



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 294 881**

⑫ Número de solicitud: 200500074

⑬ Int. Cl.:
G05D 7/06 (2006.01)
B02C 15/00 (2006.01)

⑭

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑮ Fecha de presentación: **17.01.2005**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **01.04.2008**

⑰ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.04.2008

⑱ Solicitante/s: **ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LAS INDUSTRIAS CERÁMICAS A.I.C.E** (Titular al 50 %)
Campus Universitario
Ctra. de Borriol, Km. 0,7
12004 Castellón de la Plana, Castellón, ES
ATOMIZADORA, S.A. (Titular al 50 %)

⑲ Inventor/es: **Sánchez Vilches, Enrique;**
Cantavella Soler, Vicente;
Lloréns Mesado, Domingo;
Foucard, Lilian y
Miralles Bueso, Luis

⑳ Agente: **Ungría López, Javier**

㉑ Título: **Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica.**

㉒ Resumen:

Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica.

Se controla la densidad en bucle cerrado en molinos de bolas rotativos continuos, empleados en la molienda de suspensiones o barbotinas cerámicas.

El sistema tiene por objeto la media en línea de la densidad y la utilización de esta medida para el control automático de la adición de líquido suspensionante. Se adecúa así el valor de la densidad actual al prefijado.

El sistema incluye como elementos básicos: un densímetro-caudalímetro (1) de proceso, preferiblemente basado en el principio de Coriolis; un controlador (9) de la densidad, que determina el error de la densidad actual y la prefijada; y un elemento final de control, tal como una válvula proporcional (11) u otro elemento que regula el caudal de líquido suspensionante.

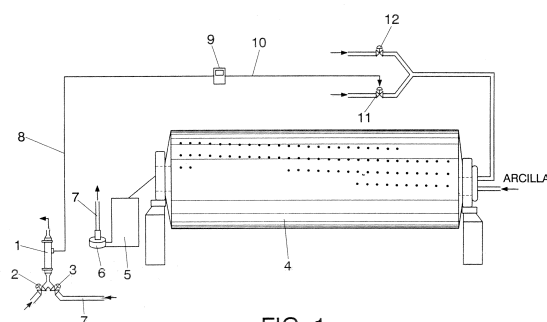


FIG. 1

ES 2 294 881 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica.

5 Objeto de la invención

La presente invención según lo expresa el enunciado de esta memoria descriptiva se refiere a un sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, efectuándose este control a la salida de un molino de bolas continuo.

10 En la operación de molienda en continuo es necesario recurrir al control de la densidad de la suspensión, ya que las características del alimento (arcilla, agua y desfloculante) no se mantienen constantes, por lo que la densidad del producto (suspensión) sufre importantes fluctuaciones. En la actualidad no existe un control automático de la densidad de la suspensión a la salida del molino, sino que este control tiene lugar de forma manual por un operario que, periódicamente, realiza las medidas de densidad y modifica convenientemente la consigna de agua (o de arcilla) 15 introducida al molino. La presente invención básicamente tiene por objeto realizar la tarea repetitiva que, en estos momentos, se lleva a cabo de forma manual y comprende el diseño del sistema y de los elementos que lo componen, así como su puesta a punto y validación en una instalación de molienda industrial.

Antecedentes de la invención

20 El proceso de fabricación de las baldosas cerámicas consta de una serie de etapas encadenadas. La primera de ellas consiste en la dosificación de las distintas materias primas y molienda vía húmeda de la mezcla durante el tiempo necesario para alcanzar una determinada distribución del tamaño de partícula. Posteriormente, la suspensión es tamizada para eliminar las partículas más gruesas y se seca por atomización, al objeto de obtener un polvo granular con la humedad y fluidez adecuadas para facilitar su comportamiento durante la etapa de prensado de las piezas. A continuación, las piezas son secadas y decoradas mediante distintas técnicas para, finalmente, ser sometidas a un proceso de cocción rápida en hornos de rodillos. El producto final es clasificado y empaquetado para su expedición.

30 Durante los últimos años, y debido al aumento de producción que ha experimentado el sector cerámico a nivel mundial, la tecnología de molienda ha sufrido una profunda transformación, pasándose de la utilización de los molinos de bolas discontinuos al empleo de molinos continuos. En estos molinos, tanto la alimentación como la descarga se realiza de forma continua. Esto significa que en condiciones de operación la suspensión sale del molino continuamente y con un caudal constante, mientras el molino está girando.

35 En la actualidad, la instrumentación de estos molinos permite la medida del peso de sólidos, el volumen de agua y aditivos, las revoluciones del rotor y el consumo eléctrico del sistema motor. En lo que respecta a las características del producto (suspensión) los controles que se efectúan, con periodicidad variable, son realizados de forma manual y suelen determinar las siguientes características de la suspensión: residuo de molienda, densidad y viscosidad. Por lo tanto, aún tratándose de un proceso continuo, está escasamente automatizado, por lo que resulta ineficaz y con una 40 fiabilidad relativa, ya que no es capaz de actuar sobre las variables de alimentación con el fin de ajustar el proceso. Esta falta de control se traduce en una importante reducción de la producción de la instalación (alrededor del 15%) y una pérdida de calidad en el producto (polvo atomizado) que ocasiona un importante coste económico.

45 En el estado de la técnica se encuentran documentos referidos a la determinación de la densidad mediante el empleo de diferentes elementos de medida y sensores. Así, desde hace años se vienen utilizando dispositivos basados en la inmersión de un cuerpo determinado en el fluido objeto de la medida, (DE-3443511, US-4779462 y BE-731144), fuentes de luz para determinar el índice de refracción del fluido (DE-2333945, DE-2247048 y DE-2247095), sensores con materiales radiactivos (US-3787683) o mediante una fuente de radiación láser que permite la medición simultánea 50 de la velocidad y densidad del fluido (JP-01015614). Más recientemente se describe el empleo de densímetros basados en el efecto Coriolis (US-4984472 y US-4838084) tal como el empleado en la presente invención.

Todas estas técnicas tienen en común la descripción del aparato y sus peculiaridades y limitaciones a la hora de ser aplicado sobre diferentes tipos de fluidos. Pero en ninguna de ellas se describe el empleo del aparato para su 55 incorporación en un sistema de control automático de la densidad de una suspensión cerámica. Para poder desarrollar este sistema, no solo es imprescindible adaptar el medidor de densidad al tipo de fluido (suspensión cerámica) e instalación donde va a ser empleado (molino continuo de bolas) definiendo un protocolo de uso, sino que es necesario diseñar y ensamblar un conjunto de elementos (sensor de medida, controlador y elemento final de control) que tras su adecuada puesta a punto, permitan la medición de la densidad y la corrección de sus desviaciones, con el fin de 60 garantizar la constancia de esta característica de la suspensión con el tiempo de operación.

Descripción de la invención

Principio de funcionamiento

65 Si la dosificación de las materias primas fuera perfecta, su estricto control garantizaría una constancia en la densidad de la suspensión a la salida del molino; sin embargo, este control no es perfecto debido a oscilaciones en la humedad de las materias primas sólidas, errores en el pesaje de los sólidos o en la medida del caudal de agua, etc.

Todo ello hace que sea necesario recurrir a la medida de la densidad a la salida del molino, con el fin de corregir posibles desviaciones.

El sistema de control de densidad se realiza en bucle cerrado en molinos de bolas rotativos continuos, empleados en la molienda de suspensiones o barbotinas cerámicas. El sistema tiene como objeto la medida en línea de la densidad y la utilización de esta medida para el control automático de la adición de líquido suspensionante con el fin de adecuar el valor de densidad a la consigna prefijada. Los elementos básicos que constituyen el sistema son los siguientes:

- a) *Un densímetro de proceso*, preferiblemente basado en el principio de Coriolis, como elemento de medida.
- b) *Un controlador*, preferiblemente de tipo PID (Proporcional, Integral y Derivativo) cuya función es determinar el error existente entre la densidad actual y la densidad deseada y cuya acción consiste en modificar la adición de líquido suspensionante a través del elemento final de control. Este controlador puede sustituirse por un autómatas o un microordenador dotado de una tarjeta de entradas/salidas analógicas.
- c) *Un elemento final de control* adecuado a las características del fluido suspensionante (agua limpia o procedente de reciclaje). El propósito de este elemento es inyectar una dosis controlada de líquido suspensionante en función de los requerimientos del sistema. Este elemento final de control puede ser una válvula proporcional, una bomba impulsora, preferiblemente una bomba proporcional neumática de membranas o cualquier otro elemento capaz de regular el caudal de líquido suspensionante.

Para facilitar la comprensión de las características de la invención y formando parte integrante de esta memoria descriptiva, se acompañan unas hojas de dibujos en las que, con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

Breve descripción de los dibujos

Figura 1.- Es un esquema de los componentes del sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, acorde con la invención.

Figura 2.- Es un esquema del calibrado del sensor de densidad, comparando la densidad real medida por un picnómetro) con la proporcionada por el densímetro, en dos días diferentes.

Figura 3.- Es un esquema de la respuesta del control frente a una limpieza de tamiz.

Figura 4a.- Es un esquema de la evolución de la densidad sin el control automático y por tanto según la técnica actual.

Figura 4b.- Es un esquema de la evolución de la densidad con el sistema de control automático acorde con la invención.

Descripción de la forma de realización preferida

Haciendo referencia a la numeración adoptada en las figuras, podemos ver cómo el sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, objeto de la invención, se lleva a cabo con los elementos que figuran en el esquema representado en la figura 1. También puede verse en esta figura 1 cómo se interrelaciona el sistema de control con el equipo de molienda (alimentación de agua, molino e impulsión de la suspensión a la salida del molino).

En la figura 1 están indicados los siguientes elementos:

1. Densímetro-caudalímetro de efecto Coriolis, para la medida en continuo de la densidad de la suspensión o barbotina.
2. Válvula de inyección de agua de limpieza.
3. Válvula de regulación de la barbotina.
4. Molino continuo.
5. Tolla de recogida de la barbotina.
6. Bombas de impulsión de la barbotina.
7. Conducción de barbotina.
8. Líneas de transmisión (4-20 mA) de las señales de caudal y de densidad.

ES 2 294 881 A1

9. Controlador PID, con indicaciones de alarmas. Este dispositivo podría ser sustituido por una unidad central de proceso (PC o autómatas).
10. Línea de transmisión (4-20 mA) de la señal de control, hasta el elemento final de control.
11. Elemento final de control. En el esquema se ha indicado una válvula, pero podría ser cualquier otro dispositivo con el que fuera posible modificar el caudal.
12. Válvula principal (regulada por el control existente, de serie, en los molinos continuos).

Para el correcto funcionamiento del sensor de densidad es imprescindible que las paredes interiores del tubo o pared envolvente del mismo, estén limpias y sin restos de suspensión adheridos a su superficie. Para ello es necesario diseñar un protocolo eficaz e limpieza que incluye la introducción de agua con una frecuencia preestablecida a través de la válvula (2), y una limpieza mecánica con la ayuda de una escobilla.

El control de la densidad de la suspensión se basa en la medida de la densidad, utilizando para ello un densímetro-caudalímetro de efecto Coriolis (1). La señal de este sensor (1) se envía a un controlador (9) que, de acuerdo a la consigna de densidad, modifica parte del agua introducida en el molino (a través de la válvula (11) del conducto de agua secundaria). El resto del agua utilizada para la molienda (regulada mediante la válvula (12) del conducto de agua primaria) es dosificada por el sistema de control convencional existente en todos los molinos continuos.

Para comprobar que las medidas de densidad proporcionadas por el sensor de densidad eran correctas, se realizó un calibrado del mismo comparando la densidad real (medida con un picnómetro) con la proporcionada por el densímetro. Los calibrados se realizaron en días diferentes con la intención de demostrar la estabilidad de la medida en el tiempo. En la figura 2 se representa el resultado de la calibración.

Como puede observarse, se obtienen rectas de calibrado idénticas al repetir el proceso en distintas condiciones de operación, con lo que se puede concluir que el sensor proporciona medidas correctas.

Generalmente, los molinos continuos disponen de tamices a la salida de los mismos con el objetivo de separar el producto (suspensión) de los elementos de molienda desgastados y alimento no triturado. En la mayoría de los casos la limpieza de los tamices suele realizarse de manera sistemática cada cierto período de tiempo, utilizándose mangueras de agua a presión que desplazan todas las partículas retenidas en la superficie del tamiz a un contenedor. La consecuencia de este proceso es que el densímetro (situado detrás del tamiz) realizaría medidas que no corresponden a la de la densidad real de la suspensión, provocando la consiguiente actuación de la válvula de control que desestabilizaría el sistema.

Para evitarlo, se ha instalado un temporizador que interrumpe temporalmente el control automático, haciendo inmune al sistema frente a estas variaciones ficticias de densidad.

Como se observa en la Figura 3 la limpieza de tamiz provoca una disminución en la densidad medida por el sensor durante un cierto periodo de tiempo. Con el fin de evitar la actuación de la válvula, ha sido necesario actuar sobre el sistema de control para que mientras se realice la limpieza permanezca en modo manual y una vez finalizada la misma vuelva a entrar en fase de control con la misma apertura de válvula que al inicio de la limpieza.

Previamente a la introducción del sistema de control, objeto de la invención, la densidad de la suspensión era muy variable, presentando en determinadas ocasiones oscilaciones que desviaban la densidad del valor de consigna. En la figura 4a se puede observar un ejemplo del funcionamiento del molino previo a la utilización del sistema de control automático.

La densidad de consigna se sitúa en torno a $1725 \pm 10 \text{ kg/m}^3$ y, como se puede comprobar, en ningún momento se alcanza una situación estabilizada dentro de ese intervalo. El sistema es "ciego" ante las variaciones de densidad, manifestándose totalmente ineficaz la corrección manual efectuada cada hora por el operario.

Con la introducción del control automático, la densidad pasa a ser medida en continuo, produciéndose una actuación instantánea en la alimentación del molino que permite controlar el proceso alrededor del valor deseado. En la figura 4b se muestra un ejemplo de la respuesta del sistema frente al control. Como se observa, la densidad permanece en torno a la consigna, gracias a la actuación de la válvula de control (11) que ha aumentado hasta un 10% su apertura.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, mediante un densímetro-caudalímetro de efecto Coriolis a la salida de un molino continuo, **caracterizado** porque la señal de este sensor (1) se envía a un controlador (9) que, de acuerdo a la consigna de densidad, modifica parte del agua introducida en el molino continuo (4) como líquido suspensionante, mientras que el agua restante utilizada para la molturación es dosificada por el sistema de control del propio molino continuo, habiéndose previsto que durante los períodos de limpieza sistemática de los tamices propios del molino continuo, a la salida del mismo, mediante mangueras de agua a presión, lo que provocaría variaciones ficticias de densidad, se realice un control manual sobre la válvula (11) y al finalizar la limpieza continúe el control con la misma apertura de válvula que al inicio de la misma.

2. Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el controlador (9) modifica la adición de líquido suspensionante a través del elemento final de control definido por una válvula proporcional (11) u otro dispositivo de modificación de caudal.

3. Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, según reivindicación 2, **caracterizado** porque el controlador (9) es de tipo proporcional, integral y derivativo y determina el error existente entre la densidad actual y la densidad deseada.

4. Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, según reivindicación 2, **caracterizado** porque el controlador (9) es un autómata o un microordenador dotado de una tarjeta de entradas/salidas analógicas.

5. Sistema de control de la densidad de una suspensión cerámica, según reivindicación 1, **caracterizado** porque incluye un temporizador que interrumpe temporalmente el control automático durante la fase de limpieza de los tamices del molino continuo.

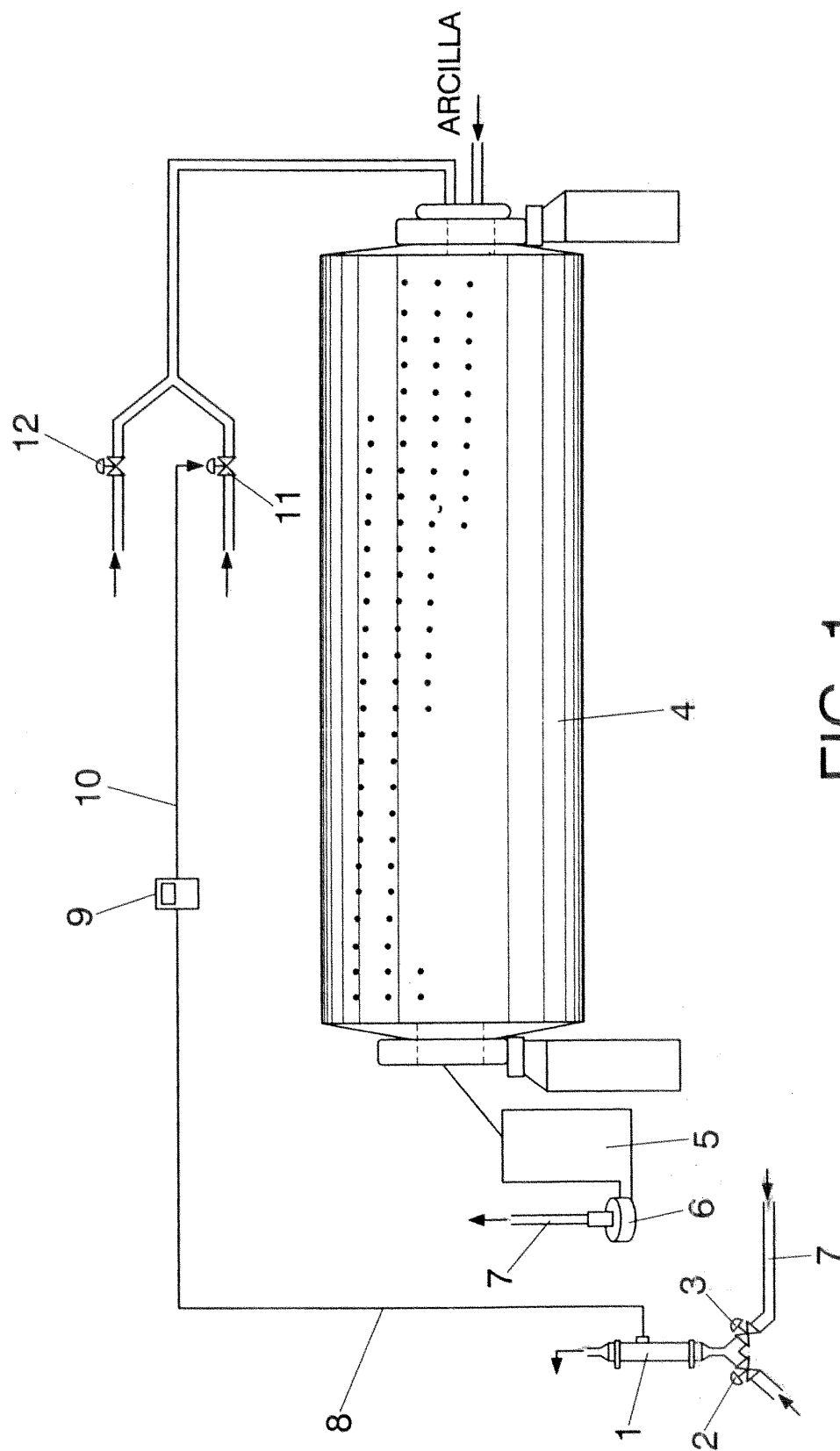


FIG. 1

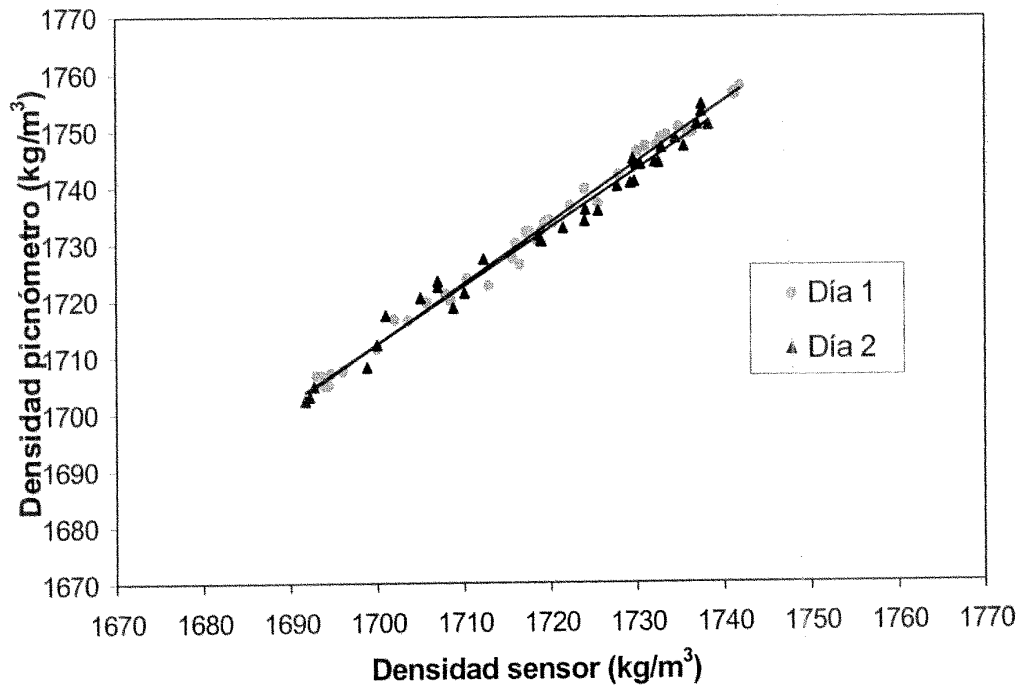


Figura 2

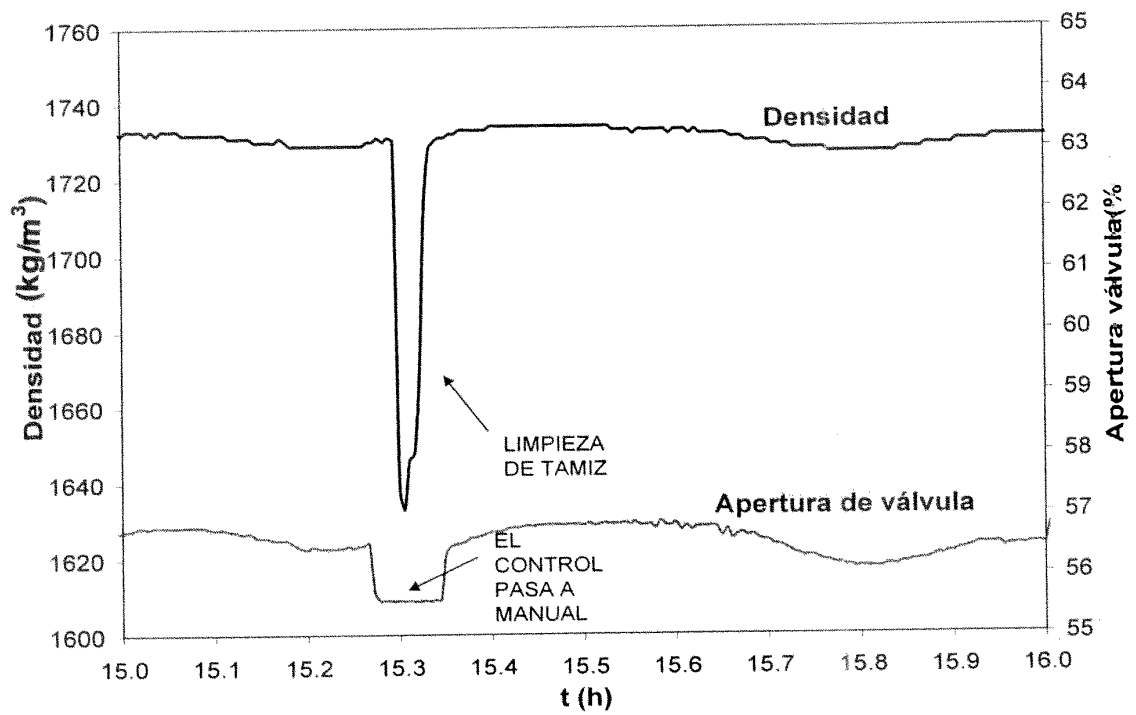


Figura 3

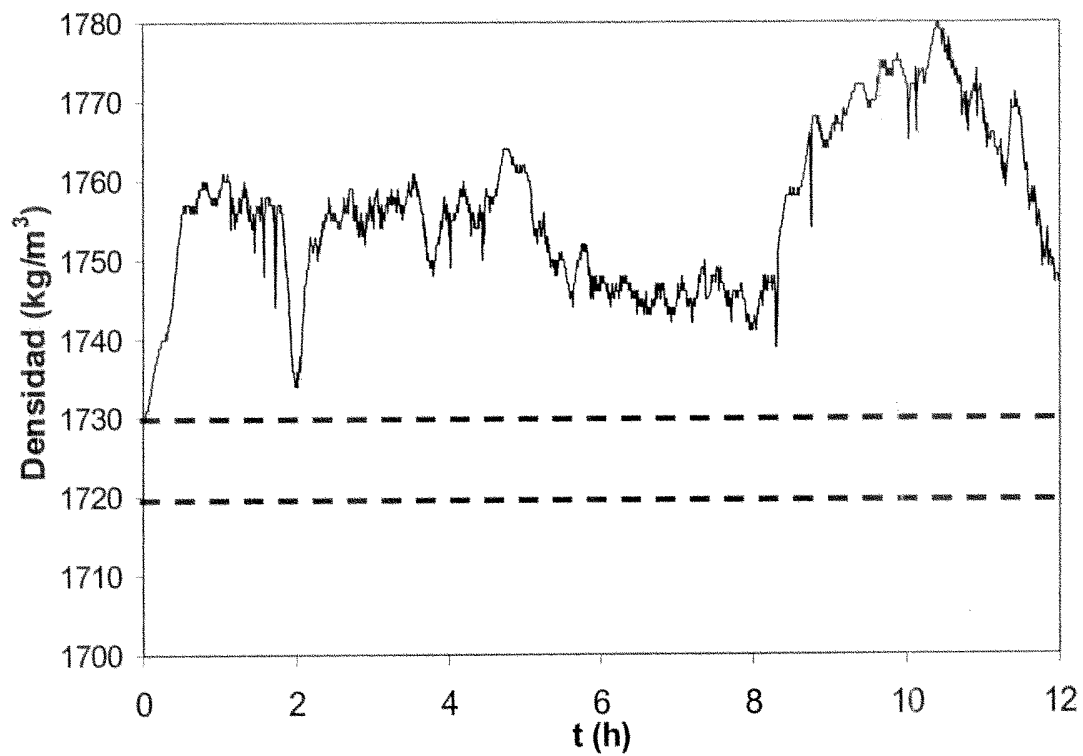


Figura. 4a

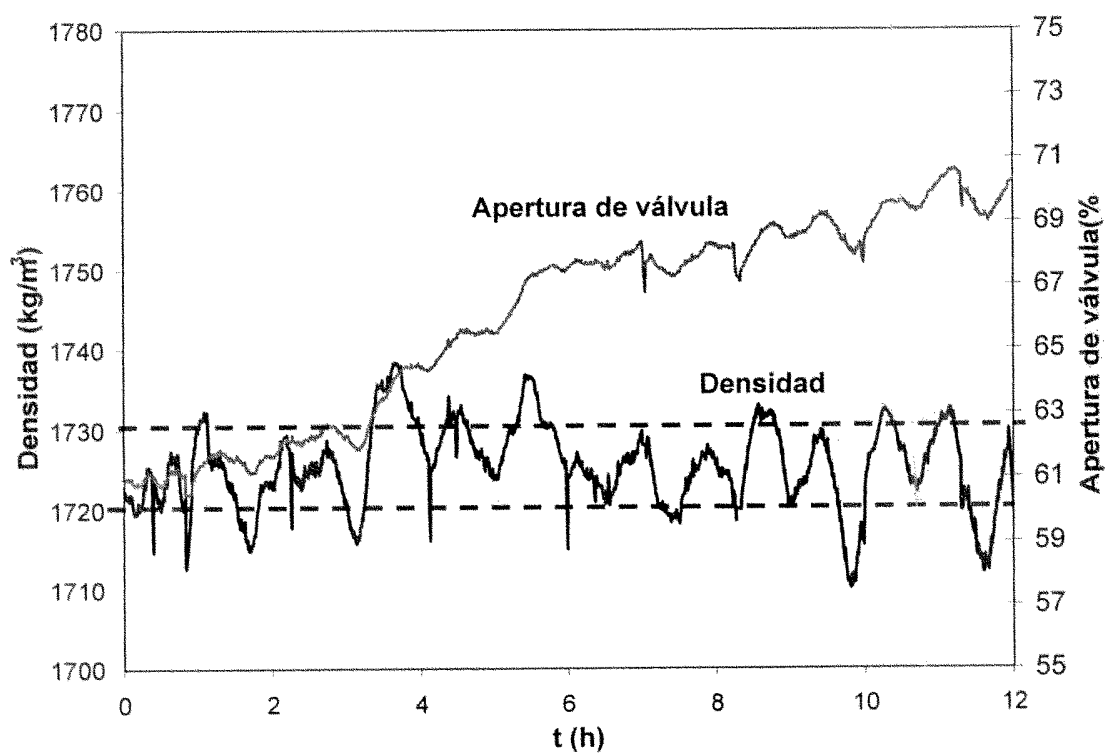


Figura. 4b



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 294 881

⑫ Nº de solicitud: 200500074

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 17.01.2005

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **G05D 7/06** (2006.01)
B02C 15/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	ES 2165760 A1 (INVEST DE LAS IND CERAMICAS A) 16.03.2002, columna 1, líneas 25-27,58-67; columna 3, líneas 29-48; columna 4, líneas 46-56; reivindicaciones 1,2,9,10; figura 1.	1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

07.03.2008

Examinador

B. Tejedor Miralles

Página

1/1