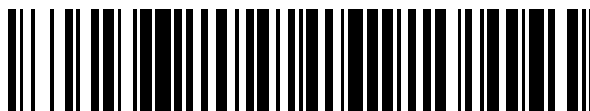


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 158**

51 Int. Cl.:

**G01N 33/38** (2006.01)

**B28C 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2010 PCT/US2010/028207**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2010 WO10111204**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2010 E 10756680 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2411803**

54 Título: **Análisis de forma de onda de mezcladora para monitorizar y controlar hormigón**

30 Prioridad:

**27.03.2009 US 164174 P**

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

**24.07.2017**

73 Titular/es:

**VERIFI LLC (100.0%)  
62 Whittemore Avenue  
Cambridge, MA 02140, US**

72 Inventor/es:

**KOEHLER, ERIC;  
VERDINO, STEVE y  
CULLEY, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 626 158 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**

Análisis de forma de onda de mezcladora para monitorizar y controlar hormigón

**5 Campo de la invención**

La presente invención se relaciona con la fabricación de hormigón y, más especialmente, con un método para monitorizar y obtener información sobre la cantidad y/o características de un material cementoso en un tambor mezclador analizando la forma de onda de energía (por ejemplo, la presión hidráulica) y, más preferentemente, convertir la forma de onda de dominio de tiempo en un espectro de dominio de frecuencia, por lo que puede obtenerse y evaluarse información adicional.

**Antecedentes de la invención**

Se sabe cómo monitorizar y controlar el "asentamiento", o propiedad de fluidez, del hormigón en camiones de suministro de mezcla lista usando sensores para monitorizar la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador (por ejemplo, el documento US 4.008.093) y/o el par aplicado al tambor por la presión hidráulica (por ejemplo, el documento US 5.713.633). Cuanto mayor sea el amperaje o la presión hidráulica necesaria para girar el tambor a una velocidad dada, más rígida o menos fluida (menos asentada) será la mezcla de hormigón.

Los sistemas de control automatizados permiten el transporte de hormigón en camiones mezcladores a lo largo de distancias más largas, permitiendo el ajuste del asentamiento en tránsito a través de la adición de agua u otros líquidos. Puede usarse un sensor hidráulico acoplado a la unidad hidráulica y/o un sensor de velocidad de rotación conectado al tambor con fines de monitorización. Dichos sensores pueden conectarse de manera inalámbrica a una unidad de procesamiento informático y a un sistema de comunicación inalámbrica para permitir que se realicen modificaciones durante el funcionamiento. Véase, por ejemplo, el documento de Estados Unidos número de serie 10/599130 (publicación n.º 2007/0185636 A1).

La monitorización del asentamiento del hormigón implica calibrar los outputs o valores obtenidos del sensor hidráulico y/o del sensor eléctrico en un camión mezclador, y la correlación de éstos con los valores de asentamiento obtenidos usando un ensayo de cono de asentamiento estándar. En el ensayo de cono de asentamiento estándar, se elimina un cono truncado de 30,48 cm (12 pulgadas) que contiene hormigón fresco para permitir que el hormigón caiga y se mide la caída de altura vertical del hormigón (ASTM C143-05). El hormigón que tiene esta propiedad de asentamiento conocida se añade, a continuación, a una hormigonera rotatoria de manera que un valor hidráulico o eléctrico, obtenido como un output del sensor, puede almacenarse en una localización de memoria y, posteriormente, correlacionarse por una unidad de procesamiento informático. Durante el suministro del hormigón a un cliente, el hormigón se endurece a lo largo del tiempo como resultado de la hidratación, la evaporación y otros factores, y los sensores detectan esto como un aumento de la energía hidráulica o eléctrica requerida para girar el tambor mezclador. La unidad de procesamiento informático de a bordo compara el valor de energía detectado obtenido del sensor o sensores y lo compara con un valor o intervalo de valores almacenado en una memoria accesible por ordenador. Si los sensores y la unidad de procesamiento informático (CPU) detectan que el hormigón comienza a endurecerse, la CPU puede, a continuación, accionarse para activar los dispositivos de medición o de bombeo para inyectar agua u otro líquido (por ejemplo, un dispersante químico) en el hormigón para restablecer el asentamiento en el valor deseado.

Hay otros métodos disponibles para medir manualmente la operabilidad (que se define como la facilidad y homogeneidad con la que el hormigón puede mezclarse, colocarse, consolidarse y finalizarse). Por ejemplo, en el ensayo de mesa de flujo (EN 12350-5), el hormigón se introduce en un cono que se coloca sobre una mesa móvil. La mesa consiste en una placa plana que está articulada en un extremo, de tal manera que el otro extremo puede levantarse y dejarse caer una distancia fija. Después de retirar el cono, la placa se levanta y se deja caer un cierto número de veces y se mide el flujo horizontal del hormigón. Para mezclas de hormigón altamente fluidas, tal como el hormigón auto-consolidante, se usa el ensayo de flujo de asentamiento (ASTM C 1611-05). En este ensayo, el hormigón se coloca en un cono de asentamiento estándar, se retira el cono y se mide la dispersión horizontal en lugar de la caída vertical.

Los presentes inventores creen que un problema importante de la actual información de monitorización de asentamiento es que dicho equipo solo proporciona información sobre el asentamiento. Debe conocerse información adicional sobre la cantidad y las propiedades del hormigón en el tambor, así como las características del propio tambor, con el fin de monitorizar y controlar las propiedades del hormigón de manera más completa y eficaz.

Los presentes inventores también creen que un problema importante del actual equipo de monitorización de asentamiento es determinar cuándo se completa la mezcla de componentes para producir una mezcla uniforme. Cuando los ingredientes se añaden inicialmente a una mezcladora, la energía para hacer rotar el tambor aumenta a medida que los ingredientes se combinan y, a continuación, disminuye a medida que la mezcla progresa y el hormigón se hace más fluido. En la práctica actual, el número de revoluciones del tambor se fija para garantizar una mezcla completa. Si este número es mayor que el realmente necesario para lograr una mezcla completa, se

desperdicia energía y tiempo innecesariamente. Si este número es menor que el realmente necesario para lograr la mezcla completa, el material sin mezclar puede descargarse del tambor prematuramente. Sería deseable tener un método para monitorizar la finalización de la mezcla.

5 Por lo tanto, se necesitan un método y un sistema nuevos para monitorizar y ajustar las propiedades reológicas del hormigón en los tambores mezcladores.

Sofiane Amziane et al; 30 de septiembre de 2006: NISTIR 7333 divulga la viabilidad del uso de un camión mezclador de hormigón como un reómetro.

10 El documento US 5 713 663 divulga un método y un aparato para mezclar hormigón en un dispositivo mezclador de hormigón para un asentamiento especificado.

**Sumario de la invención**

15 De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de mezcla y un método para mezclar material cementoso como se define en las reivindicaciones independientes 1 y 6.

20 La presente invención proporciona un método y un sistema para monitorizar y controlar las propiedades reológicas y otras características de un material cementoso que se mezcla en un tambor mezclador rotatorio. Mientras que los métodos de la técnica anterior han analizado una sola presión hidráulica, medida instantáneamente o promediada a partir de mediciones a lo largo del tiempo, para calcular el asentamiento o la consistencia, la presente invención implica la consideración y el análisis de las variaciones en la energía medida (por ejemplo, la presión hidráulica) además de la energía promedio para obtener información adicional sobre el material cementoso, tal como la extensión de la mezcla, la velocidad del tambor de rotación o la cantidad de material. En otras realizaciones a modo de ejemplo, esta información de dominio de tiempo se convierte en el dominio de frecuencia, tal como usando la transformada rápida de Fourier (FFT), la transformada discreta de Fourier (DFT), o variaciones de las mismas. Comparando los datos de forma de onda (dominio de tiempo) o de forma de onda convertidos (por ejemplo, FFT) obtenidos a partir de una mezcla cementosa dada, y comparando los valores almacenados, puede obtenerse la cantidad y las características del material y puede ajustarse la reología y otras propiedades a través de la adición de líquidos u otros componentes.

35 Por lo tanto, un método a modo de ejemplo de la presente invención para mezclar un material cementoso comprende: proporcionar un tambor mezclador que tiene una pared de tambor interior y al menos una pala mezcladora montada en la pared de tambor interior, conteniendo el tambor mezclador unos componentes para fabricar un material cementoso hidratable; hacer rotar dicho tambor mezclador a una velocidad constante  $S^{C1}$  en el intervalo de 1-25 revoluciones por minuto; proporcionar una secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador, monitorizándose dicha secuencia de valores a una frecuencia de al menos 10 veces la velocidad constante  $S^{C1}$ ; comparar la secuencia de valores proporcionada con una secuencia de valores almacenados previamente en la localización de almacenamiento de memoria de datos; y ajustar la reología u otra propiedad del material cementoso contenido en dicho tambor mezclador introduciendo un líquido u otro componente de material cementoso en el tambor mezclador.

45 En los métodos preferidos, es la presión hidráulica la que se monitoriza a lo largo del tiempo, y la secuencia de valores obtenida que corresponde a la presión hidráulica se almacena en una localización de almacenamiento de memoria de datos accesible por ordenador, de manera que puede visualizarse en un monitor o imprimirse en papel, y también de manera que puede compararse con una secuencia de valores previamente almacenada tomada de una muestra cementosa de control.

50 En los métodos y sistemas preferidos, la secuencia de valores, que puede representarse gráficamente en términos de energía (por ejemplo, presión hidráulica) en el dominio de tiempo, se convierte en el dominio de frecuencia usando un algoritmo de transformada rápida de Fourier (FFT), de tal manera que los datos pueden analizarse en términos de componentes de frecuencia. En consecuencia, la reología del material cementoso puede monitorizarse sobre la base de los datos FFT previamente almacenados. Por ejemplo, si los datos indican que el material cementoso se está endureciendo, esto podría determinarse rápidamente midiendo los cambios en la amplitud pico y el desplazamiento de fase en el dominio de frecuencia, de tal manera que la reología u otra propiedad del material cementoso puede ajustarse rápidamente introduciendo líquido (por ejemplo, agua, aditivos químicos, o ambos) en el tambor mezclador.

60 Por lo tanto, un método preferido de la invención comprende: hacer rotar un tambor mezclador que contiene una mezcla cementosa a una velocidad constante en el intervalo de 1-25 revoluciones por minuto; proporcionar una secuencia de valores de dominio de tiempo correspondiente a la cantidad de energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador, convertir la secuencia de valores de dominio de tiempo en valores de dominio de frecuencia, comparar los valores de dominio de frecuencia con valores de dominio de frecuencia almacenados; e introducir un líquido en el tambor mezclador, basándose en los valores comparados.

65

Los valores u outputs eléctricos procedentes de un sensor correspondientes a la cantidad de energía eléctrica o, más preferentemente, correspondientes a la cantidad de presión hidráulica requerida para girar el tambor pueden almacenarse en una localización de memoria accesible por ordenador y pueden visualizarse gráficamente como una forma de onda periódica. La secuencia de valores de energía a lo largo del tiempo debe basarse en una frecuencia de muestreo de al menos 10 veces por revolución del tambor mezclador rotatorio, o incluso más si se desea una mayor precisión. Preferentemente, el tambor mezclador tendrá al menos una o más palas mezcladoras internas para permitir la representación gráfica de una forma de onda periódica que tiene dos o más picos por periodo en el dominio de tiempo. Por lo tanto, en las realizaciones preferidas de la invención, estos valores de forma de onda pueden convertirse en el dominio de frecuencia, tal como mediante una conversión usando la transformada rápida de Fourier (FFT) y/o la transformada discreta de Fourier (DFT). El análisis de los datos de dominio de tiempo o de dominio de frecuencia, o de ambos, puede permitir el análisis de uno o más parámetros de mezcla de materiales cementosos físicos seleccionados del grupo que consiste en (a) el peso de la carga, (b) el volumen de la carga, (c) la densidad del hormigón, (d) el contenido de aire del hormigón, (e) el asentamiento del hormigón, (f) el flujo de asentamiento del hormigón, (g) el valor de la mesa de flujo de hormigón, (h) la reología del hormigón (por ejemplo, el límite elástico, la viscosidad, la tixotropía), (i) la segregación de los componentes del hormigón, (j) el fraguado del hormigón, (k) la inclinación del tambor mezclador, (l) el tamaño y la configuración de la estructura interna del tambor; y (m) la acumulación de hormigón en el tambor. Además, el análisis de los datos de dominio de tiempo o de dominio de frecuencia puede usarse para determinar el progreso de la mezcla.

Por ejemplo, puede introducirse un líquido (por ejemplo, agua, aditivos químicos, o ambos) en el tambor mezclador basándose en un análisis de los datos de dominio de frecuencia. El uso de un algoritmo de transformación tal como la FFT o la transformada discreta de Fourier (DFT) es una manera eficiente de descomponer o de convertir de otro modo una secuencia de valores de energía hidráulica en componentes de diferentes frecuencias analizadas en el dominio de frecuencia, de tal manera que uno o más de los parámetros físicos del hormigón, como se ha mencionado anteriormente, pueden monitorizarse, analizarse y, si fuera necesario, ajustarse introduciendo un líquido u otro componente cementoso en el tambor mezclador.

La invención proporciona también un sistema de mezcla que comprende: un tambor mezclador que tiene una pared de tambor interior y al menos una pala mezcladora montada en dicha pared de tambor interior, conteniendo dicho tambor mezclador unos componentes para fabricar un material cementoso hidratable; una unidad de presión hidráulica operativa para hacer rotar dicho tambor mezclador a una velocidad constante  $S^{C1}$  en el intervalo de 1-25 revoluciones por minuto; un sensor operativo para proporcionar una secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador; una unidad de procesamiento informático para monitorizar los valores proporcionados por el sensor de presión hidráulica correspondientes a la cantidad de presión hidráulica requerida por la unidad hidráulica; una localización de almacenamiento de memoria de datos para almacenar un primer conjunto de datos correspondiente a la primera secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador que contiene un primer material cementoso hidratable, monitorizándose dicha primera secuencia de valores a una frecuencia de al menos 10 veces la velocidad constante  $S^{C1}$ ; estando dicha unidad de procesamiento informático operativa, además, para recibir una segunda secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador que contiene un segundo material cementoso hidratable, monitorizándose dicha segunda secuencia de valores a una frecuencia de al menos 10 veces la velocidad constante  $S^{C1}$ ; estando dicha unidad de procesamiento informático operativa, además, para comparar dicha segunda secuencia de valores con dicha primera secuencia de valores, y ajustar la reología u otra propiedad de dicho segundo material cementoso hidratable introduciendo un líquido u otro componente de material cementoso en dicho tambor mezclador basándose en dicha comparación. En los sistemas de mezcla preferidos, la unidad de procesamiento informático está operativa (a) para convertir dichas secuencias de valores primera y segunda, correspondientes a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador que contiene material cementoso, en el dominio de frecuencia; (b) para comparar dichas secuencias de valores primera y segunda después de la conversión en el dominio de frecuencia, y (c) para ajustar la reología del material cementoso contenido en dicho tambor mezclador mediante la adición de líquido basándose en dicha comparación. Al usar los datos de dominio de tiempo o de dominio de frecuencia, o ambos, pueden analizarse o modificarse una o más propiedades del material cementoso (por ejemplo, el asentamiento, el flujo de asentamiento, el peso de la carga, el contenido de aire, etc.), tal como introduciendo líquido u otro componente en el material cementoso.

El método y el sistema de la invención pueden emplearse en tambores mezcladores estacionarios, tales como en una planta de amasado, o en camiones de suministro que tienen tambores mezcladores. El método de análisis también puede usarse en mezcladoras distintas de las mezcladoras de tambor, tales como las mezcladoras de un solo eje, las mezcladoras de doble eje y las mezcladoras de eje vertical. Otras ventajas y características de la invención pueden describirse en lo sucesivo en el presente documento.

### Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características de la presente invención pueden comprenderse más fácilmente cuando la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas se interpreta en relación con los dibujos adjuntos, en los que

la figura 1 es una ilustración gráfica de la presión hidráulica (es decir, la energía mostrada por las formas de onda) requerida para hacer rotar un tambor mezclador vacío;

5 la figura 2 es una ilustración gráfica de la presión hidráulica requerida para hacer rotar un tambor mezclador cargado con hormigón;

la figura 3 es una ilustración gráfica de un espectro de dominio de frecuencia del tambor mezclador vacío de la figura 1 calculado a partir del análisis de la transformada rápida de Fourier (FFT);

10 la figura 4 es una ilustración gráfica de un espectro de dominio de frecuencia del tambor mezclador cargado con hormigón de la figura 2 calculado a partir del análisis de la transformada rápida de Fourier (FFT);

15 la figura 5 es una ilustración gráfica de la presión hidráulica a lo largo del tiempo (forma de onda) durante la mezcla de un lote de hormigón;

la figura 6 es una ilustración gráfica de la amplitud frente a la frecuencia calculada usando el análisis FFT para el hormigón parcialmente mezclado de la figura 5;

20 la figura 7 es una ilustración gráfica de la amplitud frente a la frecuencia calculada usando el análisis FFT en un lote de hormigón completamente mezclado de la figura 5; y

la figura 8 es una ilustración gráfica de la relación entre la velocidad real de tambor rotatorio, medida usando un codificador, y la velocidad de tambor calculada usando un análisis FFT de la forma de onda de presión hidráulica.

25 **Descripción detallada de las realizaciones a modo de ejemplo**

El término “cementoso”, tal como se usa en el presente documento, se refiere a un material que comprende cemento portland o sustitutos de cemento portland que funcionan de uno u otro modo como un aglutinante para mantener juntos agregados finos (por ejemplo, arena), agregados gruesos (por ejemplo, piedra triturada o grava), o mezclas de los mismos.

30 Tales materiales de cemento pueden incluir además cenizas volantes, escoria de alto horno granulada, piedra caliza o puzolanas naturales, que pueden combinarse con cemento portland o usarse para reemplazar o sustituir una parte del cemento portland sin una disminución importante de las propiedades hidratables. Por otra parte, un “mortero” se refiere a un cemento o una mezcla cementosa que tiene un agregado fino tal como arena; mientras que “hormigón” se refiere más exactamente a un mortero que también contiene un agregado grueso tal como piedra triturada o grava. El uso de la expresión “material cementoso” puede usarse indistintamente con el término “hormigón”, ya que el hormigón se proporciona más habitualmente por camiones de mezcla lista que tienen tambores mezcladores rotatorios, pero el término “hormigón” tal como se usa en el presente documento no excluye necesariamente el hecho de que la presente invención puede usarse para suministrar materiales que contienen solamente cemento o sustitutos de cemento (por ejemplo, puzolanas) o morteros.

45 Los materiales cementosos considerados como “hidratables” son aquellos que se endurecen por interacción química con agua.

Los materiales cementosos pueden contener, además, aditivos químicos, tales como agentes reductores de agua o agentes reductores de agua de alto rango, agentes modificadores de la viscosidad, inhibidores de la corrosión, aditivos reductores de la contracción, aceleradores de ajuste, retardadores de ajuste, dispositivos de entrada de aire, colorantes, fibras para el control o refuerzo estructural de la contracción plástica, y similares.

50 Los camiones mezcladores de suministro de hormigón que tienen un equipo de monitorización y control de asentamiento, tales como sensores hidráulicos y/o eléctricos para medir la energía para girar el tambor mezclador, sensores de velocidad para medir la velocidad de rotación, sensores de temperatura para monitorizar la temperatura atmosférica así como la temperatura de mezcla, y un equipo de dispensación, así como las unidades de procesamiento informático para monitorizar las señales de los sensores y actuar sobre el equipo de dispensación, son en la actualidad relativamente bien conocidos en la industria. Por ejemplo, tales sistemas de control de asentamiento, que pueden usarse en asociación con sistemas de comunicación inalámbricos, se divulgan en la patente de Estados Unidos 5.713.663; la patente de Estados Unidos 6.484.079; el documento de Estados Unidos número de serie 09/845.660 (publicación n.º 2002/0015354A1); el documento de Estados Unidos número de serie 10/599.130 (publicación n.º 2007/01856A1); el documento número de serie 11/764.832 (publicación n.º 2008/0316856); y el documento número de serie 11/834.002 (publicación n.º 2009/0037026). Un sistema a modo de ejemplo adicional de monitorización y control que usa comunicaciones inalámbricas en combinación con sensores para monitorizar diversas propiedades físicas de la mezcla de hormigón se describe en la patente de Estados Unidos 6.611.755 de Coffee.

65

A la vista de las enseñanzas precedentes, los presentes inventores creen que pueden ponerse en práctica una serie de realizaciones a modo de ejemplo de la invención usando un equipo de control de mezcla de hormigón automatizado estándar. Por ejemplo, usando un equipo de monitorización de asentamiento automatizado disponible con el nombre VERIFI® de Grace Construction Products, Cambridge, Massachusetts, y RS Solutions LLC, West Chester, Ohio, podrían realizarse, con una ligera modificación de este equipo de monitorización de asentamiento disponible en el mercado, las siguientes etapas: introducir en un tambor mezclador rotatorio, que tiene al menos una y, preferentemente, dos o más palas mezcladoras montadas en la pared de tambor interior, un material cementoso; hacer rotar el tambor a una velocidad constante  $S^{C1}$  en el intervalo de 1-25 revoluciones por minuto (rpm); proporcionar una secuencia de valores correspondiente a la energía (por ejemplo, presión hidráulica (" $P^{H4}$ ") a lo largo del tiempo requerida para hacer rotar el tambor, monitorizándose dicha secuencia de valores a una frecuencia de al menos 10 veces por revolución del tambor a una velocidad constante  $S^{C1}$ ; preferentemente, almacenar estos valores en una primera localización de almacenamiento de memoria de datos accesible por ordenador; comparar las mediciones secuenciales de  $P^H$  a una velocidad constante  $S^{C1}$  a lo largo del tiempo con las mediciones secuenciales de  $P^H$  a una velocidad constante  $S^{C1}$  almacenadas previamente en otra localización de almacenamiento de memoria de datos; y ajustar la reología u otra propiedad del material cementoso introduciendo un líquido en el tambor mezclador en respuesta a esta comparación.

En otros métodos y sistemas a modo de ejemplo de la invención, la secuencia de valores, que puede representarse gráficamente en términos de energía (por ejemplo, presión hidráulica) a lo largo del tiempo en el dominio de tiempo, se convierte en el dominio de frecuencia usando algoritmos tales como la transformada rápida de Fourier (FFT), la transformada discreta de Fourier (DFT), o derivaciones de las mismas, de tal manera que los datos pueden analizarse en términos de componentes de frecuencia y las propiedades del material cementoso pueden monitorizarse y/o ajustarse basándose en los datos FFT almacenados previamente.

Los presentes inventores creen que el uso de la FFT o la transformada discreta de Fourier (DFT) o sus variaciones pueden usarse para transformar las señales del dominio de tiempo en un espectro de dominio de frecuencia aunque se basen en los datos de rotación. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 6.876.168 B1 de Jones enseñó que la velocidad de un dispositivo rotatorio, tal como un motor de CC, podría analizarse en el dominio de frecuencia empleando FFT o DFT para transformar las señales generadas por un sensor que mide las características dinámicas del motor de CC. En el presente caso, sin embargo, puede emplearse un sensor de velocidad de rotación en el propio tambor mezclador, de manera que no es necesario usar FFT o DFT para aproximarse a la velocidad de rotación, ya que esto puede determinarse directamente. En cambio, examinando los datos de forma de onda de presión hidráulica en el dominio de frecuencia, los presentes inventores creen que pueden monitorizarse, analizarse y ajustarse unos conjuntos complejos de características de mezcla de hormigón y de mezclador, incluso frente a los efectos dinámicos de la hidratación y otros factores.

Los sistemas de monitorización de asentamiento pueden calibrarse midiendo el asentamiento de una muestra de mezcla de hormigón usando un método de cono de asentamiento estándar (por ejemplo, midiendo la altura de caída vertical de la mezcla de hormigón después de retirar el cono y dejar caer la muestra) y correlacionando los valores de asentamiento con la energía requerida para hacer rotar la misma muestra de mezcla de hormigón en el tambor a una velocidad dada para un volumen dado de material de mezcla. Esta correlación también puede usarse para los fines de la presente invención, especialmente cuando los valores de la presión hidráulica se analizan en el dominio de frecuencia.

En otras realizaciones a modo de ejemplo de la invención, la monitorización de una muestra de mezcla de hormigón puede realizarse midiendo el flujo de asentamiento de una muestra de mezcla de hormigón, y esto se realiza midiendo la dispersión horizontal de la muestra de mezcla de hormigón después de retirar el cono y permitir que la muestra se disperse sobre una superficie. Por lo tanto, tales valores de flujo de asentamiento también pueden correlacionarse con la energía promedio (por ejemplo, presión hidráulica) para hacer rotar el tambor mezclador a una velocidad dada para un volumen dado de la muestra de mezcla de hormigón. El ensayo de flujo de asentamiento se administra de acuerdo con la norma ASTM C1611-05.

En otras realizaciones a modo de ejemplo de la invención más, los presentes inventores creen que los sistemas de monitorización de asentamiento también pueden calibrarse usando el ensayo de mesa de flujo (EN 12350-5) en el que el hormigón se introduce en un cono que se coloca en una mesa móvil y el cono se retira de manera que pueda medirse la dispersión horizontal de la muestra de hormigón, como se ha descrito anteriormente en los antecedentes. A continuación, los valores de mesa de flujo obtenidos pueden correlacionarse con la presión hidráulica promedio para una velocidad dada para un volumen dado de material de mezcla. Esta correlación también puede usarse para los fines de la presente invención, especialmente cuando los valores de la presión hidráulica se analizan en el dominio de frecuencia.

Por lo tanto, otros sistemas y métodos de mezcla de la invención a modo de ejemplo comprenden proporcionar una secuencia de valores correspondiente a la presión hidráulica promedio requerida para hacer rotar el tambor que contiene un volumen conocido de una mezcla de hormigón a una velocidad y un volumen dados, con los valores previamente almacenados en una localización de memoria accesible por ordenador y que corresponden a los valores estándar de cono de asentamiento (ensayo de caída vertical; véase ASTM C143-05), los valores de flujo de

asentamiento (dispersión horizontal; véase ASTM C1611-05) y/o los valores de mesa de flujo (véase EN 12350-5) obtenidos a partir de una mezcla de hormigón.

La figura 1 muestra una forma de onda de energía de dominio de tiempo típica (presión hidráulica) a lo largo del tiempo (segundos) requerida para girar un tambor mezclador de hormigón vacío. Estas formas de onda aparecen como una secuencia de curvas sinusoidales continuas. Aunque en el presente documento se menciona principalmente la presión hidráulica, puesto que la mayoría de los camiones mezcladores de suministro de hormigón emplean presión hidráulica para girar el tambor, debe entenderse que las referencias a la presión hidráulica también se aplican a o incluyen la energía eléctrica (por ejemplo, corriente, tensión o lecturas de potencia) que es de una naturaleza oscilatoria similar y tiene una amplitud que varía a lo largo del tiempo.

La figura 2 muestra una forma de onda de presión hidráulica típica para un tambor mezclador rotatorio cargado con una mezcla de hormigón. La superficie interior del tambor mezclador contenía dos palas mezcladoras unidas a la superficie interior del tambor y dispuestas en forma de espiral alrededor del eje de rotación del tambor. Los presentes inventores creen que el número de palas, dos en este caso, y las características del tambor vacío, se reflejan por el par de picos cortos y altos representados en la gráfica.

La forma de onda de presión hidráulica de un material de hormigón dado que tiene una consistencia relativamente uniforme y un asentamiento o flujo de asentamiento conocido (tal como se ha determinado por el cono de asentamiento estándar) y la cantidad conocida pueden almacenarse en una memoria accesible por ordenador como una secuencia de valores (a partir del output de un sensor de presión hidráulica) correspondiente a la cantidad de presión hidráulica requerida durante el giro del tambor mezclador en casos sucesivos durante la rotación. Después de que el tambor mezclador se haya vaciado y los componentes de otro lote de hormigón del mismo diseño (sus mismos componentes y porcentajes) se hayan colocado en el tambor, el sistema puede programarse para reconocer cuándo se han mezclado adecuadamente los componentes (cemento, agua, materiales agregados) y también puede determinar la cantidad de material cementoso que se ha colocado en el tambor, y esto puede hacerse analizando las variaciones en la presión hidráulica requerida para hacer rotar el tambor mezclador a lo largo del tiempo. Por lo tanto, puede no ser necesario calcular la energía promedio (que de otro modo requeriría un promedio de rotaciones de tambor), sino que presumiblemente se requerirán menos rotaciones para determinar cuándo se ha alcanzado una consistencia uniforme en la mezcla dada, simplemente determinando cuándo la forma de onda de presión hidráulica coincide o se aproxima lo suficiente a una muestra de control y se almacena en una localización de memoria accesible por ordenador. Además, el reconocimiento de patrones, como se expondrá adicionalmente en lo sucesivo en el presente documento, puede usarse para determinar cuándo una forma de onda se corresponde con ciertos objetivos. La forma de onda también podría transferirse al dominio de frecuencia desde el dominio de tiempo.

La figura 3 ilustra la energía de presión hidráulica en términos de análisis de la transformada rápida de Fourier (FFT) de la forma de onda de presión de tambor vacío. En otras palabras, la secuencia de lecturas de energía se convierte del dominio de tiempo al dominio de frecuencia, pudiendo la presión hidráulica representarse gráficamente en función de la frecuencia, y pudiendo los cambios en la presión hidráulica en función de la frecuencia monitorizarse a lo largo del tiempo como progresos de la mezcla, rigideces del hormigón o materiales tales como agua o aditivos químicos que se añaden al tambor. Por lo tanto, la amplitud o altura de los picos o curvas de frecuencia representan la presión hidráulica (en libras por pulgada cuadrada, o psi) reflejada en función de la frecuencia. El pico de amplitud singular significa que la mayor parte de la presión hidráulica requerida para hacer rotar el tambor vacío se produce principalmente dentro de un ancho de banda de frecuencia muy estrecho; esto es consistente con la observación de que la presión hidráulica requerida para hacer rotar un tambor vacío se representa justamente por una única curva sinusoidal, que representa la frecuencia más baja, como se sugiere en la figura 1.

En las realizaciones preferidas de la invención, los datos de forma de onda de presión hidráulica (secuencia de valores correspondiente a la presión hidráulica requerida para hacer rotar el tambor y el material cementoso) se convierten en el dominio de frecuencia, tal como usando FFT o DFT, de manera que puede analizarse adicionalmente el comportamiento armónico superior del contenido del tambor.

En otras realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, puede evaluarse la altura de los picos, así como la anchura en la base de los picos, e incluir también el área total de los picos, según se desee.

La figura 4 indica lo que sucede cuando se carga hormigón en el tambor mezclador, y la forma de onda hidráulica resultante se convierte mediante la transformada rápida de Fourier (FFT) en el dominio de frecuencia donde los componentes de frecuencia se representan en función de la frecuencia. Aunque la forma de onda para el tambor vacío muestra una amplitud pico en la frecuencia correspondiente a la velocidad de revolución del tambor, la forma de onda de energía hidráulica del tambor mezclador cargado con hormigón demuestra amplitudes pico a frecuencias más altas. Se cree que este aspecto de frecuencias más altas se genera por las palas o paletas mezcladoras montadas en la superficie de pared interior del tambor mezclador. Un tambor mezclador de camión típico incluye dos palas helicoidales o espirales iguales montadas una opuesta a otra en el interior del tambor. La forma de onda medida proporcionada por el análisis FFT es una suma de una frecuencia asociada con la rotación del propio tambor y otras frecuencias asociadas con el hormigón desplazado o cortado por las palas. Un segundo pico que aparece a una frecuencia más alta (al lado derecho del primer pico) representa una duplicación de la frecuencia de la rotación

del tambor. Este fenómeno se cree que está causado por tener dos palas mezcladoras separadas uniformemente, que están montadas en la pared interior del tambor rotatorio.

5 La figura 5 muestra la forma de onda de presión hidráulica a medida que se mezcla el hormigón amasado. Dentro de esta representación de dominio de tiempo, se observa que la forma de onda cambia gradualmente a lo largo del tiempo durante la operación de mezcla. Específicamente, la forma de onda de dominio de tiempo cambia de una curva predominantemente sinusoidal con un único pico de repetición a una curva con dos picos por rotación y con cada pico a una altura diferente. La última parte de la forma de onda se conforma como una forma de "M" o "W". Por lo tanto, los métodos y sistemas a modo de ejemplo de la invención implican el análisis de las propiedades de forma de onda de los datos correspondientes a "picos" y "valles" de las formas de onda en forma de "M" o "W" como se ilustra gráficamente en la figura 5. La apariencia de la forma de onda en forma de "M" o "W" está asociada con cierto grado de mezcla. Además, la reducción en la variación de la presión hidráulica no promediada (por ejemplo medida por la desviación estándar durante un cierto intervalo de tiempo) y la disminución y la estabilización final de la presión hidráulica promediada también están asociados con un cierto grado de mezcla. Por lo tanto, estas características de la forma de onda de presión hidráulica pueden analizarse y usarse para evaluar el progreso de la mezcla y garantizar que el hormigón se mezcle completamente. Es importante confirmar las propiedades del hormigón después y no antes de que se mezcle completamente. Además, conociendo el grado de mezcla, es posible estimar las propiedades finales del hormigón completamente mezclado. Los presentes inventores creen que los datos de presión hidráulica después de la mezcla completa pueden usarse para correlacionar con una o más propiedades físicas del material cementoso contenido en el tambor mezclador, tales como (a) el peso de la carga, (b) el volumen de la carga, (c) la densidad del hormigón, (d) el contenido de aire del hormigón, (e) el asentamiento del hormigón, (f) el flujo de asentamiento del hormigón, (g) el valor de la mesa de flujo de hormigón, (h) la reología del hormigón (por ejemplo, el límite elástico, la viscosidad, la tixotropía), (i) la segregación de los componentes del hormigón, (j) el fraguado del hormigón, (k) la inclinación del tambor mezclador, (l) el tamaño y la configuración de la estructura interna del tambor; y (m) la acumulación de hormigón en el tambor. Tales propiedades físicas o la información sobre el propio tambor mezclador podrían almacenarse en una localización de memoria de datos, visualizarse gráficamente en un monitor, o imprimirse en papel.

30 Por ejemplo, en la figura 5, entre 900-930 segundos, las variaciones entre el pico más alto y el valle más bajo (o la parte inferior de la onda) son mucho más grandes que las que aparecen entre, por ejemplo, 1020-1080 segundos, lo que sugiere que el hormigón aún no ha obtenido la uniformidad en 900 segundos. Por lo tanto, una vez que la variación entre picos disminuye, tal como se sugiere por la gráfica en 1020-1080 segundos, la forma en "M" o "W" de la forma de onda es evidente, y se estabiliza la presión hidráulica promedio, el sistema de tambor mezclador puede indicar que la mezcla está completa y puede programarse para calcular la cantidad o las propiedades del hormigón, disminuir la velocidad de rotación para ahorrar energía, permitir la descarga del hormigón completamente mezclado, o realizar más adiciones de materiales cementosos para ajustar las propiedades del hormigón.

40 En los métodos y sistemas de la invención a modo de ejemplo, esta información puede visualizarse gráficamente en un monitor, de manera que es posible que el operario empiece la mezcla de los componentes un cierto tiempo antes del vertido (en el sitio de entrega), y las formas de onda pueden compararse con las formas de onda almacenadas de manera que el operario puede determinar visualmente cuándo se ha alcanzado la uniformidad de la mezcla de hormigón. Como alternativa, puede analizarse la forma de onda para determinar el estado de la mezcla (por ejemplo, parcialmente mezclado, completamente mezclado, o el tiempo estimado para el hormigón completamente mezclado) y este estado puede visualizarse gráficamente en un monitor de manera que el operario puede determinar visualmente cuándo se ha alcanzado la uniformidad de la mezcla de hormigón.

50 Los presentes inventores creen que los patrones de forma de onda en la secuencia de datos de presión hidráulica pueden correlacionarse con uno o más parámetros del material cementoso, y verificarse o visualmente en un monitor o programando un procesador informático para comparar los datos almacenados con los datos obtenidos durante el suministro de hormigón y/o el proceso de vertido.

55 Por ejemplo, un peso de la carga conocido puede correlacionarse con una altura pico específica en un tiempo dado y almacenarse en la localización de memoria accesible por ordenador, de tal manera que para las cargas de hormigón posteriores que tengan los mismos componentes, formulación y velocidad de rotación, el peso de la carga podrá detectarse automáticamente en función de la amplitud pico. Un pico de la misma altura que la registrada previamente significaría que la carga de hormigón tenía el mismo peso (cuando se ha registrado por el sensor de presión al mismo tiempo y velocidad de rotación de tambor); mientras que un pico que tenía la mitad de la altura podría significar que la carga era de un peso un tanto menor.

60 De manera similar, los presentes inventores creen que otras partes de la forma de onda, o ciertos patrones de las formas de onda a lo largo del tiempo, pueden usarse para analizar otros parámetros (o características físicas) del material cementoso, tales como el asentamiento y el flujo de asentamiento. Por ejemplo, sería esperable que un hormigón que tiene un asentamiento bajo requiriera más energía para girar el tambor y fuera menos susceptible a fluir a lo largo de las aletas montadas dentro del tambor, de tal manera que la forma de la forma de onda durante la transición entre un pico más alto y un valle más bajo dentro de un ciclo de rotación del tambor mezclador iría acompañada de una gran cantidad de actividad energética "de punta". Esto se ve claramente cuando se compara la



forma de las formas de onda en el intervalo de 900-930 segundos con la forma de las formas de onda en el intervalo de 1050-1080 segundos, como se ilustra gráficamente en la figura 5. Las formas de onda observadas en el intervalo de 900-930 demuestran un alto grado de oscilación, lo que sugiere que el hormigón ha fluido menos a lo largo de las palas mezcladoras rotatorias; mientras que la transición más suave entre la amplitud pico y los valles sugiere que el hormigón ha fluido de manera relativamente más fácil a lo largo de las palas mezcladoras rotatorias en el intervalo de 1050-1080 segundos.

Por otro lado, cuando la secuencia de valores de energía hidráulica se convierte en el dominio de frecuencia usando FFT, comienza a aparecer otra información valiosa.

La figura 6 es una representación gráfica en el dominio de frecuencia después de que los valores de energía hidráulica se conviertan usando FFT en el dominio de frecuencia donde aparecen tanto un primer pico con una frecuencia de 0,156 Hz como un segundo pico con una frecuencia de 0,430 Hz. A lo largo del tiempo, a medida que progresa la mezcla, la figura 7 indica que disminuye la amplitud del primer pico y que aumenta la amplitud del segundo pico. Los presentes inventores creen que este cambio de amplitud y de fase de los diferentes armónicos y subarmónicos puede usarse para monitorizar el efecto de las diferentes propiedades físicas de la mezcla cementosa en el tambor rotatorio. En este caso, el hormigón parcialmente mezclado es un material rígido y granular que no fluye a lo largo de las palas en el interior de la mezcladora. A medida que progresa la mezcla y los ingredientes amasados en la mezcladora se hacen homogéneos y realizan una transición de un material a granel granular a un material a granel fluido, el hormigón comienza a fluir a lo largo de las palas en el interior de la mezcladora. Los inventores creen que la acción del hormigón fluido que fluye a lo largo de las palas está asociada con la aparición de las amplitudes pico a diferentes frecuencias. Además, las frecuencias asociadas con cada pico se convierten en armónicas o subarmónicas, es decir, cada una es un múltiplo de la otra. Por lo tanto, la aparición y la estabilización de este segundo pico a una frecuencia diferente están asociadas con el progreso de la mezcla.

La figura 8 indica la relación entre la velocidad real del tambor, medida con un codificador, y la velocidad del tambor calculada en función del análisis FFT de la forma de onda de presión hidráulica. La frecuencia asociada con el primer pico de amplitud determinada a partir de la FFT, cuando se convierte de Hz a revoluciones por minuto, fue igual a la velocidad del tambor. La frecuencia asociada con el segundo pico de amplitud fue igual al doble de la velocidad del tambor. La frecuencia asociada con el segundo pico de amplitud es el doble de la velocidad del tambor debido a que se cree que está asociada con la acción concreta sobre las palas en el tambor. La presencia de dos palas en el tambor da como resultado una frecuencia asociada con dos veces la velocidad del tambor. El uso de datos FFT evita la necesidad del codificador.

La transformada rápida de Fourier es un algoritmo que permite el cálculo de la transformada discreta de Fourier, que convierte los datos de dominio de tiempo en datos de dominio de frecuencia. De hecho, existen múltiples algoritmos FFT disponibles. La FFT puede usarse para notificar la frecuencia, amplitud, fase, espectro de potencia, y densidad de espectro de potencia o componentes reales e imaginarios.

Los principios, realizaciones preferidas, y modos de funcionamiento de la presente invención se han descrito en la memoria descriptiva anterior. La invención que se pretende proteger en el presente documento, sin embargo, no debe interpretarse como limitada a las formas específicas divulgadas, ya que éstas deben considerarse como ilustrativas en lugar de restrictivas. Los expertos en la materia pueden hacer variaciones y cambios sin alejarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de mezcla que comprende:

5 un tambor mezclador que tiene una pared de tambor interior y al menos una pala mezcladora montada en dicha pared de tambor interior, conteniendo dicho tambor mezclador unos componentes para fabricar un material cementoso hidratable;  
 una unidad de presión hidráulica operativa para hacer rotar dicho tambor mezclador a una velocidad constante  $S^{C1}$  en el intervalo de 1-25 revoluciones por minuto;  
 10 un sensor operativo para proporcionar una secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador;  
 una unidad de procesamiento informático para monitorizar los valores proporcionados por el sensor de presión hidráulica correspondientes a la cantidad de presión hidráulica requerida por la unidad hidráulica;  
 15 una localización de almacenamiento de memoria de datos para almacenar un primer conjunto de datos correspondiente a la primera secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador que contiene un primer material cementoso hidratable, monitorizándose dicha primera secuencia de valores a una frecuencia de al menos 10 veces la velocidad constante  $S^{C1}$ ;  
 estando dicha unidad de procesamiento informático operativa, además, para recibir una segunda secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador que  
 20 contiene un segundo material cementoso hidratable, monitorizándose dicha segunda secuencia de valores a una frecuencia de al menos 10 veces la velocidad constante  $S^{C1}$ ;  
 estando dicha unidad de procesamiento informático operativa, además, para comparar dicha segunda secuencia de valores con dicha primera secuencia de valores como una forma de onda, o como datos de forma de onda convertidos, y ajustar la reología u otra propiedad de dicho segundo material cementoso hidratable introduciendo  
 25 un líquido u otro componente de material cementoso en dicho tambor mezclador basándose en dicha comparación.

2. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, donde dicha unidad de procesamiento informático está operativa (a) para convertir dichas secuencias de valores primera y segunda, correspondientes a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador que contiene material cementoso, en el dominio de frecuencia; (b) para comparar dichas secuencias de valores primera y segunda después de la conversión en el dominio de frecuencia, y (c) para ajustar la reología del material cementoso contenido en dicho tambor mezclador mediante la adición de líquido basándose en dicha comparación.

3. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, donde la segunda secuencia de valores se correlaciona con al menos uno de los parámetros de mezcla de material cementoso seleccionado de entre (a) el peso de la carga, (b) el volumen de la carga, (c) la densidad del hormigón, (d) el contenido de aire del hormigón, (e) el asentamiento del hormigón, (f) el flujo de asentamiento del hormigón, (g) el valor de la mesa de flujo de hormigón, (h) la reología del hormigón (por ejemplo, el límite elástico, la viscosidad, la tixotropía), (i) la segregación de los componentes del hormigón, (j) el fraguado del hormigón, (k) la inclinación del tambor mezclador, (l) el tamaño y la configuración de la estructura interna del tambor; y (m) la acumulación de hormigón en el tambor.

4. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, donde la unidad de procesamiento informático puede hacerse funcionar, además, para comparar, implicando los valores correspondientes a las características de forma de onda de dominio de tiempo en forma de "M" o "W", la variación en la presión hidráulica no promediada, la estabilización de la presión hidráulica dispuesta, o una combinación de los mismos, cuando los datos de presión hidráulica se representan gráficamente en función del tiempo o de la frecuencia.

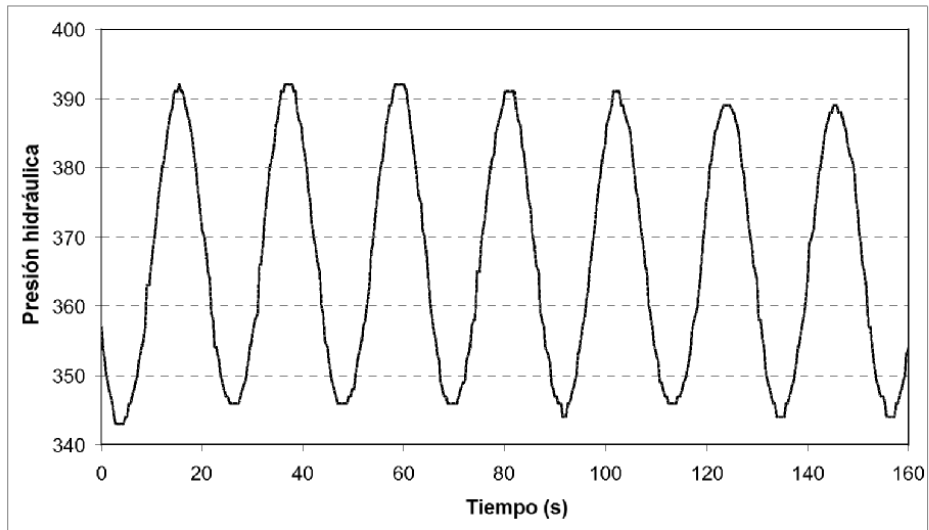
5. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, donde la unidad de procesamiento informático puede hacerse funcionar para comparar, mediante una medición, los cambios en la amplitud pico y el desplazamiento de fase en el dominio de frecuencia.

6. Un método para mezclar un material cementoso, que comprende:

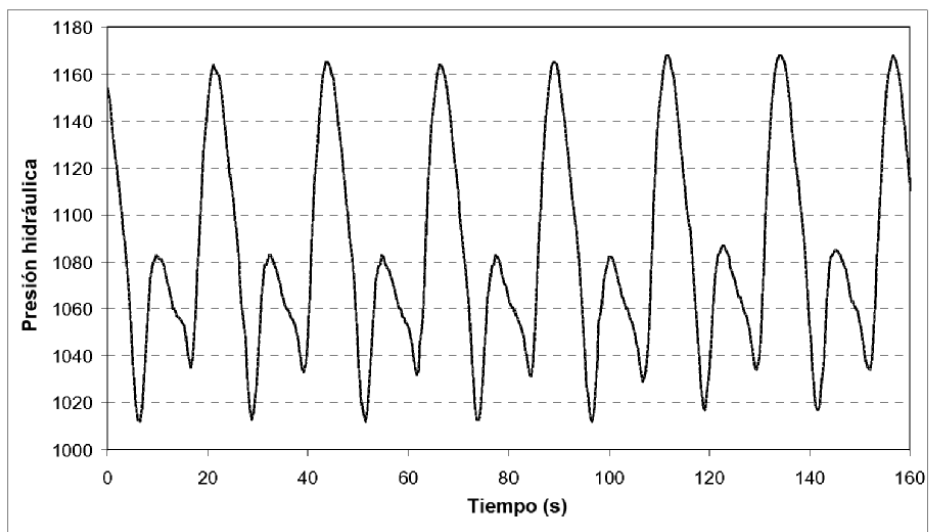
55 proporcionar un tambor mezclador que tiene una pared de tambor interior y al menos una pala mezcladora montada en dicha pared de tambor interior, conteniendo dicho tambor mezclador unos componentes para fabricar un material cementoso hidratable;  
 hacer rotar dicho tambor mezclador a una velocidad constante  $S^{C1}$  en el intervalo de 1-25 revoluciones por minuto;  
 60 proporcionar una secuencia de valores a lo largo del tiempo correspondiente a la energía requerida para hacer rotar el tambor mezclador, monitorizándose dicha secuencia de valores a una frecuencia de al menos 10 veces la velocidad constante  $S^{C1}$ ;  
 comparar la secuencia de valores proporcionada con una secuencia de valores almacenados previamente en la localización de almacenamiento de memoria de datos; donde la secuencia de valores proporcionada se analiza como un patrón de forma de onda y dicho patrón de forma de onda se correlaciona con uno o más parámetros de material cementoso;

ajustar la reología u otra propiedad del material cementoso contenido en dicho tambor mezclador introduciendo un líquido u otro componente de material cementoso en el tambor mezclador, basándose en dicha etapa de comparación.

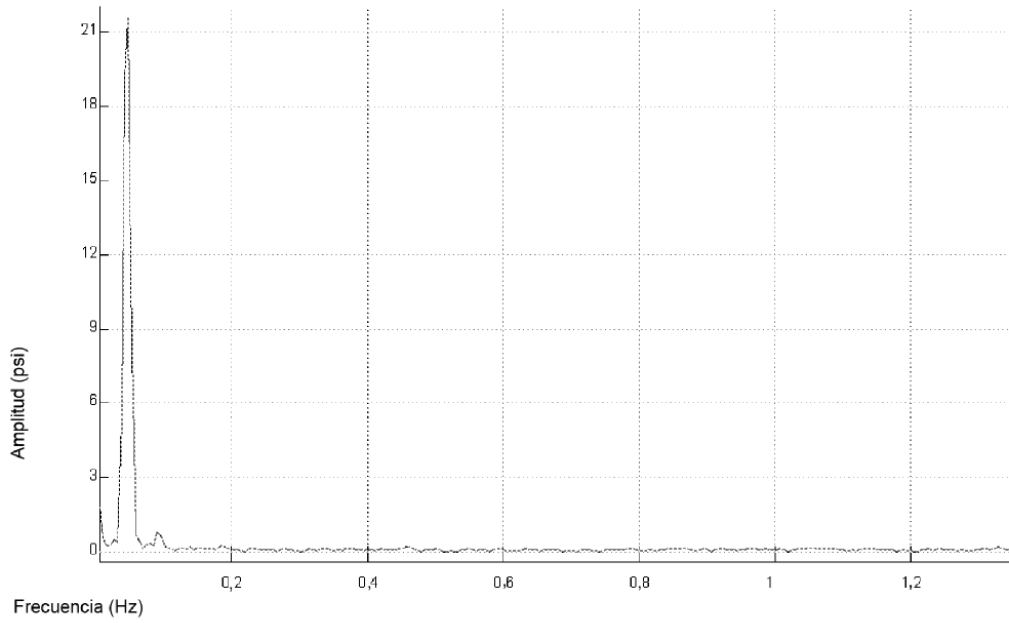
- 5 7. El método de la reivindicación 6, donde dicho tambor mezclador rotatorio tiene al menos dos palas mezcladoras montadas en una pared de tambor interior.
8. El método de la reivindicación 6, donde dicha secuencia de valores corresponde a la presión hidráulica, donde dicha secuencia de valores se almacena en una localización de almacenamiento de memoria de datos accesible por ordenador.
- 10 9. El método de la reivindicación 6, donde dichos componentes para dicho material cementoso hidratable se mezclan en dicho tambor mezclador hasta que se obtiene una consistencia uniforme.
- 15 10. El método de la reivindicación 6, donde en dicha etapa de comparación de la secuencia de valores proporcionada con una secuencia de valores almacenados previamente en la localización de almacenamiento de memoria de datos, dicha secuencia de valores se correlaciona con al menos uno de los parámetros de mezcla de material cementoso seleccionado de entre (a) el peso de la carga, (b) el volumen de la carga, (c) la densidad del hormigón, (d) el contenido de aire del hormigón, (e) el asentamiento del hormigón, (f) el flujo de asentamiento del hormigón, (g) el valor de la mesa de flujo de hormigón, (h) la reología del hormigón (por ejemplo, el límite elástico, la viscosidad, la tixotropía), (i) la segregación de los componentes del hormigón, (j) el fraguado del hormigón, (k) la inclinación del tambor mezclador, (l) el tamaño y la configuración de la estructura interna del tambor; y (m) la acumulación de hormigón en el tambor.
- 20 11. El método de la reivindicación 10, donde:
- dicha secuencia de valores almacenados en la localización de almacenamiento de memoria de datos se corresponde con el asentamiento o el flujo de asentamiento; o
  - dicha secuencia de valores proporcionada se visualiza gráficamente en una pantalla visual o una gráfica como una forma de onda; o
  - dicha secuencia de valores proporcionada se analiza como un patrón de forma de onda y dicha forma de onda se correlaciona con al menos uno de dichos parámetros (a) a (m), y dicha secuencia de valores analizada como un patrón de forma de onda se almacena en una localización de memoria accesible por ordenador, se visualiza en un monitor, se imprime en papel, o una combinación de los mismos.
- 25 12. El método de la reivindicación 6, donde dicho líquido es agua, al menos un aditivo químico, o una mezcla de los mismos.
- 30 13. El método de la reivindicación 6, donde dicha secuencia de valores proporcionada se convierte en el dominio de frecuencia para obtener un segundo conjunto de datos y donde, opcionalmente, la conversión se realiza usando un algoritmo seleccionado de entre la transformada rápida de Fourier y la transformada discreta de Fourier, y variaciones de las mismas.
- 35 14. El método de la reivindicación 6 que comprende: hacer rotar un tambor mezclador que contiene una mezcla cementosa a una velocidad constante en el intervalo de 1-25 revoluciones por minuto; proporcionar una secuencia de valores de dominio de tiempo correspondiente a la cantidad de energía requerida para hacer rotar dicho tambor mezclador; convertir dicha secuencia de valores de dominio de tiempo en valores de dominio de frecuencia; comparar dichos valores de dominio de frecuencia convertidos con los valores de dominio de frecuencia almacenados; e introducir un líquido en dicho tambor mezclador en respuesta a dicha comparación y donde, opcionalmente, al convertir dicha secuencia de valores de dominio de tiempo en valores de dominio de frecuencia, el método comprende, además, correlacionar dichos valores de dominio de frecuencia con al menos uno de los parámetros de mezcla de material cementoso seleccionado de entre (a) el peso de la carga, (b) el volumen de la carga, (c) la densidad del hormigón, (d) el contenido de aire del hormigón, (e) el asentamiento del hormigón, (f) el flujo de asentamiento del hormigón, (g) el valor de la mesa de flujo de hormigón, (h) la reología del hormigón (por ejemplo, el límite elástico, la viscosidad, la tixotropía), (i) la segregación de los componentes del hormigón, (j) el fraguado del hormigón, (k) la inclinación del tambor mezclador, (l) el tamaño y la configuración de la estructura interna del tambor; y (m) la acumulación de hormigón en el tambor.
- 40 15. El método de la reivindicación 6 que comprende además: determinar, almacenar y notificar el progreso de la mezcla basándose en una comparación de dicha secuencia de valores proporcionada con dicha secuencia de valores almacenada previamente, implicando dicha comparación los valores correspondientes a las características de forma de onda de dominio de tiempo en forma de "M" o "W", la variación en la presión hidráulica no promediada, la estabilización de la presión hidráulica promediada, o una combinación de los mismos, cuando los datos de presión hidráulica se representan gráficamente en función del tiempo o de la frecuencia para hacer rotar el tambor mezclador que contiene el material cementoso hidratable.
- 45 50 55 60 65



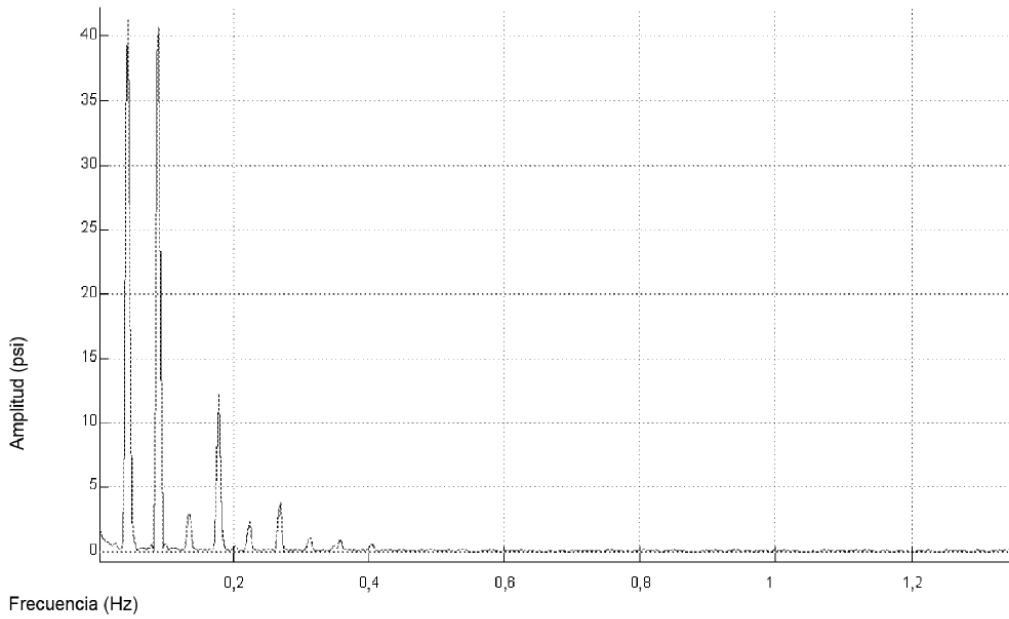
**FIG. 1**



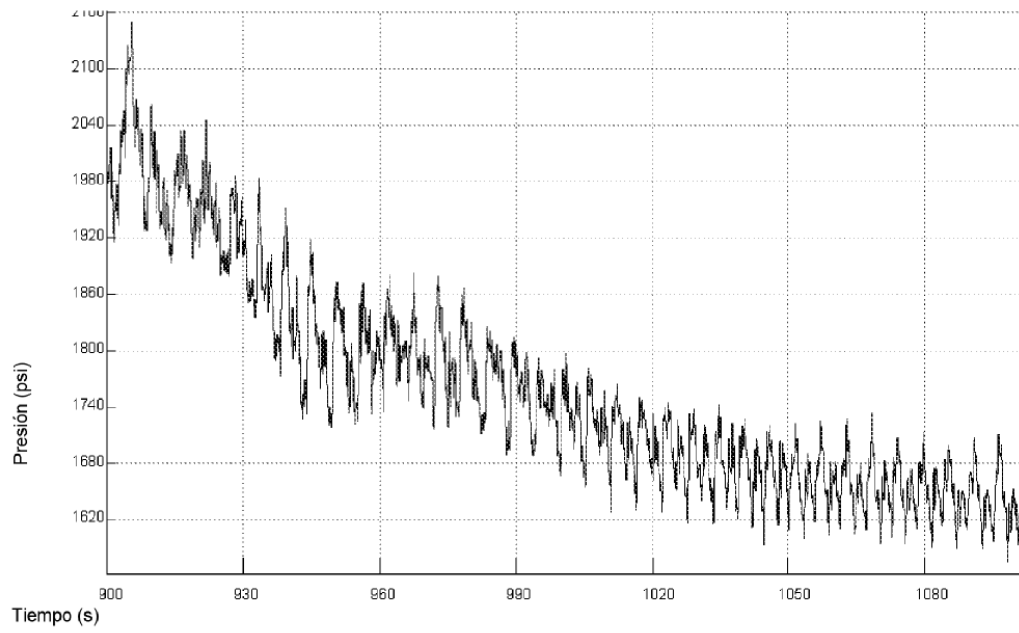
**FIG. 2**



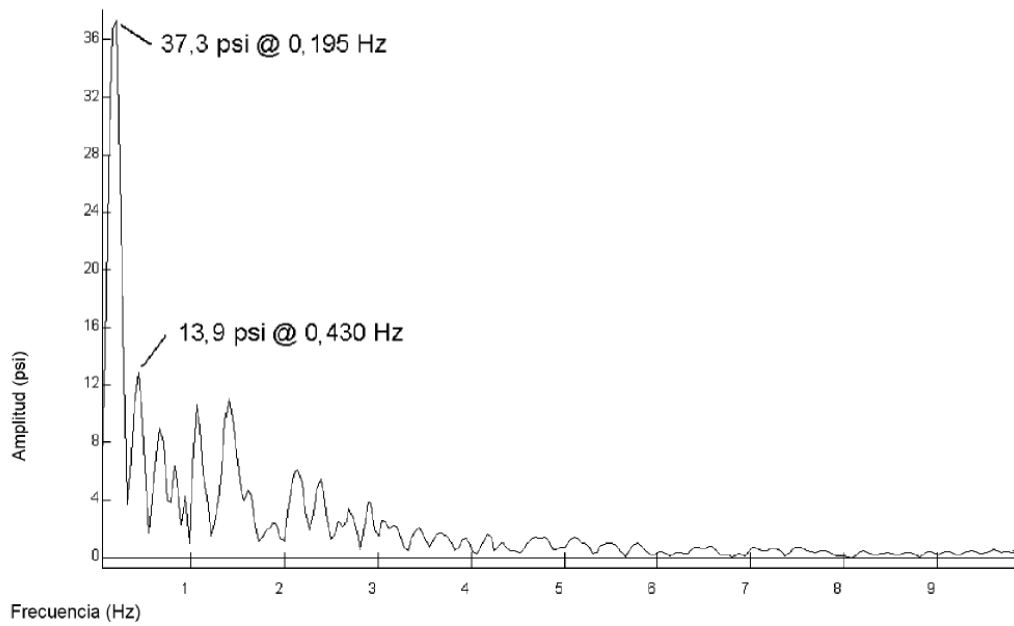
**FIG. 3**



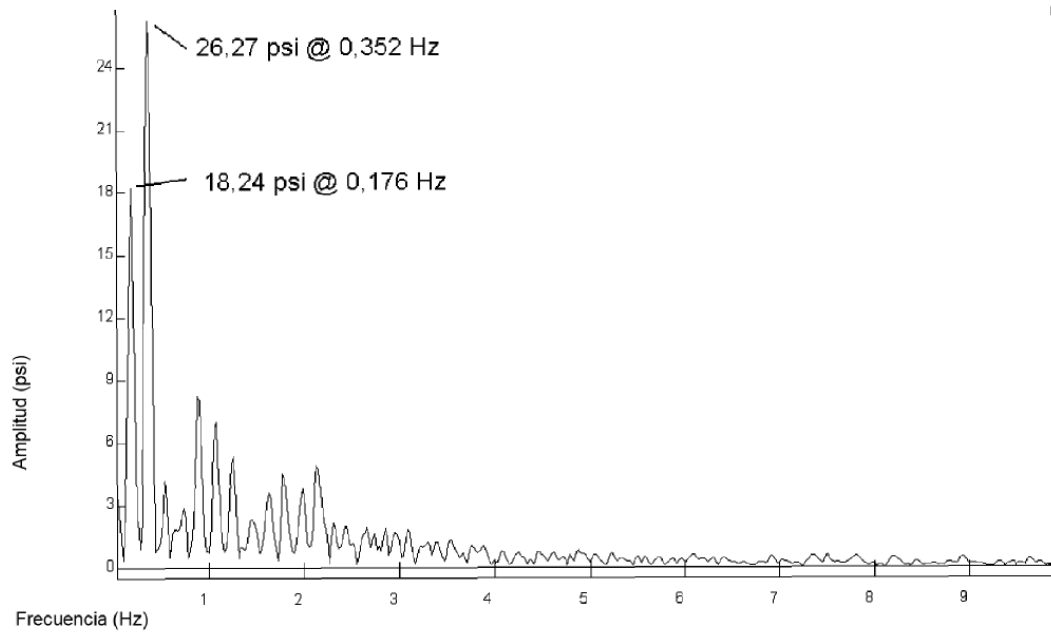
**FIG. 4**



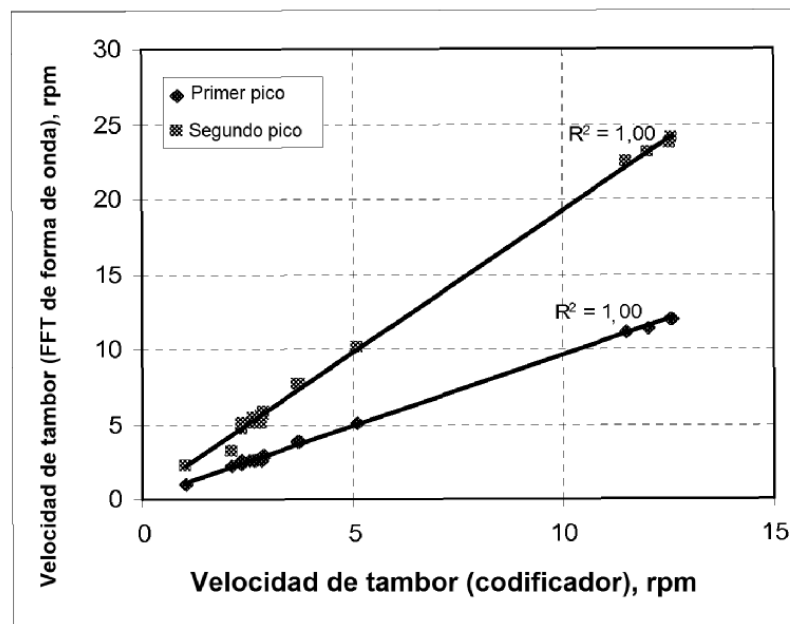
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**