

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 887**

51 Int. Cl.:

G01N 3/28	(2006.01)
G01N 11/16	(2006.01)
G01N 33/38	(2006.01)
G01N 11/00	(2006.01)
B28C 7/02	(2006.01)
B28C 5/00	(2006.01)
G01N 11/14	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2013 PCT/FR2013/050711**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO2013144528**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2013 E 13722483 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2831562**

54 Título: **Procedimiento de control de un parámetro de trabajabilidad de un hormigón en una mezcladora**

30 Prioridad:

30.03.2012 FR 1252938

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.06.2017

73 Titular/es:

**LAFARGE (100.0%)
61, rue des Belles Feuilles
75116 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**ROY, CÉDRIC;
LOMBOIS-BURGER, HÉLÈNE;
BLACHIER, CHRISTIAN;
JUGE, CÉDRIC y
TOUSSAINT, FABRICE**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 614 887 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 control de un parámetro de trabajabilidad de un hormigón en una mezcladora.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad, por ejemplo, el asentamiento, el esparcimiento, la tensión umbral, la viscosidad o el tiempo de flujo de un hormigón en el depósito de una mezcladora con eje de rotación no vertical.

10

Exposición de la técnica anterior

Un hormigón es una mezcla de granulados aglomerados por un aglutinante y agua. El aglutinante puede ser un aglutinante hidráulico, por ejemplo cemento. Se habla entonces de hormigón de cemento. El aglutinante puede ser un aglutinante hidrocarbonado, por ejemplo el asfalto. Se habla entonces de hormigón asfáltico.

15

Cuando se realiza, el hormigón tiene una consistencia más o menos fluida, puesto que se endurece hasta convertirse en sólido. Por tanto, se debe colocar el hormigón antes de estar demasiado duro. La trabajabilidad del hormigón corresponde a la facilidad con la cual se puede manipular el hormigón. La trabajabilidad de un hormigón se puede caracterizar por la medición de parámetros reológicos tales como la tensión umbral o la viscosidad del hormigón o por la medición de parámetros resultantes de ensayos usuales realizados en el lugar de utilización del hormigón, tales como el asentamiento (en inglés slump), el esparcimiento (en inglés slump flow) o el tiempo de flujo. A título de ejemplo, el asentamiento se puede medir según el ensayo descrito en la norma europea NF EN 12350-2 de diciembre de 1999.

20

25

La medición de los parámetros reológicos necesita generalmente aparatos de medición específicos. Puede ser difícil realizar estas mediciones en el sitio de utilización del hormigón. Por el contrario, el asentamiento, el esparcimiento y el tiempo de flujo pueden ser fácilmente medidos en el sitio de utilización del hormigón.

30

No obstante, existe una necesidad de poder medir el parámetro de trabajabilidad cuando el hormigón se encuentra en una mezcladora con eje rotación no vertical y no es posible entonces acceder directamente al hormigón con el fin de evitar una deriva demasiado importante del parámetro de trabajabilidad. Este es el caso, por ejemplo, cuando el hormigón se encuentra en el depósito de un camión torno en el transporte del hormigón desde el sitio de fabricación del hormigón hasta el sitio de utilización del hormigón.

35

Existen procedimientos de medición indirecta del asentamiento de un hormigón en una mezcladora. A título de ejemplo, la patente US nº 5.713.663 describe un procedimiento de medición indirecta del asentamiento de un hormigón en el depósito giratorio de un camión torno a partir del par de accionamiento aplicado al depósito. El asentamiento se puede ajustar entonces por adición de agua o adyuvante al hormigón. En el caso en que el depósito es accionado en rotación por un motor hidráulico, el par motor se puede determinar a partir de la medición de la presión del fluido hidráulico proporcionado al motor. El asentamiento es entonces determinado por una fórmula empírica a partir de la presión hidráulica medida.

40

45

El procedimiento comprende una etapa previa de determinación, para cada formulación de hormigón susceptible de ser fabricada, de la fórmula empírica que representa la evolución del asentamiento del hormigón en función de la presión hidráulica.

50

Un hormigón ordinario corresponde a un hormigón para el cual el asentamiento está generalmente comprendido entre 10 mm y 220 mm medido según la norma europea NF EN 12350-2 de diciembre 1999. El ensayo consiste en llenar un tronco de cono de referencia con el hormigón a probar, en liberar el hormigón del tronco de cono, y después en determinar la altura en la cual se ha asentado el hormigón.

55

Un hormigón fluido es un hormigón para el cual el asentamiento es demasiado importante para ser medido correctamente por el ensayo de la norma europea NF EN 12350-2 de diciembre de 1999. En este caso, se puede medir el esparcimiento que corresponde en el ensayo anterior a la diferencia que se mide en el diámetro de la torta de hormigón obtenida después de la retirada del molde según la norma europea NF EN 12350- 8 de noviembre de 2010. Se puede medir asimismo el tiempo de flujo según la norma europea NF EN 12350-9 de noviembre de 2010 haciendo que el hormigón fluya en un embudo y midiendo la duración de flujo del hormigón entre dos puntos de referencia del embudo.

60

El procedimiento de medición descrito en la patente US nº 5.713.663 no está adaptado a los hormigones fluidos. En efecto, para los hormigones fluidos, el asentamiento/esparcimiento del hormigón varía poco en función de la presión hidráulica. Por tanto, no es posible obtener una medición precisa del asentamiento/esparcimiento del hormigón midiendo la presión hidráulica según el procedimiento de la patente US nº 5.713.663.

65

Otro inconveniente de tal procedimiento de medición es que es necesario determinar la fórmula empírica que

representa la evolución del asentamiento del hormigón en función de la presión hidráulica para cada formulación de hormigón susceptible de ser fabricada. En efecto, el procedimiento no se puede realizar cuando la formulación del hormigón es modificada. Es entonces necesario determinar una nueva fórmula empírica para la nueva formulación.

5 Otro inconveniente de tal procedimiento de medición es que no permite medir unos parámetros de trabajabilidad del hormigón distintos del asentamiento, por ejemplo la tensión umbral o la viscosidad del hormigón. No obstante, puede ser ventajoso medir tales parámetros reológicos en el caso de hormigones fluidos que son susceptibles de ser bombeados.

10 Por tanto, existe una necesidad de un procedimiento de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad, en particular el asentamiento, el esparcimiento, la tensión umbral, el tiempo de flujo y/o la viscosidad de un hormigón en el depósito de una mezcladora con eje de rotación no vertical que permita la determinación con precisión de este parámetro de trabajabilidad incluso en el caso de que la fluidez del hormigón sea importante.

15 Resumen

Un objetivo de la presente invención es paliar la totalidad o parte de los inconvenientes descritos anteriormente.

20 Otro objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento de control de un parámetro de trabajabilidad, en particular el asentamiento, el esparcimiento, la tensión umbral, el tiempo de flujo y/o la viscosidad de un hormigón en el depósito de una mezcladora con eje de rotación no vertical que no dependa de la fluidez del hormigón.

Otro objeto de la presente invención es que el procedimiento se pueda realizar para nuevas formulaciones de hormigón sin necesitar operaciones de adaptación suplementarias.

25 Así, la presente invención prevé un procedimiento de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad de un hormigón contenido en el depósito de una mezcladora con eje de rotación no vertical, que comprende las etapas siguientes:

30 hacer girar el depósito a por lo menos dos velocidades de rotación diferentes;

determinar, para una de dichas por lo menos dos velocidades de rotación ω , un par de accionamiento C en rotación del depósito, un valor de tensión de cizalladura τ del hormigón y un valor de gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ del hormigón según las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \tau &= T(\omega) \cdot C \\ \dot{\gamma} &= G(\omega) \cdot \omega \end{aligned}$$

en las que T y G son funciones predeterminadas;

40 determinar una relación de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ por extrapolación y/o aproximación a partir de los valores determinados; y

45 proporcionar una indicación del parámetro de trabajabilidad del hormigón a partir de la relación de evolución.

Según un ejemplo de realización de la invención, el procedimiento comprende las etapas siguientes:

50 hacer girar el depósito a una primera velocidad de rotación y determinar un primer par de accionamiento en rotación del depósito a la primera velocidad de rotación;

hacer girar el depósito a una segunda velocidad de rotación y determinar un segundo par de accionamiento en rotación del depósito a la segunda velocidad de rotación;

55 determinar una primera tensión de cizalladura igual al producto del primer par y del valor de la función T a la primera velocidad de rotación;

determinar un primer gradiente de velocidad igual al producto de la primera velocidad de rotación y del valor de la función G a la primera velocidad de rotación;

60 determinar una segunda tensión de cizalladura igual al producto del segundo par y del valor de la función T a la segunda velocidad de rotación;

determinar un segundo gradiente de velocidad igual al producto de la segunda velocidad de rotación y del valor de la función G a la segunda velocidad de rotación; y

determinar la relación de evolución de la tensión de cizalladura en función del gradiente de velocidad por extrapolación y/o aproximación a partir de las primera y segunda tensiones de cizalladura y los primer y segundo gradientes de velocidad.

5 Según un ejemplo de realización de la invención, el procedimiento comprende las etapas siguientes:

hacer girar el depósito a una tercera velocidad de rotación y determinar un tercer par de accionamiento en rotación del depósito a la tercera velocidad de rotación;

10 determinar una tercera tensión de cizalladura igual al producto del tercer par y del valor de la función T a la tercera velocidad de rotación;

15 determinar un tercer gradiente de velocidad igual al producto de la tercera velocidad de rotación y del valor de la función G a la tercera velocidad de rotación; y

determinar la relación de evolución de la tensión de cizalladura en función del gradiente de velocidad por extrapolación y/o aproximación, además, a partir de la tercera tensión de cizalladura y el tercer gradiente de velocidad.

20 Según un ejemplo de realización de la invención, el parámetro de trabajabilidad del hormigón se selecciona de entre el asentamiento, el esparcimiento, la tensión umbral, la viscosidad y el tiempo de flujo.

25 Según un ejemplo de realización de la invención, el procedimiento comprende la determinación de la tensión umbral del hormigón a partir de la relación de evolución y la determinación del asentamiento y/o el esparcimiento a partir de la tensión umbral.

30 Según un ejemplo de realización de la invención, el procedimiento comprende el ajuste en el depósito del parámetro de trabajabilidad del hormigón por la introducción de un compuesto en el depósito.

Según un ejemplo de realización de la invención, el compuesto comprende agua, un adyuvante o una mezcla de estos.

35 Según un ejemplo de realización de la invención, el suministro de la indicación del parámetro de trabajabilidad del hormigón comprende la visualización sobre una pantalla de visualización del parámetro de trabajabilidad, la impresión del parámetro de trabajabilidad sobre un soporte y/o el almacenamiento en una memoria de un dato representativo del parámetro de trabajabilidad.

40 Según un ejemplo de realización de la invención, el depósito es accionado en rotación por un motor hidráulico que comprende una entrada de recepción de un fluido hidráulico y una salida de descarga del fluido hidráulico, determinándose el par a partir de una primera diferencia de presiones igual a la diferencia entre la presión hidráulica medida a la entrada del motor hidráulico y la presión hidráulica medida a la salida del motor hidráulico.

45 Según un ejemplo de realización de la invención, a la primera diferencia de presiones se le resta una segunda diferencia de presiones igual a la diferencia entre la presión hidráulica a la entrada del motor hidráulico y la presión hidráulica a la salida del motor hidráulico en ausencia de hormigón en el depósito a la velocidad de rotación de la medición.

50 Según un ejemplo de realización de la invención, la presión hidráulica medida a la entrada o a la salida del motor hidráulico es igual a la media de un número de valores de presión muestreados, siendo dicho número inversamente proporcional a la velocidad de rotación del depósito.

55 Según un ejemplo de realización de la invención, durante el muestreo de los valores de presión utilizados para obtener la presión hidráulica medida a la entrada o a la salida del motor hidráulico, las variaciones de la velocidad de rotación del depósito son inferiores a un umbral.

Según un ejemplo de realización de la invención, las funciones G y T se obtienen determinando:

60 para cada hormigón de una pluralidad de hormigones diferentes, una curva de evolución del par de accionamiento del depósito que contiene dicho hormigón en función de la velocidad de rotación del depósito;

para cada hormigón de la pluralidad de hormigones diferentes, una curva de evolución de la tensión de cizalladura del hormigón en función del gradiente de velocidad del hormigón por medio de un reómetro; y

65 para cada par de hormigones de la pluralidad de hormigones diferentes, un primer punto de intersección entre las curvas de evolución del par de accionamiento del depósito en función de la velocidad de rotación del depósito

para los hormigones del par y un segundo punto de intersección entre las curvas de evolución de la tensión de cizalladura en función del gradiente de velocidad para los hormigones del par.

5 Según un ejemplo de realización de la invención, para el primer punto de intersección y el segundo punto de intersección de cada par de hormigones de la pluralidad de hormigones diferentes, está determinado el valor G_i^{CC} de la función G y el valor T_i^{CC} de la función T según las relaciones siguientes:

$$G_i^{CC} = \frac{V_i}{\omega_i}$$

$$T_i^{CC} = \frac{\tau_i}{C_i}$$

10 en las que $\dot{\gamma}_i$ es el gradiente de velocidad en el segundo punto de intersección, τ_i es la tensión de cizalladura del hormigón en el segundo punto de intersección, C_i es el par de accionamiento en el primer punto de intersección y ω_i es la velocidad de rotación en el primer punto de intersección.

15 Según un ejemplo de realización de la invención, para el primer punto de intersección y el segundo punto de intersección de cada par de hormigones de la pluralidad de hormigones diferentes, está determinado el valor G_i^{Alt} de la función G y el valor T_i^{Alt} de la función T según las relaciones siguientes:

$$G_i^{Alt} = \sqrt{\frac{C_i}{V \cdot \eta_i \cdot \omega_i}}$$

$$T_i^{Alt} = \frac{1}{G_i^{Pow} \cdot V}$$

20 en las que V es el volumen del hormigón en el depósito, η_i es la viscosidad aparente del hormigón igual a la relación entre la tensión de cizalladura del hormigón en el segundo punto de intersección y el gradiente de velocidad en el segundo punto de intersección, C_i es el par de accionamiento en el primer punto de intersección y ω_i es la velocidad de rotación en el primer punto de intersección.

30 La presente invención prevé asimismo un dispositivo de memoria en el cual esté almacenado un programa informático para la realización del procedimiento definido anteriormente.

La presente invención prevé asimismo un dispositivo de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad de un hormigón, que comprende:

- 35 una mezcladora con eje de rotación no vertical que comprende un depósito que contiene el hormigón;
- un sistema de accionamiento en rotación del depósito adaptado para hacer girar el depósito a por lo menos dos velocidades de rotación diferentes;
- 40 un primer sensor de medición de un dato representativo del par de accionamiento en rotación del depósito;
- un segundo sensor de medición de un dato representativo de la velocidad de rotación del depósito; y
- 45 un módulo de tratamiento unido al sistema de accionamiento y a los primer y segundo sensores y configurado para
- determinar, para cada una de dichas por lo menos dos velocidades de rotación ω , un par de accionamiento C en rotación del depósito, un valor de tensión de cizalladura τ del hormigón y un valor de gradiente de
- 50 velocidad $\dot{\gamma}$ del hormigón según las relaciones siguientes:

$$\tau = T(\omega) \cdot C$$

$$\dot{\gamma} = G(\omega) \cdot \omega$$

55 en las que T y G son funciones predeterminadas;

determinar una relación de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ por extrapolación y/o aproximación a partir de los valores determinados; y

proporcionar una indicación del parámetro de trabajabilidad del hormigón a partir de la relación de evolución.

5

Breve descripción de los dibujos

Estos objetos, características y ventajas, así como otros serán expuestos en detalle en la descripción siguiente de ejemplos de realización particulares hechos a título no limitativo en relación con las figuras adjuntas entre las cuales:

10

la figura 1 representa, de forma parcial y esquemática, un ejemplo de realización de un dispositivo de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad de un hormigón en el depósito de una mezcladora con eje de rotación no vertical según un modo de realización de la invención;

15

la figura 2 representa, en forma de un esquema por bloques, un ejemplo de realización según la invención de un procedimiento de control de un parámetro de trabajabilidad de un hormigón;

20

la figura 3 representa un ejemplo de evolución del par que acciona en rotación el depósito de una mezcladora con eje de rotación no vertical en función de la velocidad de rotación del depósito para dos hormigones de formulaciones diferentes;

la figura 4 representa un ejemplo de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ para estos dos hormigones, medida por un reómetro;

25

la figura 5 representa unas curvas de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ de hormigones de formulaciones diferentes, medidas por un reómetro;

la figura 6 representa un ejemplo de curva de evolución de la relación de paso G;

30

la figura 7 representa un ejemplo de curva de evolución de la relación de paso T;

la figura 8 representa, en forma de un esquema por bloques, un ejemplo de realización según la invención más detallado de un procedimiento de control de un parámetro de trabajabilidad de un hormigón;

35

la figura 9 representa un ejemplo de evolución de la presión hidráulica medida en la entrada del motor hidráulico o del diferencial de presión entre la entrada y la salida del motor hidráulico que acciona en rotación el depósito de la mezcladora; y

40

la figura 10 representa, en forma de un esquema por bloques, un ejemplo de realización de un procedimiento de ajuste del asentamiento de un hormigón según la invención.

Por motivos de claridad, se han designado unos mismos elementos por unas mismas referencias en las diferentes figuras. Además, solamente los elementos necesarios para la comprensión de la invención están representados en las figuras y se describen.

45

Descripción detallada

En lo que sigue de la descripción, se emplean indiferentemente las expresiones viscosidad, viscosidad aparente y viscosidad dinámica para designar la relación entre la tensión de cizalladura y el gradiente de velocidad del hormigón.

50

La figura 1 representa un ejemplo de realización de un dispositivo 10 de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad de un hormigón según un ejemplo de realización de la invención.

55

Un hormigón es una mezcla de granulados aglomerados por un aglutinante y agua.

El aglutinante hidráulico es un material que se fragua y se endurece por hidratación. Preferentemente, el aglutinante hidráulico es un cemento, en particular un cemento Portland, por ejemplo un cemento de tipo CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV o CEM V según la normal europea NF EN 197-1 de febrero de 2001.

60

El hormigón puede ser una mezcla de un aglutinante hidráulico, granulados, agua, eventualmente adyuvantes y, eventualmente, adiciones minerales. Se trata, por ejemplo, de un hormigón de altas prestaciones, un hormigón de muy altas prestaciones, un hormigón autocolocable, un hormigón autonivelante, un hormigón autocompactante, de

un hormigón fibroso, un hormigón preparado para su uso o de un hormigón de color. El término hormigón comprende los morteros. En este caso, el hormigón comprende una mezcla de aglutinante hidráulico, arena, agua y, eventualmente, aditivos y, eventualmente, adiciones minerales.

5 Las adiciones minerales son generalmente, por ejemplo, materiales puzzolánicos (por ejemplo, tales como los
 definidos en la norma europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.3), humos de sílice (por ejemplo, tales
 como los definidos en la norma europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.7 o tales como los definidos
 en la norma "Hormigón" prEn 13263:1998 o NF P 18-502), escorias (por ejemplo, tales como los definidos en la
 10 norma europea NF EN 197-1 párrafo 5.2.2 o tales como los definidos en la norma "Hormigón" NF P 18-506),
 esquistos calcinados (por ejemplo, tales como los definidos en la norma europea NF EN 197-1 de febrero de 2001,
 párrafo 5.2.5), materiales que contienen el carbonato de calcio, por ejemplo caliza (por ejemplo, tales como los
 definidos en la norma europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.6 o tales como los definidos en la norma
 "Hormigón" NF P 18-508), unas adiciones silíceas (por ejemplo, tales como las definidas en la norma "hormigón" NF
 P 18-509), las metacaolines o sus mezclas.

15 El aglutinante puede ser un aglutinante hidrocarbonado, es decir, una sustancia compuesta de una mezcla de
 hidrocarburos, muy viscosa, incluso sólida, a la temperatura ambiente. El aglutinante hidrocarbonado puede ser, por
 ejemplo, el asfalto natural o el asfalto bruto derivado del petróleo.

20 El hormigón puede ser una mezcla de un aglutinante hidrocarbonado y granulados, como por ejemplo hormigón
 asfáltico, gravas con asfalto, asfalto o revestimientos superficiales a base de emulsión de asfalto. Un hormigón de
 aglutinante hidrocarbonado según la invención puede comprender además unos aditivos usuales, como, por
 ejemplo, unos dopantes de adhesividad o fibras (de vidrio, celulosa o amianto, por ejemplo). Un hormigón de
 25 aglutinante hidrocarbonado puede comprender, además, materiales reciclados como, por ejemplo, unas tablillas de
 tejado, vidrio u hormigón de cemento.

Los granulados comprenden unas gravas, gravillas y/o arena. La arena corresponde a un granulado que presenta
 una granulometría estrictamente inferior a 4 mm. Las gravillas corresponden a unos granulados que presentan una
 granulometría comprendida entre 4 y 20 mm. Las gravas corresponden a granulados que presentan una
 30 granulometría estrictamente superior a 20 mm.

Los ejemplos de realización de la invención se describen a continuación para un hormigón que comprende un
 aglutinante hidráulico.

35 El dispositivo 10 comprende una mezcladora 11 que comprende un depósito 12 en el cual está dispuesto un
 hormigón 14. A título de ejemplo, la mezcladora 11 corresponde a un camión torno utilizado para el transporte del
 hormigón desde un lugar de fabricación del hormigón hasta un lugar de utilización del hormigón. A título de variante,
 la mezcladora 11 puede ser una mezcladora fija con eje de rotación no vertical utilizada para la fabricación del
 40 hormigón. Preferentemente, el eje de la mezcladora está inclinado con respecto a la dirección horizontal en un
 ángulo inferior o igual a 45°.

La mezcladora 11 comprende un motor hidráulico 16 que acciona en rotación el depósito 12 alrededor de un eje Δ
 no vertical por medio de un reductor 18. En el caso de un depósito 12 de un camión torno, el eje Δ puede estar
 45 ligeramente inclinado con respecto a la dirección horizontal. A título de ejemplo, el volumen V de hormigón 14 en el
 depósito 12 puede variar de 0,5 m³ a 8 m³, en algunos casos, hasta 15 m³.

La velocidad de rotación del depósito 12 alrededor del eje Δ se puede expresar en radianes por segundo y se
 designa entonces como ω en lo que sigue de la descripción, o se puede expresar en vueltas por minuto y se designa
 entonces como N en lo que sigue de la descripción. A título de ejemplo, en el caso de un camión torno, la velocidad
 50 de rotación N puede variar de 1 rpm a 20 rpm por minuto. A título de ejemplo, para el transporte del hormigón, la
 velocidad de rotación del depósito 12 varía generalmente de 1 rpm a 6 rpm. Para una operación de mezclado del
 hormigón cuando tiene lugar la fabricación del hormigón o antes de la utilización de éste en el lugar de utilización del
 hormigón, la velocidad de rotación del depósito 12 es generalmente superior a 6 rpm y puede alcanzar 15 rpm.

55 El accionamiento del motor hidráulico 16 se puede realizar por la puesta en flujo de un fluido hidráulico por una
 bomba hidráulica 20 unida al motor hidráulico 16 por un conducto 22 de aporte del fluido hidráulico de la bomba
 hidráulica 20 al motor hidráulico 16 y por un conducto 24 de retorno del fluido hidráulico del motor hidráulico 16 a la
 bomba hidráulica 20. La bomba hidráulica 20 puede ser accionada en rotación por un motor 21, por ejemplo el motor
 del camión torno.

60 El dispositivo 10 comprende un módulo de tratamiento 26 que comprende, por ejemplo, un microcontrolador, que
 comprende una memoria (MEM) 27. El módulo de tratamiento 26 está unido a una interfaz hombre/máquina 28
 (IHM) que comprende, por ejemplo, una pantalla de visualización, una pantalla táctil, un teclado, etc.

65 El dispositivo 10 comprende un primer sensor 30 de presión hidráulica adaptado para medir la presión del fluido
 hidráulico aguas arriba del motor hidráulico 16. El dispositivo 10 comprende un segundo sensor 32 de presión

hidráulica adaptado para medir la presión del fluido hidráulico aguas abajo del motor hidráulico 16. Los sensores 30 y 32 están unidos al módulo de tratamiento 26. Una alternativa puede ser utilizar un sensor de presión diferencial unido a la entrada y a la salida el motor hidráulico 16.

5 El dispositivo 10 puede comprender, además, un sensor de velocidad 34 unido al módulo de tratamiento 26, midiendo la velocidad de rotación del depósito 12. Puede tratarse de un sensor de velocidad de rotación pasivo, en particular de tipo inductivo, o de un sensor de velocidad de rotación activo, en particular de tipo magnetorresistivo o de efecto Hall. El dispositivo 10 puede comprender un sensor 35 adaptado para medir el caudal del fluido hidráulico que circula en los conductos 22 y/o 24, preferentemente en el conducto 22 a la entrada del motor hidráulico 16.

10 El dispositivo 10 comprende un sistema 36 de adición de agua, de un adyuvante o de una mezcla de adyuvantes en el hormigón 14. El adyuvante o la mezcla de adyuvantes puede ser añadido al agua. El sistema 36 puede comprender una cuba 37 que contiene el agua, el adyuvante o la mezcla de adyuvantes. La cuba 37 está unida al depósito 12 por un conducto 38 provisto de una válvula 40. La válvula 40 puede ser controlada por el módulo de tratamiento 26. A título de ejemplo, puede tratarse de una válvula de aire comprimido, obteniéndose el accionamiento de la válvula 40 por la puesta en flujo de aire comprimido bajo el control del módulo de tratamiento 26. A título de variante, el sistema 36 puede comprender una bomba, no representada, unida a la cuba 37.

15 Los adyuvantes pueden corresponder a adyuvantes añadidos de forma habitual en los hormigones, en particular un reductor de agua/plastificante, un superplastificante, un agente retardante, un acelerador de fraguado, un agente espesante o un agente de modificación de viscosidad.

20 Ventajosamente, el dispositivo 10 permite determinar la composición final del hormigón justo antes de su utilización in situ, con los diferentes añadidos (en particular, el agua, el adyuvante o la mezcla de adyuvantes) y, eventualmente, la edición de esta composición puesta al día a la recepción del hormigón por el cliente en el lugar de utilización del hormigón.

25 La figura 2 representa, en forma de un esquema por bloques, un ejemplo de realización según la invención de un procedimiento de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad de un hormigón. El procedimiento comprende dos etapas 50 y 52. La etapa 50 se tiene que realizar una sola vez antes de la utilización prevista de la mezcladora 11. La etapa 52 se puede realizar en cada utilización de la mezcladora 11. La etapa 52 se puede repetir varias veces en el curso de la utilización de la mezcladora 11.

30 La etapa 50 comprende la determinación de relaciones de paso G y T y la etapa 52 comprende la determinación (y, eventualmente, el ajuste) de un parámetro de trabajabilidad a partir de las relaciones de paso G y T.

35 El parámetro de trabajabilidad puede corresponder al asentamiento, al esparcimiento, a la tensión umbral, al tiempo de flujo o a la viscosidad de un hormigón.

40 La tensión umbral de un hormigón es la tensión más allá de la cual el hormigón comienza a fluir. Cuando la tensión de cizalladura τ se expresa en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ (o tasa de cizalladura), la tensión umbral τ_0 corresponde a la tensión de cizalladura para un gradiente de velocidad extrapolado a cero. La viscosidad aparente η de un hormigón corresponde a la relación entre la tensión de cizalladura τ y el gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$. Ésta no siempre es constante para un hormigón pero, en algunos casos, puede ser constante.

45 De forma general, el hormigón presente en el depósito 12 se puede considerar como un fluido de Herschel-Bulkley. La expresión de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ es dada por la relación (1) siguiente:

50
$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^p \quad (1)$$

en la que k y p son números reales positivos. Para algunos tipos de hormigón, en particular los hormigones ordinarios, el hormigón puede ser considerado como un fluido de Bingham. La expresión (1) se simplifica entonces de la forma siguiente:

55
$$\tau = \tau_0 + \eta_p \cdot \dot{\gamma} \quad (2)$$

en la que η_p es la viscosidad plástica del hormigón.

60 La relación de paso G es una función que permite obtener el gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ a partir de la velocidad de rotación ω del depósito 12 según la relación (3) siguiente:

$$\dot{\gamma} = G(\omega) \cdot \omega \quad (3)$$

La relación de paso T es una función que permite determinar la tensión de cizalladura τ a partir del par C de accionamiento en rotación del depósito 12 según la relación (4) siguiente:

$$\tau = T(\omega) \cdot C \quad (4)$$

Las relaciones de paso G y T son funciones que no son constantes y pueden depender en particular de la velocidad de rotación ω . Preferentemente, las relaciones de paso G y T dependen solamente de la velocidad de rotación ω .

A título de ejemplo, las relaciones de paso G y T se pueden expresar en forma de polinomios según las relaciones (5) y (6) siguientes:

$$G = \sum_{j=0}^M G_j \omega^j \quad (5)$$

$$T = \sum_{j=0}^M T_j \omega^j \quad (6)$$

en las que G_j y T_j son números reales y M es un número entero superior o igual a 1.

Las relaciones de paso G y T dependen de las características de la mezcladora 11 pero son independientes de las formulaciones de los hormigones susceptibles de estar dispuestos en el depósito 12 de la mezcladora 11.

El procedimiento de determinación de las relaciones de paso G y T se basa en el principio siguiente: dos hormigones para los cuales se mide la misma tensión de cizalladura τ_i para un gradiente de cizalladura $\dot{\gamma}_i$ dado desarrollan, en la mezcladora, el mismo par de accionamiento C_i del depósito 12 de la mezcladora 11 para una velocidad de rotación ω_i dada del depósito 12.

La figura 3 representa las curvas de evolución A y B del par de accionamiento C del depósito 12 en función de la velocidad de rotación ω del depósito 12 para dos hormigones de formulaciones diferentes y la figura 4 representa las curvas de evolución D y E de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ para estos dos hormigones. Las curvas A y B se determinan utilizando la mezcladora 11. Las curvas D y E se determinan utilizando un reómetro.

Las curvas A y B se cortan en un punto H_i . Las curvas D y E se cortan en un punto L_i . En el punto H_i , los dos hormigones tienen, en el depósito 12, el mismo par C_i a la velocidad de rotación ω_i . En el punto L_i , los dos hormigones tienen la misma tensión de cizalladura τ_i al gradiente de velocidad $\dot{\gamma}_i$. Por tanto, los dos hormigones están en el mismo estado reológico en el punto L_i y en el punto H_i , es decir, que desarrollan la misma tensión τ_i para el gradiente de velocidad $\dot{\gamma}_i$.

Según un ejemplo de realización de acuerdo con la invención, el procedimiento de determinación de las expresiones de las relaciones de paso G y T en función de la velocidad de rotación ω consiste en determinar las curvas de evolución del par de accionamiento C en función de la velocidad de rotación ω y las curvas de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ para varios hormigones con el fin de obtener varios puntos de cruce H_i y L_i .

La figura 5 representa, a título de ejemplo, varias curvas F de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ para seis hormigones de formulaciones diferentes. Estas curvas se cortan en unos puntos de intersección L_1 a L_7 .

Según un primer ejemplo de procedimiento de determinación de las expresiones de las relaciones de paso G y T, para cada punto de intersección H_i entre dos curvas de evolución del par de accionamiento C en función de la velocidad de rotación ω de un par de hormigones y para el punto de intersección L_i entre las curvas de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ del mismo par de hormigones, se determina el valor G_i^{CC} de la relación de paso G y el valor T_i^{CC} de la relación de paso T según las relaciones (7) y (8) siguientes:

$$G_i^{CC} = \frac{\gamma_i}{\omega_i} \quad (7)$$

$$T_i^{CC} = \frac{\tau_i}{C_i} \quad (8)$$

5 La determinación del par de accionamiento se aclara más en detalle a continuación.

Las relaciones de paso G y T pueden buscarse, a título de ejemplo, en la forma de las expresiones (5) y (6) descritas anteriormente, determinando los parámetros G_j y T_j para los cuales las curvas de las relaciones de paso G y T pasan por los valores G_i^{CC} y T_i^{CC} o se aproximan en el mejor de los casos a estos valores según unos métodos de interpolación o de aproximación. Una vez determinados, las relaciones de paso G y T son almacenadas en la memoria 27 del módulo de tratamiento 26.

De acuerdo con un segundo ejemplo de procedimiento de determinación de las relaciones de paso G y T, las relaciones de paso G y T son determinadas a partir de valores G_i^{Alt} y T_i^{Alt} en los puntos de cruce de índice i. El valor G_i^{Alt} de la relación de paso G y el valor T_i^{Alt} de la relación T en los puntos de cruce de índice i se obtienen por las relaciones (9) y (10) siguientes:

$$G_i^{Alt} = \sqrt{\frac{C_i}{V \cdot \eta_i \cdot \omega_i}} \quad (9)$$

$$T_i^{Alt} = \frac{1}{G_i^{Alt} \cdot V} \quad (10)$$

en las que V es el volumen del hormigón 14 en el depósito 12 y η_i es la viscosidad aparente del hormigón en el punto de cruce L_i .

Las relaciones de pasos G y T se pueden buscar entonces, a título de ejemplo, en forma de las expresiones (5) y (6) descritas anteriormente, determinando los parámetros G_j y T_j para los cuales las curvas de las relaciones de paso G y T pasan por los valores G_i^{Alt} y T_i^{Alt} o se aproximan en el mejor de los casos a estos valores según unos métodos de interpolación o de aproximación. El segundo ejemplo de procedimiento de determinación de las relaciones de paso T y G presenta la ventaja de ser menos sensible a las incertidumbres de medición que el primer ejemplo.

Las figuras 6 y 7 representan dos ejemplos de curvas de evolución CG y CT respectivamente de las relaciones de paso G y T.

La figura 8 representa, en forma de un esquema por bloques, un ejemplo de realización más detallado según la invención de la etapa 52 del procedimiento ilustrado en la figura 2.

En la etapa 100, la mezcladora 11 es controlada en un primer régimen de funcionamiento. El módulo de tratamiento 26 determina un primer valor ΔP_1 de la diferencia de presión ΔP del fluido hidráulico entre el lado de aguas arriba y el lado de aguas abajo del motor hidráulico 16 y un primer valor ω_1 de la velocidad de rotación ω del depósito 12. La diferencia de presión ΔP del fluido hidráulico entre el lado de aguas arriba y el lado de aguas abajo del motor hidráulico 16 se puede medir por los sensores de presión 30 y 32. La velocidad de rotación ω del depósito 12 se puede determinar directamente por el sensor 34 o, indirectamente, a partir de la medición del caudal del líquido hidráulico que atraviesa el motor hidráulico 16. El procedimiento se prosigue en la etapa 102.

En la etapa 102, la mezcladora 11 es controlada en un segundo régimen de funcionamiento, diferente del primer régimen de funcionamiento. Esto significa que la velocidad de rotación del depósito 12 en el primer régimen de funcionamiento es diferente de la velocidad de rotación del depósito 12 en el segundo régimen de funcionamiento. El módulo de tratamiento 26 determina entonces un segundo valor ΔP_2 de la diferencia de presión ΔP del fluido hidráulico entre el lado de aguas arriba y el lado de aguas abajo del motor hidráulico 16 y un segundo valor ω_2 de la velocidad de rotación ω . Las etapas 100 y 102 pueden ser repetidas varias veces para otros regímenes de funcionamiento de la mezcladora 11. Preferentemente, la mezcladora 11 puede, además, ser controlada en un tercer régimen de funcionamiento, diferente de los primer y segundo regímenes de funcionamiento. El módulo de tratamiento 26 determina entonces un tercer valor ΔP_3 de la diferencia de presión ΔP del fluido hidráulico entre el lado de aguas arriba y el lado de aguas abajo del motor hidráulico 16 y un tercer valor ω_3 de la velocidad de rotación ω . El procedimiento se prosigue a continuación en la etapa 104.

Las etapas 100 y 102 se pueden realizar de forma automática o bajo una acción voluntaria del conductor del camión torno. Se pueden realizar cuando tiene lugar el transporte del hormigón y/o, preferentemente, cuando el camión torno está parado.

5 En la etapa 104, el módulo de tratamiento 26 determina unos valores C_1 y C_2 del par C que acciona el depósito 12 respectivamente a partir de los valores ΔP_1 y ΔP_2 de la diferencia de presión ΔP como se describirá con más detalle a continuación. El procedimiento se prosigue en la etapa 105.

10 En la etapa 105, el módulo de tratamiento 26 determina un primer valor τ_1 de la tensión de cizalladura τ y un primer valor $\dot{\gamma}_1$ del gradiente de velocidad (o tasa de cizalladura) $\dot{\gamma}$ del hormigón en el primer régimen de funcionamiento a partir de los valores ΔP_1 y ω_1 según las relaciones (11) y (12) siguientes:

$$\dot{\gamma}_1 = G(\omega_1) \cdot \omega_1 \quad (11)$$

$$\tau_1 = T(\omega_1) \cdot C_1 \quad (12)$$

en las que $G(\omega_1)$ es el valor de la relación de paso G a la velocidad de rotación ω_1 y $T(\omega_1)$ es el valor de la relación de paso T a la velocidad de rotación ω_1 .

20 El módulo de tratamiento 26 determina además un segundo valor τ_2 de la tensión de cizalladura τ y un segundo valor $\dot{\gamma}_2$ del gradiente de velocidad (o tasa de cizalladura) $\dot{\gamma}$ del hormigón en el segundo régimen de funcionamiento a partir de los valores ΔP_2 y ω_2 según las relaciones (13) y (14) siguientes:

$$\dot{\gamma}_2 = G(\omega_2) \cdot \omega_2 \quad (13)$$

$$\tau_2 = T(\omega_2) \cdot C_2 \quad (14)$$

30 en las que $G(\omega_2)$ es el valor de la relación de paso G a la velocidad de rotación ω_2 y $T(\omega_2)$ es el valor de la relación de paso T a la velocidad de rotación ω_2 .

Preferentemente, el módulo de tratamiento 26 puede, además, determinar un tercer valor τ_3 de la tensión de cizalladura τ y un tercer valor $\dot{\gamma}_3$ del gradiente de velocidad (o tasa de cizalladura) $\dot{\gamma}$ del hormigón en el tercer régimen de funcionamiento a partir de los valores ΔP_3 y ω_3 según las relaciones (15) y (16) siguientes:

$$\dot{\gamma}_3 = G(\omega_3) \cdot \omega_3 \quad (15)$$

$$\tau_3 = T(\omega_3) \cdot C_3 \quad (16)$$

40 en las que $G(\omega_3)$ es el valor de la relación de paso G a la velocidad de rotación ω_3 y $T(\omega_3)$ es el valor de la relación de paso T a la velocidad de rotación ω_3 .

Según una variante, el módulo de tratamiento 26 puede además determinar otros valores suplementarios de la tensión de cizalladura τ y del gradiente de cizalladura $\dot{\gamma}$, aparte de los primeros, segundos y terceros valores mencionados anteriormente.

El procedimiento se prosigue en la etapa 106.

50 En la etapa 106, el módulo de tratamiento 26 determina la expresión de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ a partir de los pares de valores $(\tau_1, \dot{\gamma}_1)$ y $(\tau_2, \dot{\gamma}_2)$ (y, preferentemente, además, el par de valores $(\tau_3, \dot{\gamma}_3)$). En la etapa 106, el módulo de tratamiento 26 puede buscar la expresión de τ en forma de las expresiones (1) o (2), determinando los parámetros τ_0 , k y p (o η_p) para los cuales la curva de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ pasa por los puntos $(\tau_1, \dot{\gamma}_1)$ y $(\tau_2, \dot{\gamma}_2)$ (y, preferentemente, además el punto $(\tau_3, \dot{\gamma}_3)$) o se aproxima en el mejor de los casos a estos valores según unos métodos de interpolación o de aproximación. El procedimiento se prosigue en la etapa 108.

En la etapa 108, el módulo de tratamiento 26 determina el parámetro de trabajabilidad o los parámetros de trabajabilidad deseados a partir de la expresión anterior. La tensión umbral τ_0 se puede determinar directamente a partir de la relación (1) o (2). El asentamiento o el esparcimiento del hormigón se puede determinar a partir de la tensión umbral τ_0 . A título de ejemplo, el asentamiento (slump) o el esparcimiento (slump flow) se puede obtener según las relaciones (17) y (18) siguientes:

$$\tau_0 = E_0 + E_1 \cdot \text{Slump}^\alpha \quad (17)$$

$$\frac{\tau_0}{\rho} = E_2 + E_3 \cdot \text{Slump}^\alpha \quad (18)$$

en las que E_0 , E_1 , E_2 , E_3 y α son números reales determinados previamente y que son independientes de la mezcladora 11 y de la formulación del hormigón y en las que ρ es la masa volumétrica del hormigón. La viscosidad aparente η del hormigón corresponde a la relación entre la tensión de cizalladura τ y el gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$. El módulo de tratamiento 26 puede controlar, además, la interfaz 28 para visualizar el o los parámetros de trabajabilidad medidos. Además, el o los parámetros de trabajabilidad medidos y el instante de medición pueden ser memorizados. El procedimiento se prosigue en la etapa 110.

En la etapa 110, el módulo de tratamiento 26 puede controlar la adición en el hormigón de agua o adyuvantes para modificar el o los parámetros de trabajabilidad medidos. La etapa 110 puede no estar presente.

En el ejemplo de realización de procedimiento según la invención descrito en relación con la figura 8, en las etapas 100 y 102, las presiones son determinadas a partir de los sensores de presión 30 y 32.

La figura 9 representa un ejemplo de curva I de evolución de la señal proporcionada por el sensor 30 para varias rotaciones del depósito 12. La curva J representa la evolución de la señal proporcionada por el sensor 30 después de una operación de filtrado de paso bajo. La curva J puede comprender oscilaciones en el curso de una revolución del depósito 12 que pueden ser debidas en particular a unos defectos de equilibrado del depósito 12, a la naturaleza del hormigón, etc. La frecuencia de las oscilaciones corresponde sustancialmente a la frecuencia de rotación del depósito 12. En las etapas 100 y 102 descritas anteriormente, la presión medida corresponde a una presión media. Es ventajoso para determinar la presión media, considerar como mínimo una revolución completa del depósito 12. Es por eso que el número Trama de muestras sucesivas utilizadas para determinar la presión media varía en función de la velocidad de rotación ω del depósito 12. El número Trama de muestras depende del número de oscilaciones $N_{b_{osci}}$ de la curva durante una revolución del depósito 12, de la velocidad de rotación N del depósito 12 y de la frecuencia f de adquisición de las muestras de presión según la relación siguiente (19):

$$\text{Trama} = 60 \frac{N_{b_{osci}} \cdot f}{N} \quad (19)$$

Las muestras son consideradas como estables cuando, para cada muestra medida entre el número Trama de muestras, la velocidad de rotación N del depósito 12 varía poco con respecto a una velocidad de rotación media para el número Trama de muestras, por ejemplo, varía de menos de 1 vuelta por minuto con relación a la velocidad de rotación media para el número Trama de muestras. La presión media se mide solamente cuando las muestras son estables.

La señal proporcionada por el sensor 30 se designa P_e y la señal de salida del motor hidráulico 16 obtenida a partir del sensor 32 se designa P_s . La presión diferencial ΔP es igual a la diferencia entre las presiones de entrada P_e y de salida P_s . El valor medio de la presión diferencial se obtiene haciendo la media de los valores de la presión diferencial ΔP del conjunto de muestras del número Trama de muestras.

La relación entre la presión diferencial ΔP y el par de accionamiento C se obtiene de la forma siguiente. La potencia mecánica P_M útil para la rotación del torno se da por la relación (20) siguiente:

$$P_M = C \cdot \omega \quad (20)$$

Cuando el motor hidráulico 16 funciona en una zona de funcionamiento lineal, la potencia hidráulica P_{hy} del motor hidráulico 16 es dada por la relación (21) siguiente:

$$P_{hy} = \Delta P \cdot Q \quad (21)$$

en la que Q es el caudal del fluido hidráulico, expresado en m^3/s , que acciona el motor hidráulico 16. El caudal Q es

dado por la relación (22) siguiente:

$$Q = C_Y \cdot n_m \quad (22)$$

5 en la que n_m es la velocidad de rotación del motor hidráulico 16 expresada en vueltas por segundo y C_Y es la cilindrada del motor hidráulico 16. La cilindrada C_Y , expresada en m^3/tr , corresponde al volumen de fluido hidráulico que transita en el motor hidráulico 16 durante una revolución del motor hidráulico 16.

10 Considerando que la potencia mecánica P_M es igual al producto de la potencia hidráulica P_{hy} y de un factor de rendimiento R y que la velocidad de rotación n_m del motor hidráulico 16 es igual al producto de la velocidad de rotación ω del depósito 12 y de un factor de reducción K_r , se obtiene la relación (23) siguiente:

$$C = R \cdot \Delta P \cdot C_Y \cdot K_r \quad (23)$$

15 El par de accionamiento C se puede determinar sustituyendo en la expresión (23) la diferencia de presión ΔP por la presión de entrada P_e . No obstante, los inventores han puesto de manifiesto que la precisión de la determinación del par de accionamiento C es aumentada utilizando la diferencia de presión ΔP en lugar utilizar solamente la presión de entrada P_e .

20 El par de accionamiento C que se quiere medir debe ser lo más fielmente posible representativo del comportamiento del hormigón y no de otros parámetros como, por ejemplo, los frotamientos entre el depósito 12 y el sistema de soporte del depósito 12 o la masa del depósito 12 en vacío.

25 Por tanto, puede ser ventajoso medir la curva de evolución de la presión de entrada P_{e0} y la curva de evolución de la presión de salida P_{S0} en función de la velocidad de rotación ω del depósito 12 en ausencia de hormigón en el depósito 12 y restar el valor P_{e0} a la velocidad de rotación en la medida de la presión P_e medida y el valor P_{S0} a la velocidad de rotación en la medida de la presión P_S medida cuando tiene lugar la determinación de ΔP .

30 Denominando ΔP_0 la diferencia de presión al vacío, es decir, la diferencia entre P_{e0} y P_{S0} , la relación (24) siguiente se puede entonces utilizar en lugar de la relación (23) precedente:

$$C = R \cdot (\Delta P - \Delta P_0) \cdot C_Y \cdot K_r \quad (24)$$

35 Los inventores han puesto de manifiesto además que la precisión de la determinación del par de accionamiento C es aumentada utilizando la presión diferencial corregida $\Delta P - \Delta P_0$ en lugar de la presión diferencial ΔP sola.

40 La velocidad de rotación ω del depósito 12 puede ser determinada directamente a partir del sensor de velocidad de rotación 34 o puede ser determinada de forma indirecta a partir del caudal de aceite Q medido por el sensor 35 según la relación (25) siguiente:

$$\omega = \frac{Q}{K_r \cdot C_Y} \quad (25)$$

45 La figura 10 representa, en forma de un esquema por bloques, un ejemplo de realización de la etapa 110 del procedimiento ilustrado en la figura 8 en el caso de que, en la etapa 108, el procedimiento proporcione un valor de asentamiento y en el caso de que el asentamiento se ajuste por la adición de agua al hormigón. Este procedimiento de ajuste se puede emplear asimismo para el control del esparcimiento, del tiempo de flujo, de la viscosidad o de la tensión umbral.

50 En la etapa 200, el módulo de tratamiento 26 determina el último valor S_k del asentamiento. El último valor de asentamiento S_k puede corresponder, por ejemplo, a la media de los últimos valores de asentamiento, por ejemplo, los 5 últimos valores de asentamiento, obtenidos en la etapa 108. El procedimiento se prosigue a la etapa 202.

55 En la etapa 202, el módulo de tratamiento 26 determina la diferencia ΔS entre un valor de asentamiento de comparación S_e y el último valor de asentamiento S_k . Si la diferencia ΔS es superior a un umbral TH, el procedimiento se prosigue en la etapa 204. Si la diferencia ΔS es inferior al umbral TH, el procedimiento vuelve a la etapa 200. El umbral TH traduce la variación de asentamiento que es aceptable. De forma típica, para un hormigón ordinario, el umbral TH puede ser del orden de 30 mm.

60 En la etapa 204, el módulo de tratamiento 26 determina la cantidad de agua (Adición) a añadir. La cantidad Adición puede ser determinada por la relación (26) siguiente:

$$\text{Adición} = T_{\text{Xagua}} \cdot V \cdot \Delta S \cdot K_S \quad (26)$$

5 en la que T_{Xagua} corresponde a la cantidad de agua a añadir por metro cúbico de hormigón y por milímetro de variación de asentamiento, K_S es un coeficiente de seguridad y V es el volumen de hormigón. La cantidad de agua T_{Xagua} está comprendida, por ejemplo, entre 0,1 L/m³/mm y 3 L/m³/mm y el coeficiente de seguridad K_S está comprendido, por ejemplo, entre 0 y 1. El procedimiento se prosigue en la etapa 206.

10 En la etapa 206, el módulo de tratamiento 26 determina la cantidad total de agua añadida (Agua_{tot}) al hormigón desde la colocación del hormigón en el depósito 12. La cantidad total de agua añadida Agua_{tot} corresponde a la suma de las adiciones sucesivas ya realizadas desde la colocación del hormigón en el depósito 12, de la adición de agua (Adición) calculada en la etapa precedente y no realizada aún, y de la cantidad de agua inicialmente introducida en el hormigón antes de la carga en el depósito. La cantidad total de agua (Agua_{tot}) es comparada con una cantidad máxima de agua (Max) que puede entrar en la composición de dicho hormigón. Si la cantidad de agua Agua_{tot} es estrictamente superior a Max , el procedimiento se prosigue en la etapa 208. Si la cantidad de agua Agua_{tot} es inferior o igual a Max , el procedimiento se prosigue en la etapa 212.

15 En la etapa 208, el módulo de tratamiento 26 envía una alarma, por ejemplo al conductor del camión torno, por medio de la interfaz 28.

20 En la etapa 212, el módulo de tratamiento 26 determina si la adición de la cantidad de agua (Adición) se debe realizar automáticamente. Si la cantidad de agua (Adición) se debe añadir de forma automática, el procedimiento se prosigue en la etapa 214. Si la cantidad de agua (Adición) no se debe añadir de forma automática, el procedimiento se prosigue en la etapa 216.

25 En la etapa 216, el módulo de tratamiento 26 espera a que se realice una validación manual, por ejemplo por el conductor del camión torno, por medio de la interfaz 28. Cuando es realizada la validación manual, el procedimiento se prosigue en la etapa 214. Si, en la etapa 216, la validación manual no se realiza, el procedimiento vuelve a la etapa 200.

30 En la etapa 214, la cantidad de agua (Adición) es añadida en el depósito 12. Esto se puede realizar por el control de la válvula 40 por el módulo de tratamiento 26. El procedimiento se prosigue en la etapa 218.

35 En la etapa 218, el procedimiento espera durante una duración determinada, por ejemplo 5 minutos, para que el agua añadida se mezcle de forma conveniente con el hormigón, antes de volver a la etapa 200.

40 El procedimiento puede comprender además la visualización sobre la pantalla de visualización 28 de informaciones relativas al hormigón, la impresión de estas informaciones sobre un soporte o el almacenamiento de estas informaciones en una memoria. Estas informaciones pueden comprender el parámetro de trabajabilidad determinado en la etapa 200, la cantidad de agua y/o de adyuvante añadido al hormigón en la etapa 214 o la formulación del hormigón modificada después de la adición del agua y/o el adyuvante.

45 El procedimiento de control según la invención realizado por el módulo de tratamiento 26 se puede realizar por vía material, es decir, por un circuito electrónico dedicado. A título de variante, el procedimiento de control según la invención se puede realizar por lo menos en parte por la ejecución por el módulo de tratamiento 26 de instrucciones de un programa informático, por ejemplo almacenado en la memoria 27.

50 El procedimiento de control según la invención permite ventajosamente determinar un parámetro de trabajabilidad cuando el hormigón se encuentra en la mezcladora con eje de rotación no vertical. Permite además obtener una medición del parámetro de trabajabilidad que es más representativo del estado del hormigón que la medición que se obtendría a partir de un ensayo realizando una toma de un volumen pequeño del hormigón con respecto al volumen total contenido en la mezcladora con eje de rotación no vertical.

55 Se han descrito unos ejemplos de realización particulares de la presente invención. Diversas variantes y modificaciones aparecerán a los expertos en la técnica. En particular, aunque la presente invención se ha descrito en el caso de que el par motor se determine a partir de mediciones de presión hidráulica, es obvio que la presente invención se puede realizar en el caso de que el par motor sea medido directamente por un sensor de par, que comprende, por ejemplo, unos calibres de tensiones. Además, aunque la presente invención se ha descrito en el caso de una mezcladora con eje de rotación no vertical cuyo depósito es accionado en rotación por un motor hidráulico, se puede realizar en el caso de que el depósito sea accionado en rotación por un motor térmico o por un motor eléctrico por medio de un sistema mecánico de reducción de velocidad. El par motor se puede medir entonces por cualquier medio adaptado. En particular, cuando el depósito es accionado en rotación por un motor eléctrico, el par motor se puede determinar a partir de una medición de la corriente de alimentación del motor eléctrico.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad de un hormigón (14) contenido en el depósito (12) de una mezcladora (11) con eje de rotación no vertical, que comprende las etapas siguientes:

hacer girar el depósito a por lo menos dos velocidades de rotación diferentes;

determinar, para cada una de dichas por lo menos dos velocidades de rotación ω , a partir de una medición de un dato representativo del par de accionamiento en rotación del depósito, un par C de accionamiento en rotación del depósito;

determinar, para cada una de dichas por lo menos dos velocidades de rotación ω , un valor de tensión de cizalladura τ del hormigón y un valor de gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ del hormigón según las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \tau &= T(\omega) \cdot C \\ \dot{\gamma} &= G(\omega) \cdot \omega \end{aligned}$$

en las que T y G son unas funciones predeterminadas;

determinar una relación de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ por extrapolación y/o aproximación a partir de los valores determinados; y

proporcionar una indicación del parámetro de trabajabilidad del hormigón a partir de la relación de evolución.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende las etapas siguientes:

hacer girar el depósito (12) a una primera velocidad de rotación y determinar un primer par de accionamiento en rotación del depósito a la primera velocidad de rotación;

hacer girar el depósito a una segunda velocidad de rotación y determinar un segundo par de accionamiento en rotación del depósito a la segunda velocidad de rotación;

determinar una primera tensión de cizalladura igual al producto del primer par y del valor de la función T a la primera velocidad de rotación;

determinar un primer gradiente de velocidad igual al producto de la primera velocidad de rotación y del valor de la función G a la primera velocidad de rotación;

determinar una segunda tensión de cizalladura igual al producto del segundo par y del valor de la función T a la segunda velocidad de rotación;

determinar un segundo gradiente de velocidad igual al producto de la segunda velocidad de rotación y del valor de la función G a la segunda velocidad de rotación; y

determinar la relación de evolución de la tensión de cizalladura en función del gradiente de velocidad por extrapolación y/o aproximación a partir de las primera y segunda tensiones de cizalladura y de los primer y segundo gradientes de velocidad.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, que comprende las etapas siguientes:

hacer girar el depósito (12) a una tercera velocidad de rotación y determinar un tercer par de accionamiento en rotación del depósito a la tercera velocidad de rotación;

determinar una tercera tensión de cizalladura igual al producto del tercer par y del valor de la función T a la tercera velocidad de rotación;

determinar un tercer gradiente de velocidad igual al producto de la tercera velocidad de rotación y del valor de la función G a la tercera velocidad de rotación; y

determinar la relación de evolución de la tensión de cizalladura en función del gradiente de velocidad por extrapolación y/o aproximación, además, a partir de la tercera tensión de cizalladura y del tercer gradiente de velocidad.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el parámetro de trabajabilidad del hormigón se selecciona de entre el asentamiento, el esparcimiento, la tensión umbral, la viscosidad y el tiempo de flujo.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende la determinación de la tensión umbral del hormigón a partir de la relación de evolución y la determinación del asentamiento y/o del esparcimiento a partir de la tensión umbral.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende el ajuste en el depósito del parámetro de trabajabilidad del hormigón mediante la introducción de un compuesto en el depósito (12).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el compuesto comprende agua, un adyuvante o una mezcla de estos.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la provisión de la indicación del parámetro de trabajabilidad del hormigón comprende la visualización sobre una pantalla de visualización (28) del parámetro de trabajabilidad, la impresión del parámetro de trabajabilidad sobre un soporte y/o el almacenamiento de un dato representativo del parámetro de trabajabilidad en una memoria.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el depósito (12) es accionado en rotación por un motor hidráulico (16) que comprende una entrada de recepción de un fluido hidráulico y una salida de descarga del fluido hidráulico, determinándose el par a partir de una primera diferencia de presiones igual a la diferencia entre la presión hidráulica medida a la entrada del motor hidráulico y la presión hidráulica medida a la salida del motor hidráulico.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que a la primera diferencia de presiones se le resta una segunda diferencia de presiones igual a la diferencia entre la presión hidráulica a la entrada del motor hidráulico (16) y la presión hidráulica a la salida del motor hidráulico en ausencia de hormigón en el depósito (12) a la velocidad de rotación de la medición.
11. Procedimiento según la reivindicación 9 o 10, en el que la presión hidráulica medida a la entrada o a la salida del motor hidráulico (16) es igual a la media de un número de valores de presión muestreados, siendo dicho número inversamente proporcional a la velocidad de rotación del depósito (12).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que durante el muestreo de los valores de presión utilizados para obtener la presión hidráulica medida a la entrada o a la salida del motor hidráulico (16), las variaciones de la velocidad de rotación del depósito (12) son inferiores a un umbral.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que las funciones G y T se obtienen determinando:
- para cada hormigón de una pluralidad de hormigones diferentes, una curva de evolución del par de accionamiento del depósito (12) que contiene dicho hormigón en función de la velocidad de rotación del depósito;
- para cada hormigón de la pluralidad de hormigones diferentes, una curva de evolución de la tensión de cizalladura del hormigón en función del gradiente de velocidad del hormigón por medio de un reómetro; y
- para cada par de hormigones de la pluralidad de hormigones diferentes, un primer punto de intersección (H_i) entre las curvas de evolución del par de accionamiento del depósito en función de la velocidad de rotación del depósito para los hormigones del par y un segundo punto de intersección (L_i) entre las curvas de evolución de la tensión de cizalladura en función del gradiente de velocidad para los hormigones del par.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que para el primer punto de intersección (H_i) y el segundo punto de intersección (L_i) de cada par de hormigones de la pluralidad de hormigones diferentes, se determina un valor G_i^{CC} de la función G y un valor T_i^{CC} de la función T según las relaciones siguientes:

$$G_i^{CC} = \dot{\gamma}_i / \omega_i$$

$$T_i^{CC} = \tau_i / C_i$$

en las que $\dot{\gamma}_i$ es el gradiente de velocidad en el segundo punto de intersección, τ_i es la tensión de cizalladura del hormigón en el segundo punto de intersección, C_i es el par de accionamiento en el primer punto de intersección y ω_i es la velocidad de rotación en el primer punto de intersección.

15. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que para el primer punto de intersección (H_i) y el segundo punto de intersección (L_i) de cada par de hormigones de la pluralidad de hormigones diferentes, se determina un valor G_i^{Alt} de la función G y un valor T_i^{Alt} de la función T según las relaciones siguientes:

5

$$G_i^{Alt} = \sqrt{\frac{C_i}{V \cdot \eta_i \cdot \omega_i}}$$

$$T_i^{Alt} = \frac{l}{G_i^{Alt} \cdot V}$$

10 en las que V es el volumen del hormigón (14) en el depósito (12), η_i es la viscosidad aparente del hormigón igual a la relación entre la tensión de cizalladura del hormigón en el segundo punto de intersección (L_i) y el gradiente de velocidad en el segundo punto de intersección, C_i es el par de accionamiento en el primer punto de intersección (H_i) y ω_i es la velocidad de rotación en el primer punto de intersección.

15 16. Dispositivo de memoria en el que se almacena un programa informático para la realización del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

17. Dispositivo (10) de control de por lo menos un parámetro de trabajabilidad de un hormigón, que comprende:

20 una mezcladora con eje de rotación no vertical (11) que comprende un depósito (12) que contiene el hormigón (14);

un sistema de accionamiento (16, 18) en rotación del depósito adaptado para hacer girar el depósito a por lo menos dos velocidades de rotación diferentes;

25

un primer sensor (30, 32) de medición de un dato representativo del par de accionamiento en rotación del depósito;

un segundo sensor (34, 35) de medición de un dato representativo de la velocidad de rotación del depósito; y

30

un módulo de tratamiento (26) unido al sistema de accionamiento y a los primer y segundo sensores y configurado para

determinar, para cada una de dichas por lo menos dos velocidades de rotación ω, a partir del dato representativo del par de accionamiento en rotación del depósito, un par de accionamiento C en rotación del depósito, y determinar, para cada una de dichas por lo menos dos velocidades de rotación ω, un valor de tensión de cizalladura τ del hormigón y un valor de gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ del hormigón según las relaciones siguientes:

35

$$\tau = T(\omega) \cdot C$$

$$\dot{\gamma} = G(\omega) \cdot \omega$$

40

en las que T y G son unas funciones predeterminadas;

determinar una relación de evolución de la tensión de cizalladura τ en función del gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$ por extrapolación y/o aproximación a partir de los valores determinados; y

45

proporcionar una indicación del parámetro de trabajabilidad del hormigón a partir de la relación de evolución.

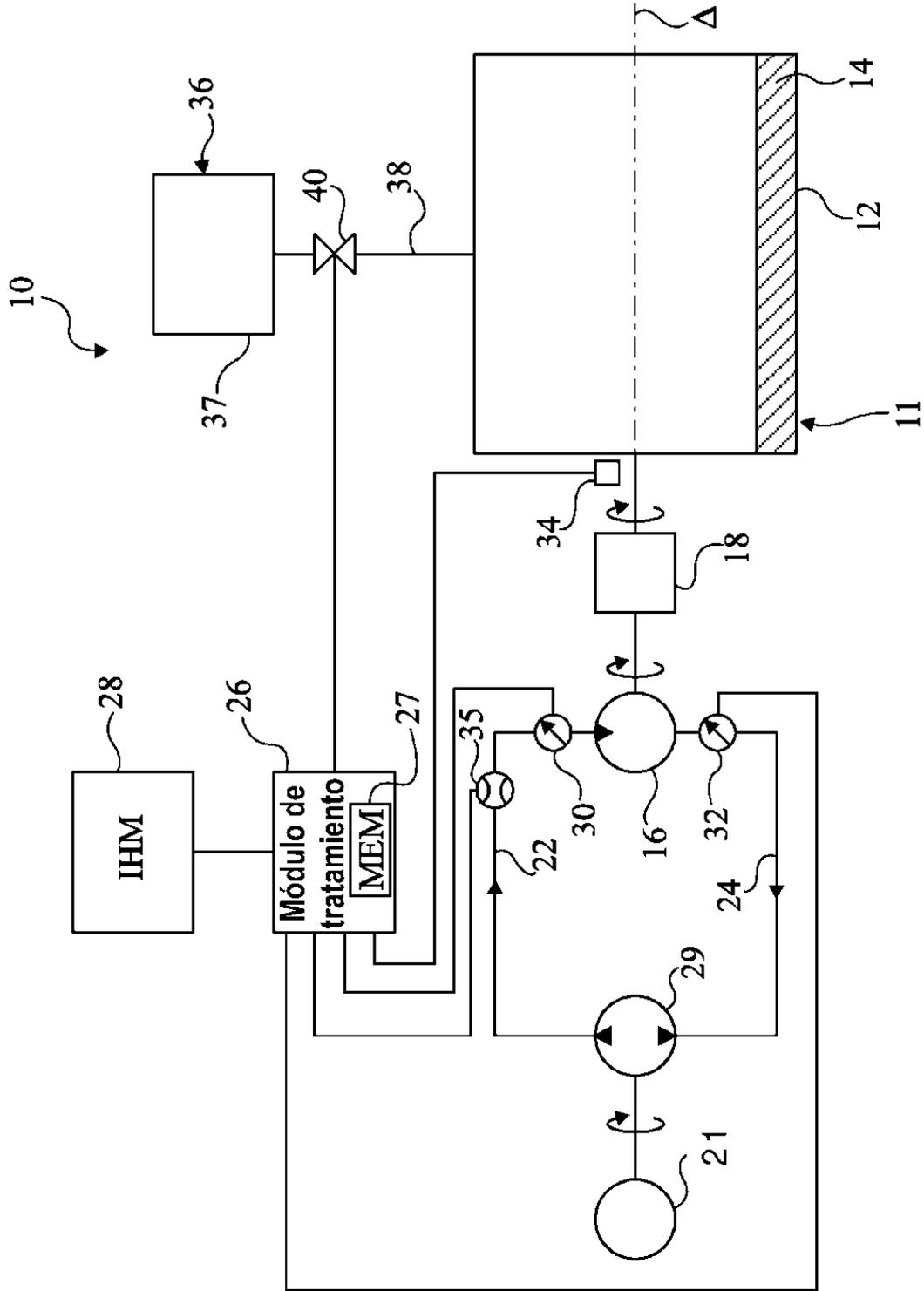


Fig 1

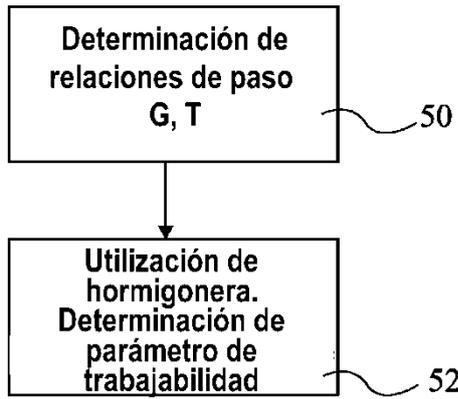


Fig 2

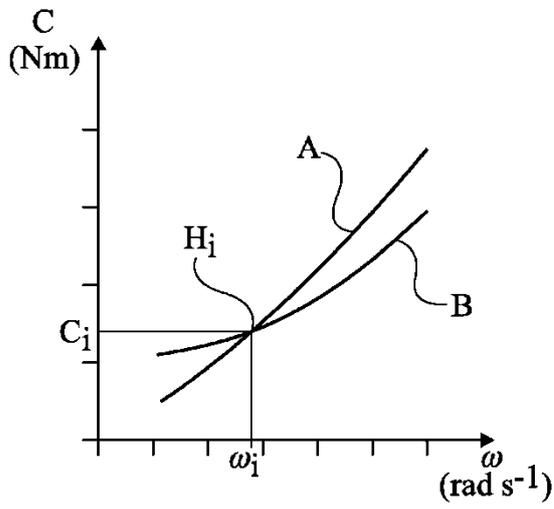


Fig 3

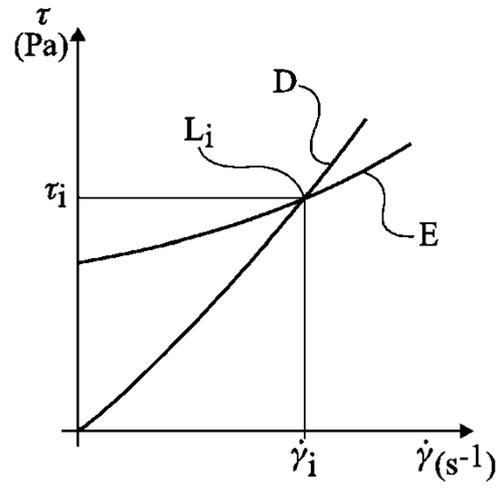


Fig 4

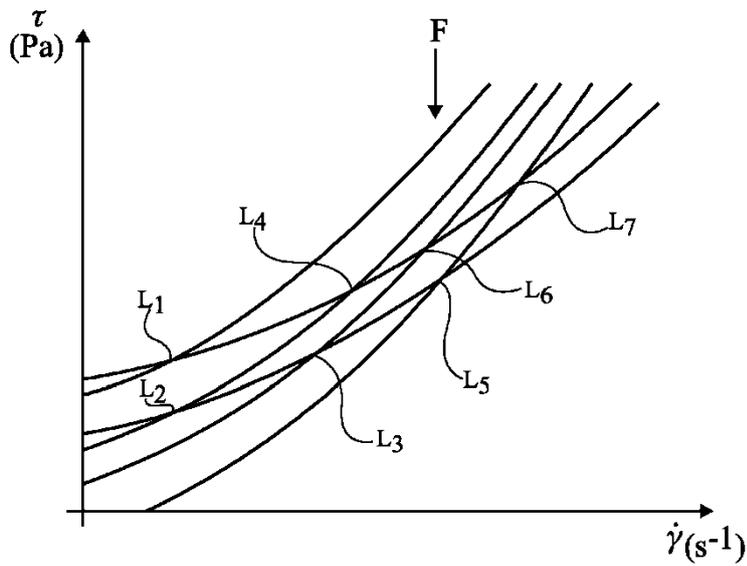


Fig 5

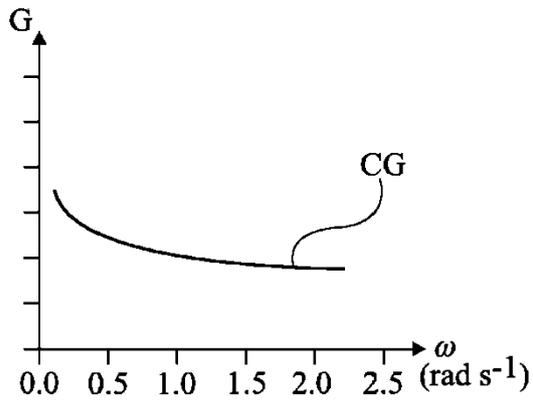


Fig 6

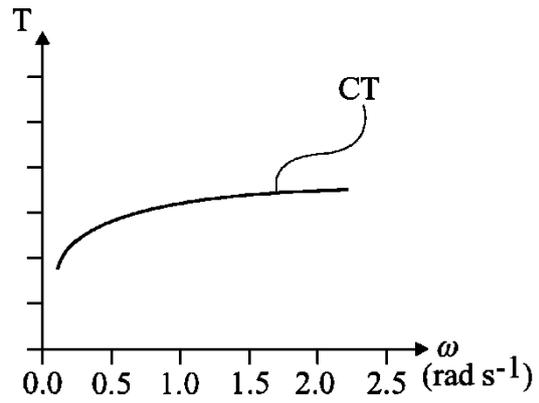


Fig 7

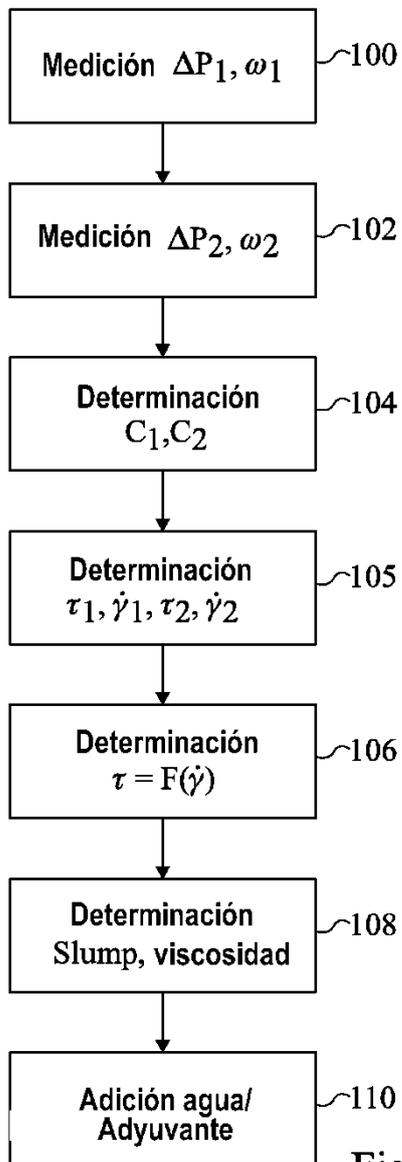


Fig 8

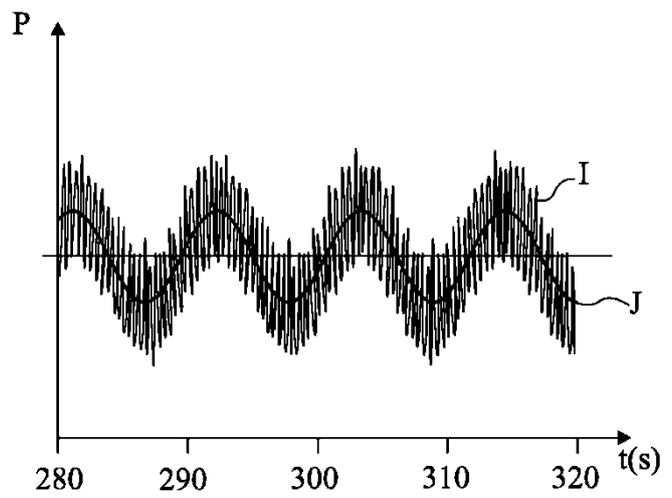


Fig 9

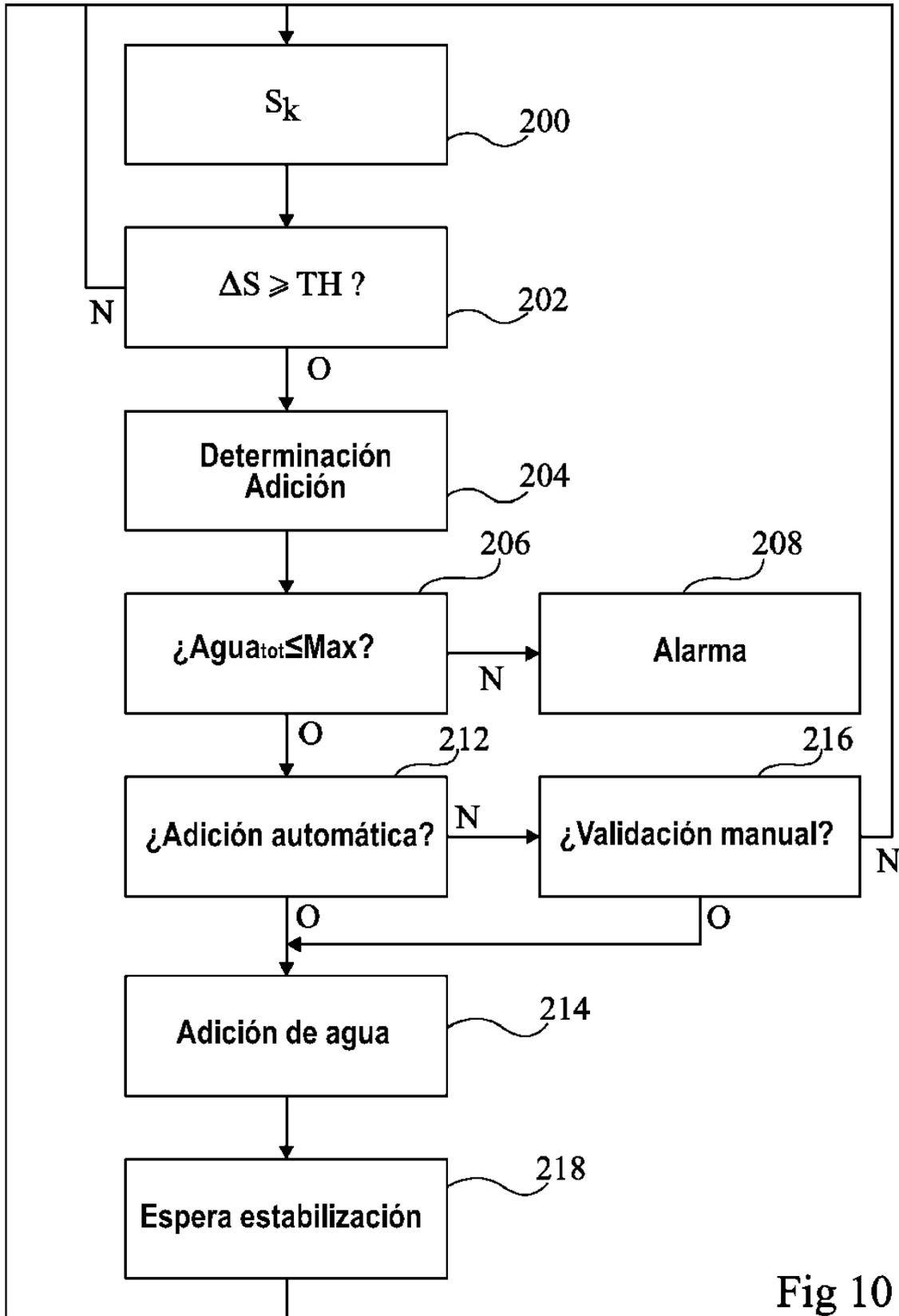


Fig 10