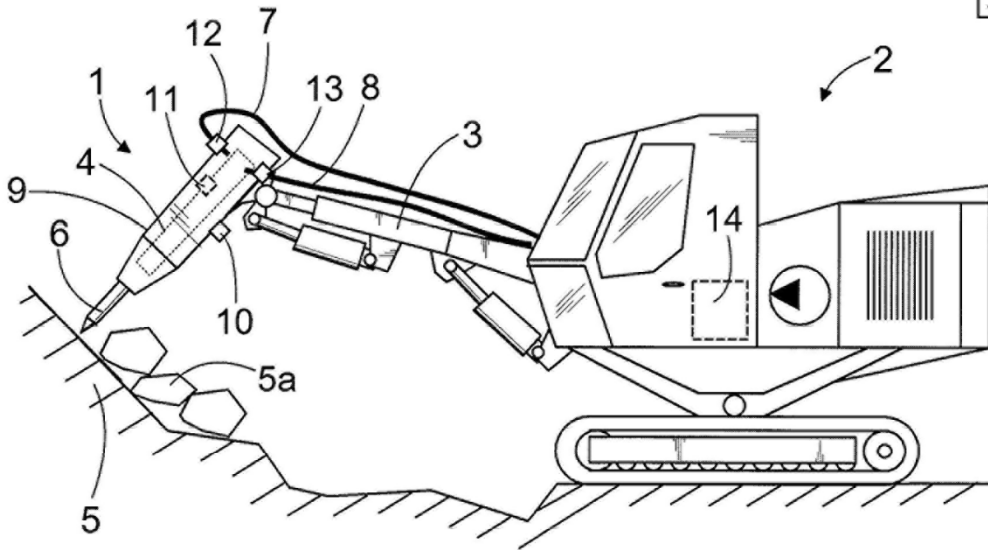


FIG. 1

Configurar tiempo de parada  $t_{stop2}$  30 s

2 s	Operación de percusión	Tiempo de impacto	
3 s	Sin operación de percusión	Tiempo de pausa	$t_{pause} < t_{stop2}$
5 s	Operación de percusión	Tiempo de impacto	
2 s	Sin operación de percusión	Tiempo de pausa	$t_{pause} < t_{stop2}$
1 s	Operación de percusión	Tiempo de impacto	
46 s	Sin operación de percusión	Tiempo de pausa	$t_{pause} > t_{stop2}$
2 s	Operación de percusión	Tiempo de impacto	
3 s	Sin operación de percusión	Tiempo de pausa	$t_{pause} < t_{stop2}$
10 s	Operación de percusión	Tiempo de impacto	
74 s			

Total tiempo de impacto 20 s  
 Total tiempo de pausa 8 s  
 Total tiempo de uso 28 s  
 Total tiempo de parada 46 s  
 Duración ciclo de monitoreo 74 s  
 Número pausas de impacto 3 kpl  
 Número de ciclos de impacto 5 kpl

FIG. 2

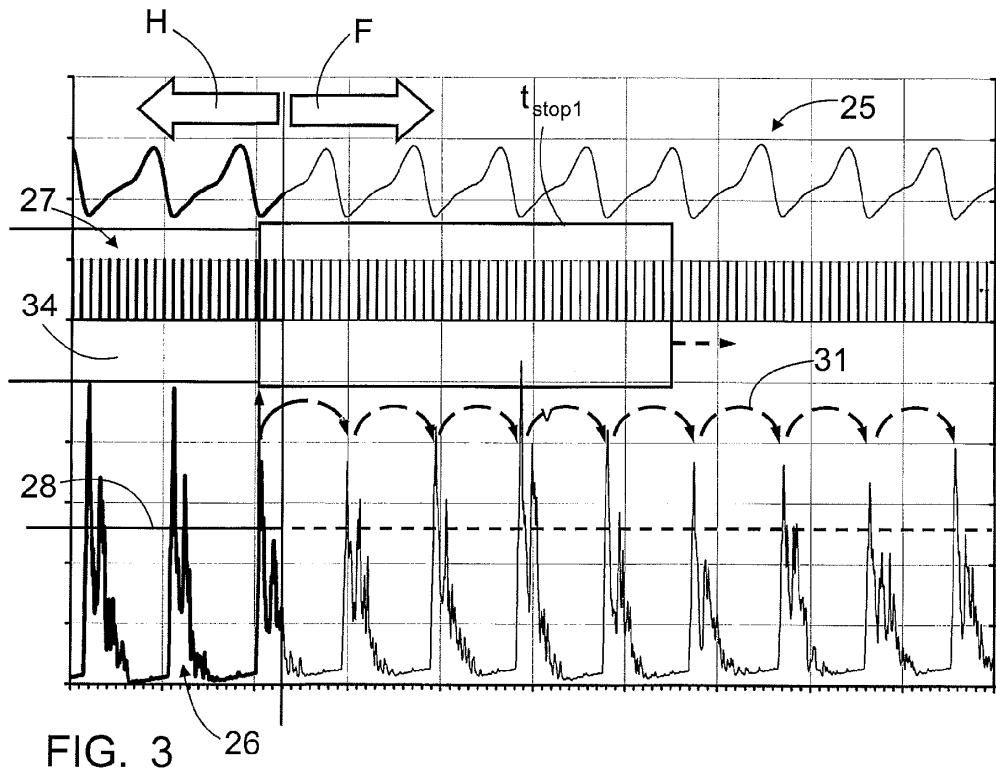


FIG. 3 26

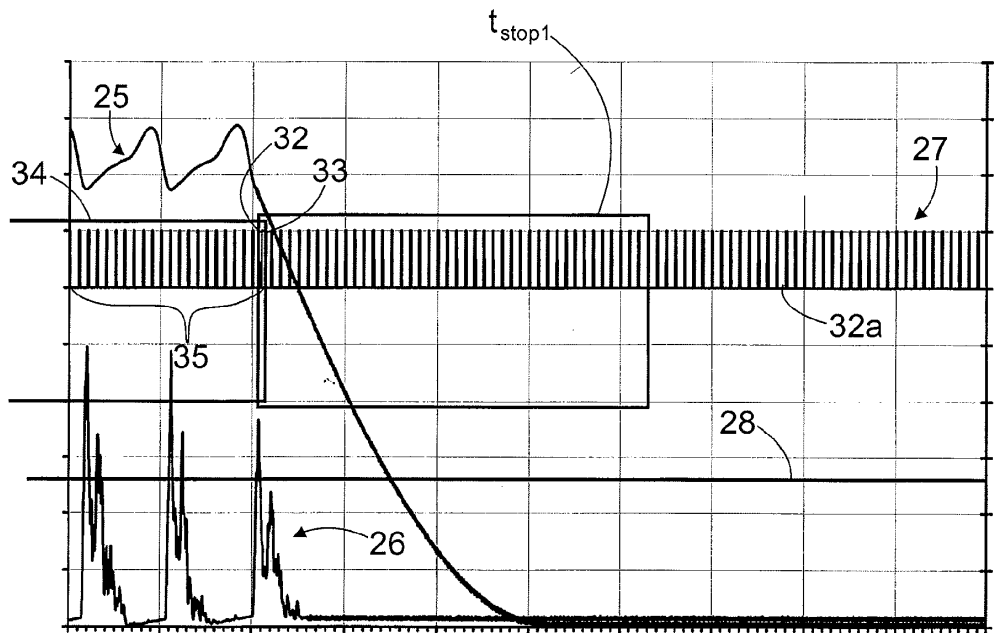


FIG. 4

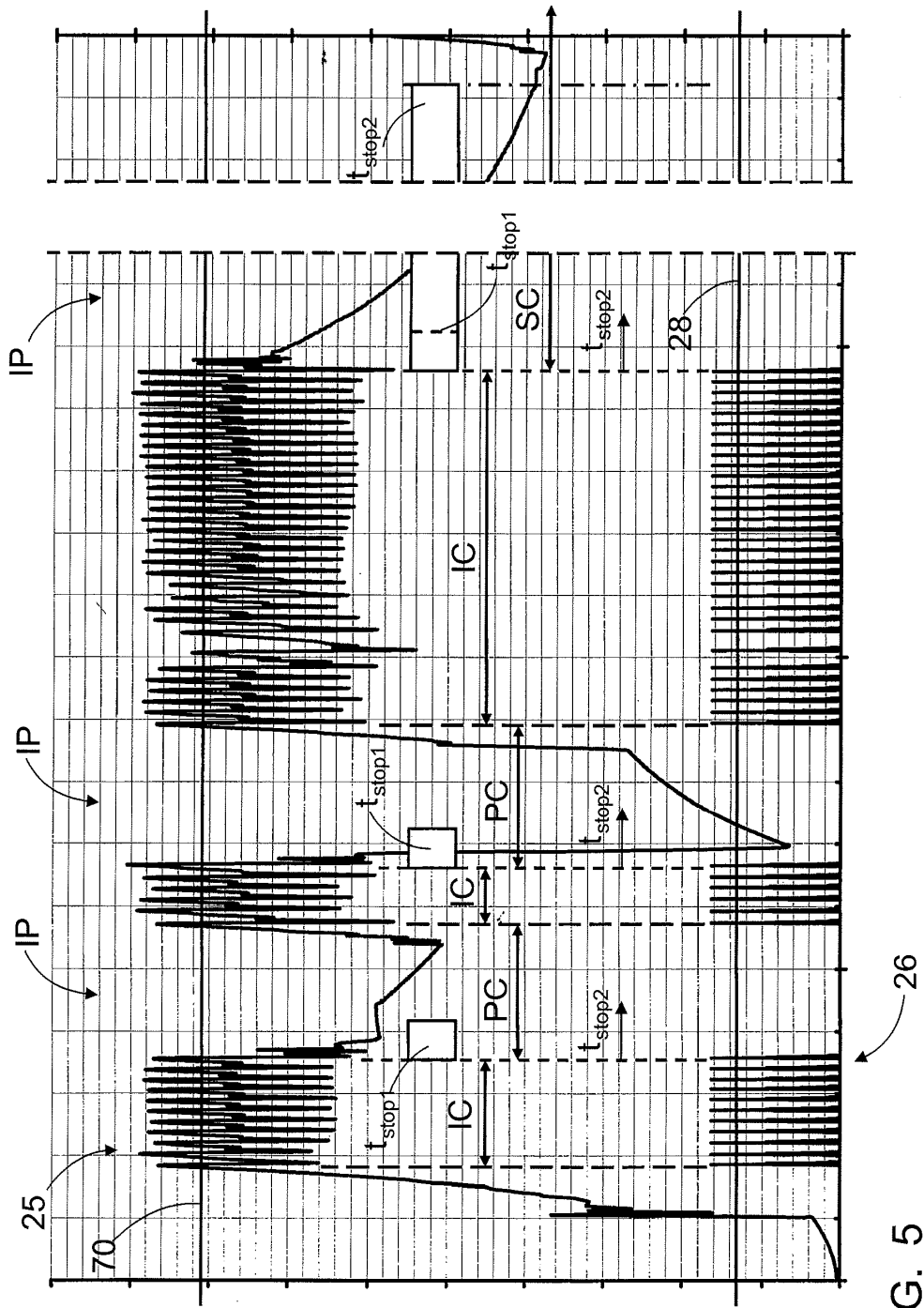


FIG. 5

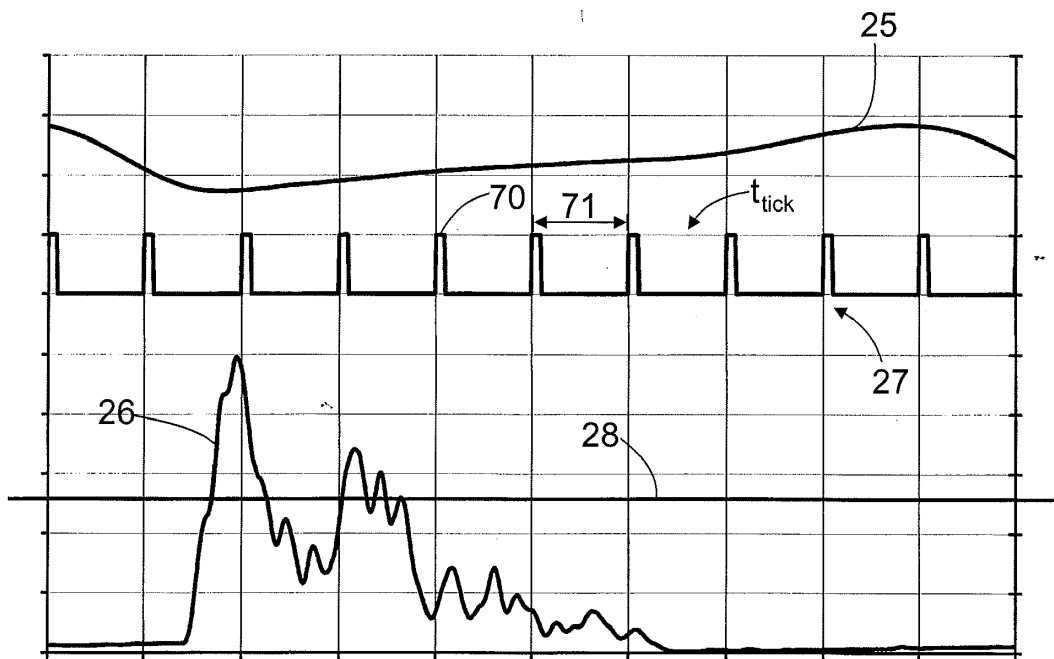


FIG. 6

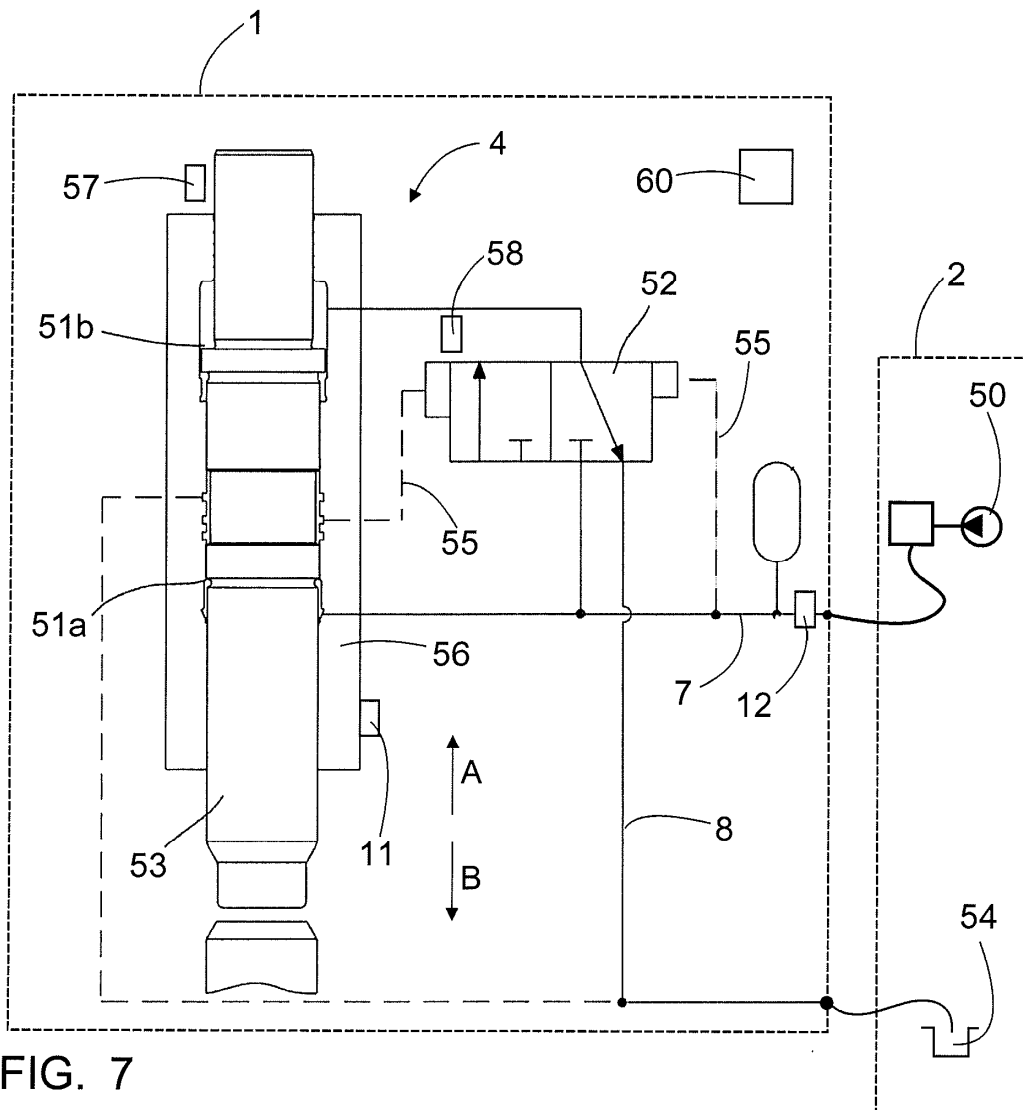


FIG. 7



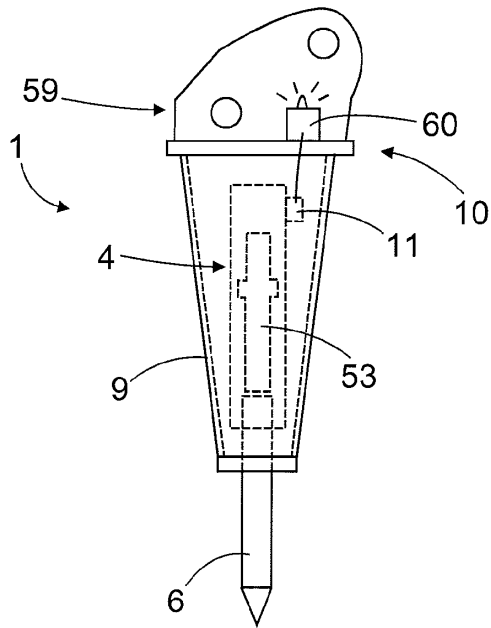


FIG. 8

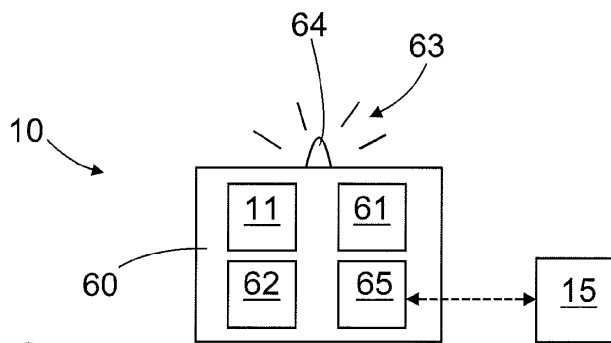


FIG. 9

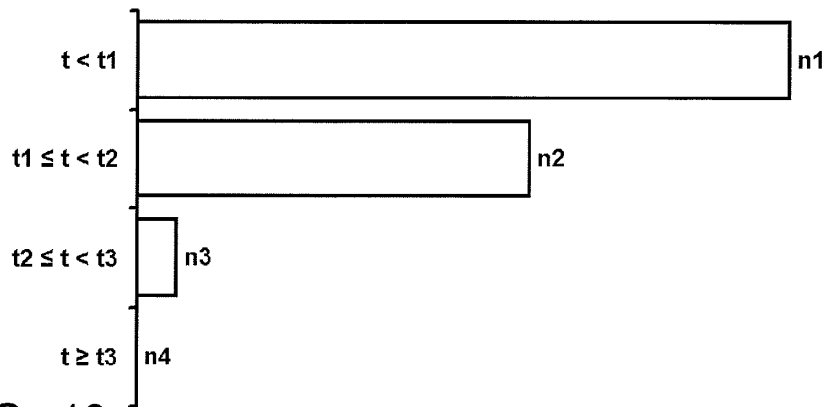


FIG. 10