

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 931**

21 Número de solicitud: 201001015

51 Int. Cl.:

**B01D 3/42** (2006.01)

**G05D 21/02** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación: **29.07.2010**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2012**

Fecha de la concesión: **29.10.2012**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:  
**29.06.2012**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **12.11.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**12.11.2012**

73 Titular/es:  
**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
PLAZA DE EL EJIDO, S/N  
29071 MÁLAGA, ES**

72 Inventor/es:  
**DEL SAZ-OROZCO HUANG, Pablo y  
FERNÁNDEZ DE CAÑETE RODRÍGUEZ,  
Francisco Javier**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **SISTEMA Y PROCEDIMIENTO DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL PARA UNA COLUMNA DE DESTILACIÓN.**

57 Resumen:

Se describe un sistema de monitorización y control de una columna de destilación que se implementa bajo un esquema de control digital centralizado, la invención comprende un conjunto de dispositivos hardware y aplicaciones que en conjunto interactúan para llevar al cabo el control deseado. La invención asimismo comprende el procedimiento de monitorización y control de una columna de destilación haciendo uso del sistema reivindicado.

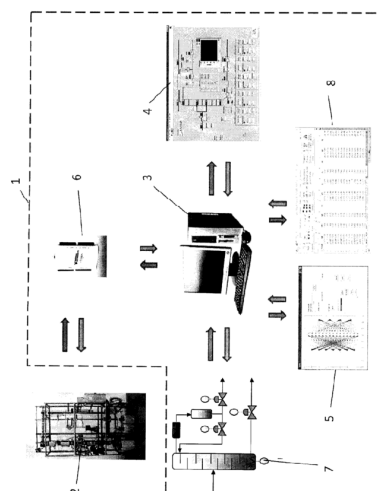


FIG. 1

ES 2 374 931 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de monitorización y control para una columna de destilación

### 5 Sector de la técnica

La presente invención está relacionada con las técnicas empleadas en la dinámica y control de procesos, y más particularmente, está relacionada con un sistema de monitorización y control para una columna de destilación que comprende sensores, actuadores, tarjetas de adquisición de  
10 datos y una unidad de procesamiento en la cual se realiza la monitorización mediante una aplicación que muestra gráficamente el estado de la columna. En la unidad de procesamiento se determinan acciones de control para permitir operar de forma robusta y eficiente la operación de una columna de destilación. La presente invención también se refiere al procedimiento de monitorización y control mediante el sistema reivindicado.

15

### Estado de la técnica

Se sabe que la operación de una columna de destilación implica la alimentación de una mezcla con componentes a separar, tal que a través de la regulación tanto del caudal de reflujo del  
20 producto de cabeza de la columna así como del calentamiento del producto de cola se obtenga un perfil de concentración de productos deseado.

Desde un punto de vista, el propósito de la destilación es la obtención de cantidad y pureza definidas de producto tanto en cabeza como en cola de columna en tiempo mínimo, lo cual asegura también mínimo coste.

25 No obstante, en una columna de destilación, la selección e implementación de la estrategia de control óptima que define tanto el reflujo como el calentamiento es relativamente compleja, pues en una columna de destilación se requiere el conocimiento analítico del proceso así como el de las propiedades del sistema a destilar, presentándose fuertes interacciones y acoplamientos entre los diferentes bucles de control.

30 Los esquemas de control más utilizados en columnas de destilación son aquellos basados en un control clásico ampliamente conocido como proporcional-integral-derivativo PID con parámetros ajustables en función del punto de trabajo de la columna.

En este sentido, en el mercado, existen sistemas de control desarrollados en plataformas de programación textual (Visual C, Visual Basic,..) pero una desventaja de ellos es que

básicamente son aplicaciones software cerradas del fabricante que no son reconfigurables, esta circunstancia hace complejo y prolongado el control de una columna de destilación y más aún cuando se quiere cambiar las condiciones de operación.

5 Tal como se observa, existe una necesidad por nuevos sistemas de monitorización y control fácilmente adaptables a las columnas de destilación, ya sea que se encuentren en laboratorio, planta piloto o escala industrial.

### **Descripción detallada de la invención**

10 La presente invención introduce un sistema de monitorización y control de una columna de destilación que se implementa bajo un esquema de control digital centralizado. La invención comprende un conjunto de dispositivos hardware conectados a una unidad de procesamiento donde se muestra al usuario el estado y condiciones de la columna, y se determinan acciones de control para llevar a cabo la operación de la columna en la forma deseada; así como el  
15 procedimiento de monitorización y control mediante el sistema reivindicado.

En términos generales, el sistema de la presente invención comprende por lo menos un sensor asociado a una variable de control en la columna de destilación, el sensor genera una señal para la variable de control. Cada sensor se encuentra asociado a una tarjeta de adquisición de datos. La señal se procesa en una unidad de procesamiento en comunicación con cada tarjeta  
20 de adquisición de datos, en la unidad de procesamiento la señal se transforma en un valor y se muestra en una forma gráfica. La unidad de procesamiento cuenta con una pantalla, en la cual se despliega un esquema de la columna con aquellas variables que están siendo monitorizadas. La unidad de procesamiento cuenta con aplicaciones para realizar este procesamiento de datos y mostrarlos de forma gráfica, como por ejemplo, incluye la aplicación LABVIEW™.

25 La unidad de procesamiento determina por lo menos una acción de control con base a un modelo de la columna y del sistema de componentes que se esté destilando, así como algoritmos de control neuronal y genéticos para generar por lo menos una salida de control. Para determinar la acción de control, la unidad de procesamiento cuenta con aplicaciones como por ejemplo la aplicación MATLAB™.

30 El sistema también cuenta con por lo menos una tarjeta de salida que recibe la señal de control de la unidad de procesamiento y actúa sobre una variable manipulable para alcanzar especificaciones de control deseadas en la columna. Las variables manipulables también son mostradas en la pantalla de la unidad de procesamiento.

Como se ha mencionado, en el sistema la monitorización se realiza con comunicación con los sensores y actuadores de la columna a través de tarjetas de adquisición utilizando aplicaciones presentes en la unidad de procesamiento que muestren el estado de la columna en forma gráfica. La unidad de procesamiento también cuenta con una aplicación para diseñar,  
5 modificar y especificar los algoritmos de control.

Más particularmente, el control se realiza mediante el uso de técnicas de control avanzado, basado en redes neuronales y algoritmos genéticos supliendo las deficiencias de los algoritmos de control estándar PID comúnmente utilizados.

Cuando las especificaciones de control (como por ejemplo pureza de productos de  
10 destilación, consumo energético, etc.) son cambiantes en la columna, el sistema de la presente invención logra el ajuste automático de los parámetros de los esquemas de control neuronal y genético a partir de medidas en línea de las variables de control de la columna de destilación.

Asimismo, el sistema de monitorización y control de la presente invención permite el desarrollo de algoritmos de control avanzado a través de aplicaciones reconfigurables como lo es  
15 la aplicación (MATLAB<sup>TM</sup>) y permite la comunicación con actuadores y sensores de la columna a través de un interfaz gráfico de panel sencillo que es reconfigurable.

Además, el sistema de la presente invención permite abordar directamente el problema de control multivariables tal como se presenta en una columna de destilación, tanto en régimen continuo como en tanda.

Tal como se ha mencionado, en la presente invención, se utilizan preferiblemente  
20 algoritmos de control neurogenéticos que garantizan el cumplimiento de especificaciones de control caracterizadas por un comportamiento no lineal de la columna de destilación y variaciones en sus parámetros en función de las condiciones de operación, y además prescinden del uso de modelos físicos de comportamiento, siendo tan solo necesario un conjunto de medidas  
25 de entrada y de salida (E/S) obtenidas a través de los sensores para el ajuste en línea del sistema de control.

En una realización de la presente invención, el sistema permite además el diseño y aplicación de las técnicas de control avanzado sobre un modelo de simulación de una columna de destilación desarrollado en el entorno MATLAB<sup>TM</sup> - SIMULINK<sup>TM</sup>, que igualmente  
30 interacciona con el interfaz gráfico, lo cual posibilita la simulación de la operación de control sobre la columna de destilación ya sea en condiciones reales o de entrenamiento.

Además de lo anterior, es necesario reiterar que el sistema de monitorización y control de la presente invención, es susceptible de ser aplicado a columnas de destilación en plantas piloto previa reconfiguración del panel de instrumentos virtuales que se despliegan en la pantalla de la

unidad de procesamiento e inclusión de controladores “drivers” específicos para las tarjetas de adquisición de datos a utilizar.

El sistema de monitorización y control de la presente invención es aplicable a columnas de destilación utilizadas en la industria química, industria alimentaria e industria farmacéutica donde se ven involucrados procesos de destilación, ya que represente una mejora de eficiencia en el control del sistema, en cuanto a:

- Incremento notable en la capacidad de separación.
- Considerable reducción en las pérdidas de producto resultado del aumento en la pureza de los productos de cola.
- Disminución del coste de operación evitándose el uso de columnas adicionales para obtener los niveles de pureza deseados en los productos de cabeza.

Finalmente, el sistema de la presente invención tiene una naturaleza didáctica que permite el entrenamiento de operadores de planta, tanto a nivel de manejo de columna piloto como a nivel de manejo del simulador de columna bajo el entorno MATLAB<sup>TM</sup> - SIMULINK<sup>TM</sup>.

### Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de esta descripción, un juego de dibujos, en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra los componentes del sistema de monitorización y control para una columna de destilación de la presente invención.

La figura 2 es un diagrama de flujo de ejecución en ciclo de operación del panel de la unidad de procesamiento.

La figura 3 es una imagen que muestra el inicio de la ejecución del panel frontal de la unidad de procesamiento en una realización preferida de la presente invención.

La figura 4 muestra un diagrama de las tareas asociados a lectura de botonera del panel frontal en la realización preferida de la presente invención.

La figura 5 muestra vistas alternativas del panel frontal en la unidad de procesamiento utilizada en la realización preferida de la presente invención: (A) Opción “General input”, (B) opción “Temperatures”, (C) opción “Control inputs”.

Las figuras 6a y 6b muestran bloques para la escritura de instrucciones del panel utilizado para controlar la columna de destilación.

La figura 7 muestra un ejemplo del *script* de control neuronal.

La figura 8 muestra un diagrama que se despliega en la unidad de procesamiento de una columna de destilación a escala laboratorio que fue controlada mediante el sistema de la presente invención.

### **Modos de realización de la invención**

En la figura 1 se observa una representación gráfica del sistema de monitorización y control 1 de la presente invención para una columna de destilación 2 que incluye una pluralidad de sensores, cada uno estando asociado a una variable de control (por ejemplo temperatura, caudal, composición de alguna corriente dentro de la columna) y por lo menos un actuador de una variable manipulable (por ejemplo la temperatura del calderín, el flujo de agua de enfriamiento del condensador, etc.). La realización que se describe debe ser considerada como ilustrativa de la presente invención más no limitativa.

El sistema comprende una unidad de procesamiento 3, tal como una PC, un ordenador portátil, etc., en comunicación con cada sensor y cada actuador mediante medios adecuados tales tarjetas PCI u puertos USB 6.

La unidad de procesamiento 3 realiza la monitorización de la columna de destilación, es decir, el estado de la columna y lo despliega hacia una forma gráfica en la pantalla 4 de la unidad de procesamiento, para ello la unidad de procesamiento cuenta con una aplicación de interfaz gráfico LABVIEW<sup>TM</sup> de National Instruments que permite la visualización en línea de las variables de control así como la modificación de variables manipulables.

La unidad de procesamiento 3, en base a las variables que son medidas, determina acciones de control, para ello la unidad de procesamiento cuenta con la aplicación de desarrollo MATLAB<sup>TM</sup> 5 de control neurogenético; de forma concreta existe comunicación entre las aplicaciones antes mencionadas, todo a través del uso de paneles de instrumentación virtual.

En la presente descripción, el término control neurogenético se refiere a la aplicación combinada de técnicas de redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos en tareas de control de un sistema. La labor de las primeras será la identificación de la dinámica del sistema a

controlar, mientras que la tarea de las segundas será el cálculo de la entrada de control al mismo que optimice un criterio de desempeño dado.

De esta manera, la unidad de procesamiento 3 realiza la adquisición, análisis y presentación de datos de operación y el control de manera interactiva y flexible, ya que es posible reconfigurar la operación de la columna bajo un amplio conjunto de regímenes de operación de la columna de destilación (arranque, en tanda, continuo, etc.). Por ejemplo, permite la reconfiguración por parte del usuario tanto del sistema de monitorización para incluir nuevas medidas de sensores y/o actuadores y modificar el panel frontal de visualización de la interfaz gráfica, así como permite mediante una interfaz gráfica modificar o rediseñar el algoritmo de control a utilizar.

Como se observa, en la presente invención se emplean aplicaciones conocidas y modificables que contrasta con las soluciones del arte previo, que se caracterizan en su mayoría por no ser reconfigurable que además no contemplan el uso de algoritmos de control distintos al clásico control PID.

El sistema desarrollado permite la manipulación manual o automática de la columna de destilación, y además permite la variación de los parámetros de sintonización del controlador neurogenético y de los distintos parámetros para el controlador clásico PID, teniendo las siguientes cualidades:

- Interfaz amigable, a través de las herramientas de entorno gráfico.
- Manejo de procesos con dinámicas temporales distintas.
- Entorno de programación LABVIEW <sup>TM</sup> dotado de librerías para desarrollo de algoritmos de control clásico PID.
- Comunicación con entorno de programación dotado de librerías de desarrollo de algoritmos de control avanzado neuronal y neurogenético, dicho entorno siendo preferiblemente la aplicación MATLAB <sup>TM</sup>.
- Comunicación con entorno de programación dotado de herramientas para modelado orientado a bloques de sistemas con dinámica no lineal como por ejemplo SIMULINK <sup>TM</sup> 7 (figura 1).
- Comunicación sencilla y eficaz con las tarjetas de adquisición de datos.
- Flexibilidad de desarrollo, para reconfiguración del sistema de control.
- Generación de datos de estado de proceso en forma gráfica y numérica
- Comunicación con entornos de escritura de texto para creación de archivos históricos de datos en formato TXT o XLS mediante el generador de reportes 8.

Para ello, el sistema de interfaz de monitorización y control emplea un conjunto de librerías, a saber:

- 5           • Librerías de redes neuronales tales como aquellas de la aplicación (MATLAB<sup>TM</sup>).
- Librerías de bloques funcionales dinámicos tales como aquellas de la aplicación (SIMULINK<sup>TM</sup>).
- Librerías de control PID tales como aquellas de la aplicación (LABVIEW<sup>TM</sup>)
- Librerías MAX para comunicación con tarjetas de adquisición de datos tales como
- 10          aquellas de la aplicación (LABVIEW<sup>TM</sup>).
- Librerías de almacenamiento de datos tales como aquellas de la aplicación (LABVIEW<sup>TM</sup>).
- Uso de *MathScripts* para comunicación tales como aquellas de la aplicación de LABVIEW<sup>TM</sup> con el entorno MATLAB<sup>TM</sup>.

15

El esquema del proceso desarrollado en cada ciclo de operación de la columna mediante el sistema de monitorización y control se puede describir en las siguientes etapas (figura 2):

1. Inicialización de Sistema
- 20       2. Lectura de botonera desde el panel frontal para determinar referencias a seguir o parámetros para su cálculo (si se desea el control mediante modelo de comportamiento), tipo de control que se desea realizar, etc.
3. Realización en paralelo de comunicación con las tarjetas de adquisición para conocer estado físico del sistema y adquisición o cálculo de referencia a seguir.
- 25       4. Cálculo de acción de control, según estrategia determinada en paso anterior.
5. Escritura de acciones de control tanto en tarjetas de salida como en ficheros de texto.

En una realización específica, si las acciones de control vienen determinadas desde las aplicaciones de control tales como MATLAB<sup>TM</sup> o SIMULINK<sup>TM</sup> (control avanzado), el cálculo

30 de la acción de control consta de tres pasos, a saber:

1. Comunicación entorno del sistema de monitorización (por ejemplo LABVIEW<sup>TM</sup>) con la aplicación de control (por ejemplo MATLAB<sup>TM</sup>), suministrando referencia a seguir, estado y estados anteriores.



2. Cálculo en entorno de acción de control en función del paradigma deseado (neuronal, neurogenético).
3. Comunicación de acción de control a entorno de monitorización y continuación con bucle anterior.

5

Particularmente, la inicialización del sistema comienza solicitando el fichero en el que se guardarán los resultados para el posterior análisis (figura 3).

El tipo de archivo en el que se pueden almacenar los datos puede ser un fichero de texto, una hoja de cálculo o un fichero propio de la aplicación de monitorización. A continuación se lee la situación de la botonera para determinar el control que se quiere realizar y se inician las tarjetas de adquisición de datos para la comunicación con la columna de destilación piloto.

Por su parte, el proceso de lectura de la botonera (figura 4) presenta diversas opciones:

- Tipo de control: Control en bucle abierto, Control PID o Control neuronal, ya sea por propagación hacia atrás o control neurogenético.
- Parámetros de control: Cada tipo de control tiene una serie propia de parámetros para el cálculo de la acción de control. Concretamente a la estrategia PID se le debe suministrar las tres constantes PID y a las estrategias neuronales se les debe proveer del modelo de referencia de segundo orden a seguir (tiempo de establecimiento y sobreoscilación) junto con la frecuencia de actualización de reentrenamiento de la red neuronal.
- Referencias de seguimiento de sistema de control.

En la realización preferida, la monitorización puede desplegarse de distintas maneras (figura 5). A nivel gráfico el frontal posee diversas vistas posibles, una primera vista muestra el frontal principal con el esquema de la columna real con los distintos elementos y así como información numérica de la evolución de las distintas variables del sistema. Una segunda vista provee información de forma gráfica de la evolución de las distintas temperaturas del sistema. Una tercera vista permite graficar la evolución de las distintas acciones de control y, por último, la vista final muestra la evolución de las distintas variables controladas frente a las referencias.

En relación al control de alimentación, para operar el sistema en condiciones similares a las propias de un sistema industrial, las condiciones de temperatura y flujo de alimentación no serán controladas, serán consideradas perturbaciones.

Finalmente, se almacenan los valores de temperatura de productos de cabeza y cola en diferentes experiencias para el posterior análisis de la misma en composición por cromatografía.

El conocimiento del estado físico de la columna se realiza a través de la recogida de datos correspondientes de temperatura en platos, presión, flujo y demás variables significativas en la columna. Para ello se emplean a nivel hardware las tarjetas de adquisición mencionadas con anterioridad, las cuáles son controladas por la unidad de procesamiento mediante aplicaciones tales como la MAX NI-DAQ de adquisición de datos presente en la aplicación de monitorización.

El cálculo de las acciones de control depende del estado de la columna y de la estrategia de control y parámetros asociados seleccionada. En caso que se pretenda seguir una estrategia clásica PID, el cálculo de las acciones de control se realiza en el entorno de programación LABVIEW<sup>TM</sup> a través de la aplicación “PID\_Advanced.vi” de LABVIEW<sup>TM</sup> (figura 6a), haciendo uso de las funciones propias de control de librería. Por otro lado si la estrategia de control a seguir es neuronal o neurogenética, se realiza una comunicación con el entorno MATLAB<sup>TM</sup> por las ventajas que ofrece con dichas estrategias tal y como se ha comentado con anterioridad. Esta comunicación se realiza mediante el uso de la aplicación “MATLAB<sup>TM</sup> Script Node” (figura 6b) tal efecto disponible en LABVIEW<sup>TM</sup>. En dicho *script* se podrán hacer llamadas a funciones desarrolladas en el entorno MATLAB<sup>TM</sup> o librerías de índole neuronal (figura 7).

En este particular dado que se comunican dos entornos distintos uno de monitoreo y otro de control, el sistema asegura que los tiempos de ejecución de cada uno de los mismos sea compatible con la aplicación final en la columna. Es decir que el sistema adquiere datos, los filtra calcula las acciones de control y las traduce en un tiempo de muestreo dado compatible con la aplicación que se está realizando.

El proceso de escritura conlleva la transferencia de señales, tanto de las acciones de control en las tarjetas de salida, como de los valores de cada una de las variables que se desean conservar en los ficheros de escritura, ya sean estados de la planta, variables controladas o acciones de control. Para la comunicación con los actuadores físicos se realizara una escritura, ya sea en tensión o en corriente según la naturaleza de la señal a escribir, en las tarjetas de salida. Esta actividad se realizara haciendo uso de las librerías ya usadas para la obtención del estado de las tarjetas de entrada, indicando para cada señal la dirección en función del dispositivo al que va dirigido.

### Ejemplo

El sistema de la presente invención, se aplicó en una columna de destilación de laboratorio para el sistema agua-alcohol. En la figura 8, se muestra la representación gráfica de esta columna 20 en la pantalla 4 de la unidad de procesamiento.

5 La columna de destilación 20 utilizada comprende nueve platos 11 – 19, un condensador 21 y un calderín 22.

Los sensores de proceso en la columna fueron:

- 12 sensores de temperatura 31-42 de tipo Pt-100,
- 10 • 3 caudalímetros 51-53,
- 2 sensores de nivel 61 y 62, y
- 1 sensor de caída de presión 71.

Los actuadores de proceso son 3 válvulas 81-83 de apertura proporcional y una  
15 resistencia eléctrica 91 para calentamiento del calderín 22, esto representa 4 lazos de control en la operación de la columna 20.

Por otro lado, se realizó el control sobre la temperatura de alimentación y la apertura de la válvula de fluido refrigerante en el condensador, ambas variables se consideran como perturbaciones del sistema.

20 El condensador 21 fue el encargado de refrigerar el vapor ascendente de producto destilado y como fluido refrigerante se utilizó agua de red. El caudal de agua refrigerante se controló a través de una válvula proporcional.

Con respecto al sistema de refrigeración se tienen los sensores de temperatura 31 y 32 de tipo Pt-100 que miden la temperatura a la entrada del condensador 21 y la salida,  
25 respectivamente.

Una vez condensado el producto de cabeza, el producto líquido se almacena en un depósito 23 encargado para acumulación de forma intermedia. A este depósito 23 están asociados el sensor de temperatura 34 el y un sensor de nivel 61 acumulado de presión diferencial, con bomba de recirculación de reflujo 24.

30 La relación entre el reflujo y la extracción como producto de cabeza destilado viene marcada por las válvulas proporcionales 81 y 82 para el reflujo y el producto, respectivamente. Dichos flujos son medibles de forma correspondiente por los caudalímetros con display 51 y 52.

Tal como se mencionó, el cuerpo de la columna 20 está formado por los platos 11 - 19. Los platos 14 y 16 están conectados a la alimentación 25, siendo seleccionado el plato en el cual

se produce la misma a través de dos válvulas manuales. Asociados a los platos de la columna se encuentran los sensores de temperatura de tipo Pt-100 33, 35, 38 y 39.

En el calderín 22 se proporciona el flujo de calor necesario para el funcionamiento de la columna a través de la actuación sobre la resistencia eléctrica 91.

5 En el calderín 22 se encuentra, aparte del actuador, el sensor de temperatura 40 de tipo Pt-100, el sensor de nivel 62 y el sensor que marca la caída de presión a lo largo de la columna 71. El sensor de nivel 62 controla el caudal de salida de producto de cola 26. Asociados a este caudal están los sensores de temperatura de residuo 41 y 42 antes y después del enfriamiento y el sensor de flujo (caudalímetro) 53 correspondiente.

10 Dado que en el ejemplo la estrategia seguida es la de un control basado en PC, las comunicaciones con el sistema de sensores y actuadores se realizaron a través de tarjetas.

Obviamente, las características de la instrumentación marcan las especificaciones de las mismas tanto en tipo de entrada o salida, según sea el caso, como en velocidad de respuesta, niveles, etc.

15 Las características de los sensores y actuadores ya mencionados se pueden observar en las tablas 1 y 2, respectivamente.

**Tabla 1**

Sensores	Propiedad	Rango de medida	Magnitud eléctrica	Niveles
TI-TI2	Temperatura	-200 °C-119°C	Resistencia	18.49Ω-145.68 Ω
FI-FI3	Flujo	0-5 $\frac{l}{h}$	Intensidad	4-20 mA.
LI1	Nivel	0-495 mm.	Intensidad	4-20 mA.
LI2	Nivel	0-950 mm.	Intensidad	4-20 mA.
PD	Caída de presión	0-25 mbar.	Intensidad	4-20 mA.

20

**Tabla 2**

Actuador	Propiedad	Tipo de actuación	Magnitud eléctrica	Niveles
PDC1	Resistencia eléctrica	Todo-nada	Voltaje	0-5 V.
TIC1	Resistencia eléctrica	Todo-nada	Voltaje	0-5 V.
TIC2	Válvula	Proporcional	Intensidad	4-20 mA.
LIC1	Válvula	Proporcional	Intensidad	4-20 mA.
LIC2	Válvula	Proporcional	Intensidad	4-20 mA.
PIC1	Válvula	Proporcional	Intensidad	4-20 mA.

25 Para la adquisición y envío de señales se optó por tarjetas USB y PCI. De ellas, el bus PCI permite la configuración dinámica de los periféricos, ya que en el arranque del sistema

operativo, los dispositivos conectados a los buses PCI se comunican con la BIOS de la PC y calcula los recursos necesarios por cada uno de los mismos.

Por otra parte, el bus USB representa una mejora sustancial en cuanto a tecnología “plug-and-play”, teniendo como objetivo principal el eliminar la necesidad de adquirir tarjetas diferentes para los puertos de los ordenadores.

Además, lo anterior representa un rendimiento óptimo para el conjunto de dispositivos diferentes que componen el sistema de instrumentación, conectables sin necesidad de abrir el sistema.

La configuración del sistema de adquisición del sistema didáctico de monitorización y control está formada por los siguientes elementos:

1. NI PCI-6220 (adquisición de señales analógicas en tensión)
2. NI PCI-6722 (adquisición de señales analógicas en tensión)
3. NI USB-6009 (adquisición de señales analógicas en tensión)
4. NI USB-6210 (adquisición de señales analógicas en tensión)
5. NI PCI-6704 (adquisición de señales analógicas en intensidad)

Las medidas obtenidas procedentes de los sensores fueron acondicionadas para trabajar en los rangos de operación estándar y se les aplicó la técnica de promediado software para eliminación de ruidos, a través de herramientas de manejo estadístico específicas de la aplicación LABVIEW<sup>TM</sup>.

Las especificaciones de control en la columna fueron el seguimiento de referencias en unos tiempos y dinámica determinados no habiendo problema en alcanzarlas mediante el sistema de monitorización y control de la presente invención. Estas referencias a seguir son de temperatura en el plato 19 que indica la temperatura de reflujo que se muestra en el subpanel 101, presión diferencial en columna que se muestran en el sub-panel 102, y niveles de producto de destilado y producto de cola que se muestran en los paneles 103 y 104, respectivamente. En el subpanel 105 se muestra la temperatura de alimentación.

A la vista de esta descripción y juego de figuras, el experto en la materia podrá entender que las realizaciones de la invención que se han descrito pueden ser combinadas de múltiples maneras dentro del objeto de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento de monitorización y control para una columna de destilación mediante un sistema de monitorización y control para una columna de destilación en donde el sistema de monitorización está dotado de al menos:

- un sensor asociado a una variable de control en la columna de destilación, el sensor generando una señal para la variable de control;

- al menos una tarjeta de adquisición de datos asociada a cada sensor; una unidad de procesamiento en comunicación con la tarjeta de adquisición de datos para procesar la señal de la variable de control y transformarla en un valor que se representa de forma gráfica, la unidad de procesamiento mostrando el estado de la columna en forma gráfica;

- la unidad de procesamiento determinando por lo menos una acción de control con base a un modelo de la columna y del sistema de componentes que se esté destilando y algoritmos de control neuronal y genéticos para generar por lo menos una salida de control;

- al menos una tarjeta de salida que recibe dicha por lo menos salida de control para transformarla en por lo menos una señal de control; y

- al menos un actuador que recibe la señal de control de la tarjeta de salida y actúa sobre una variable manipulable para alcanzar especificaciones de control;

**caracterizado porque** comprende las etapas de:

a. Inicialización de Sistema;

b. Lectura de botonera desde el panel frontal para determinar referencias a seguir o parámetros para su cálculo, tipo de control que se desea realizar, etc.;

c. Realización en paralelo de comunicación con las tarjetas de adquisición para conocer estado físico del sistema y adquisición o cálculo de referencia a seguir;

d. Cálculo de acción de control, según estrategia determinada en paso anterior, que comprende:

i. Comunicación entorno del sistema de monitorización con la aplicación de control, suministrando referencia a seguir, estado y estados anteriores;

ii. Cálculo en entorno de acción de control en función del paradigma deseado; y

iii. Comunicación de acción de control a entorno de monitorización y continuación con bucle anterior; y

- e. Escritura de acciones de control tanto en tarjetas de salida como en ficheros de texto.

5            2.- Procedimiento de monitorización y control para una columna de destilación según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la inicialización de sistema comienza solicitando el fichero en el que se guardarán los resultados para el posterior análisis.

10           3.- Procedimiento de monitorización y control para una columna de destilación según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la lectura de la botonera presenta las opciones:

- a. Tipo de control (Control en bucle abierto, Control PID o Control neuronal, ya sea por propagación hacia atrás o control neurogenético);
  - b. Parámetros de control (cada tipo de control tiene una serie propia de parámetros para el cálculo de la acción de control); y
  - c. Referencias de seguimiento de sistema de control.
- 15

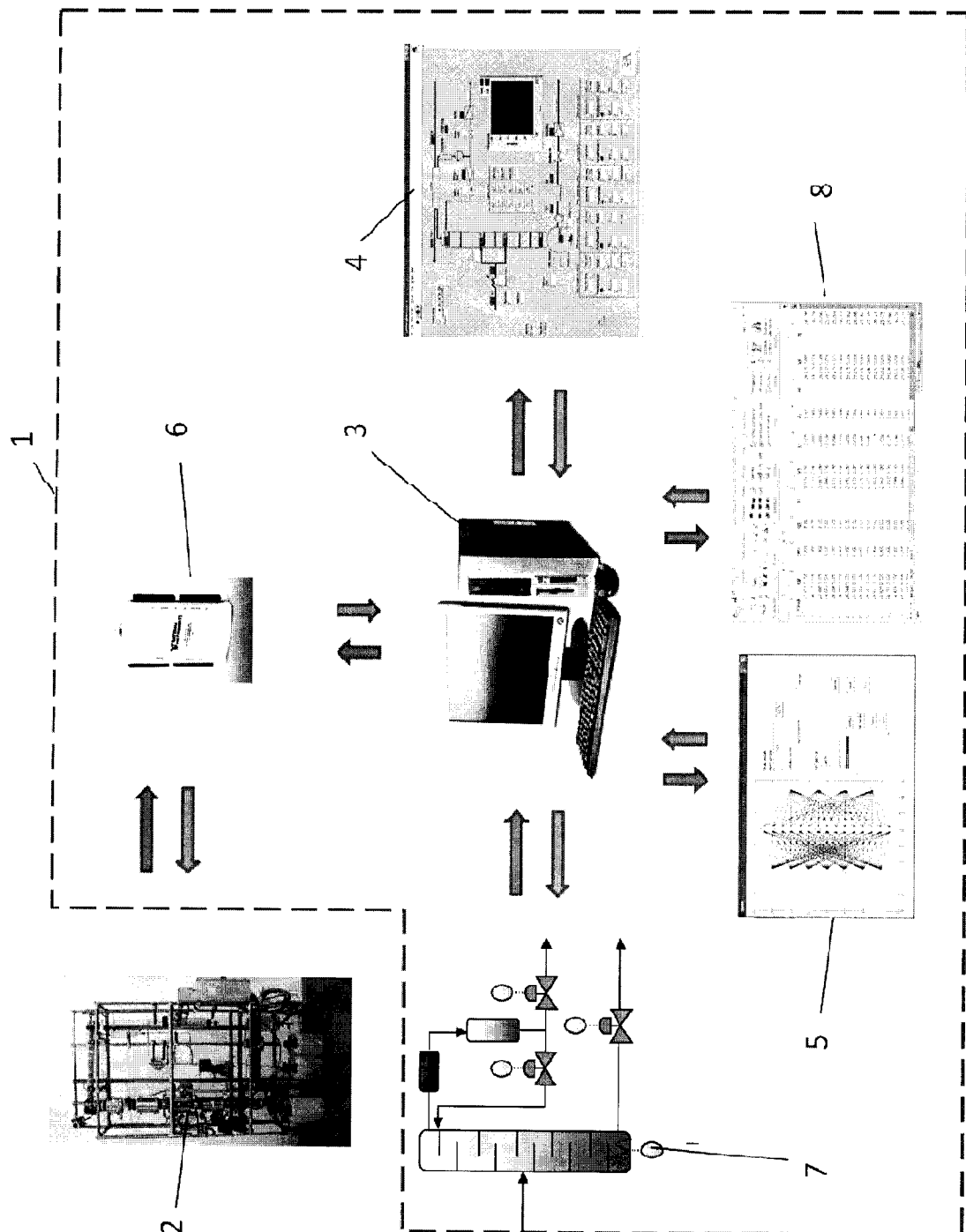


FIG. 1



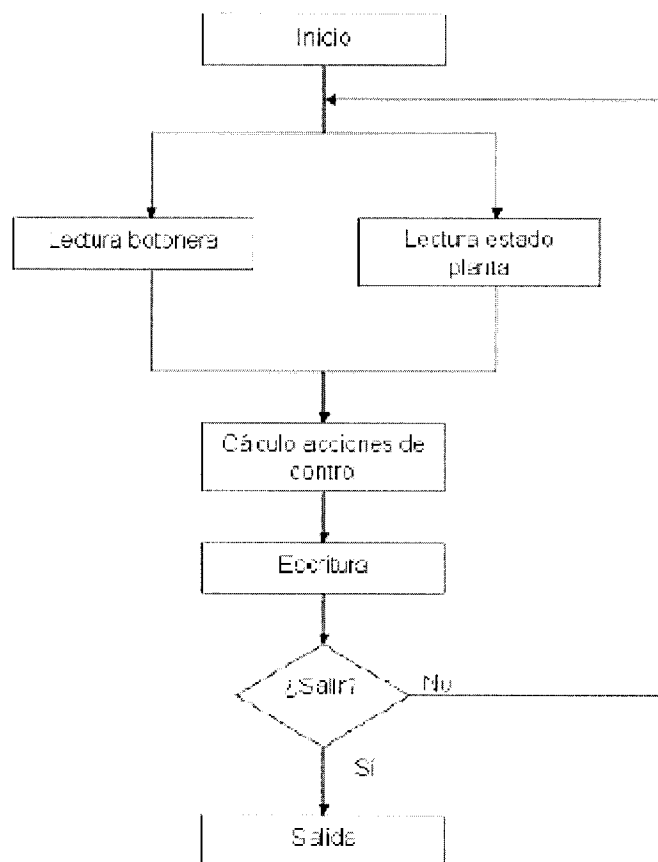


FIG. 2

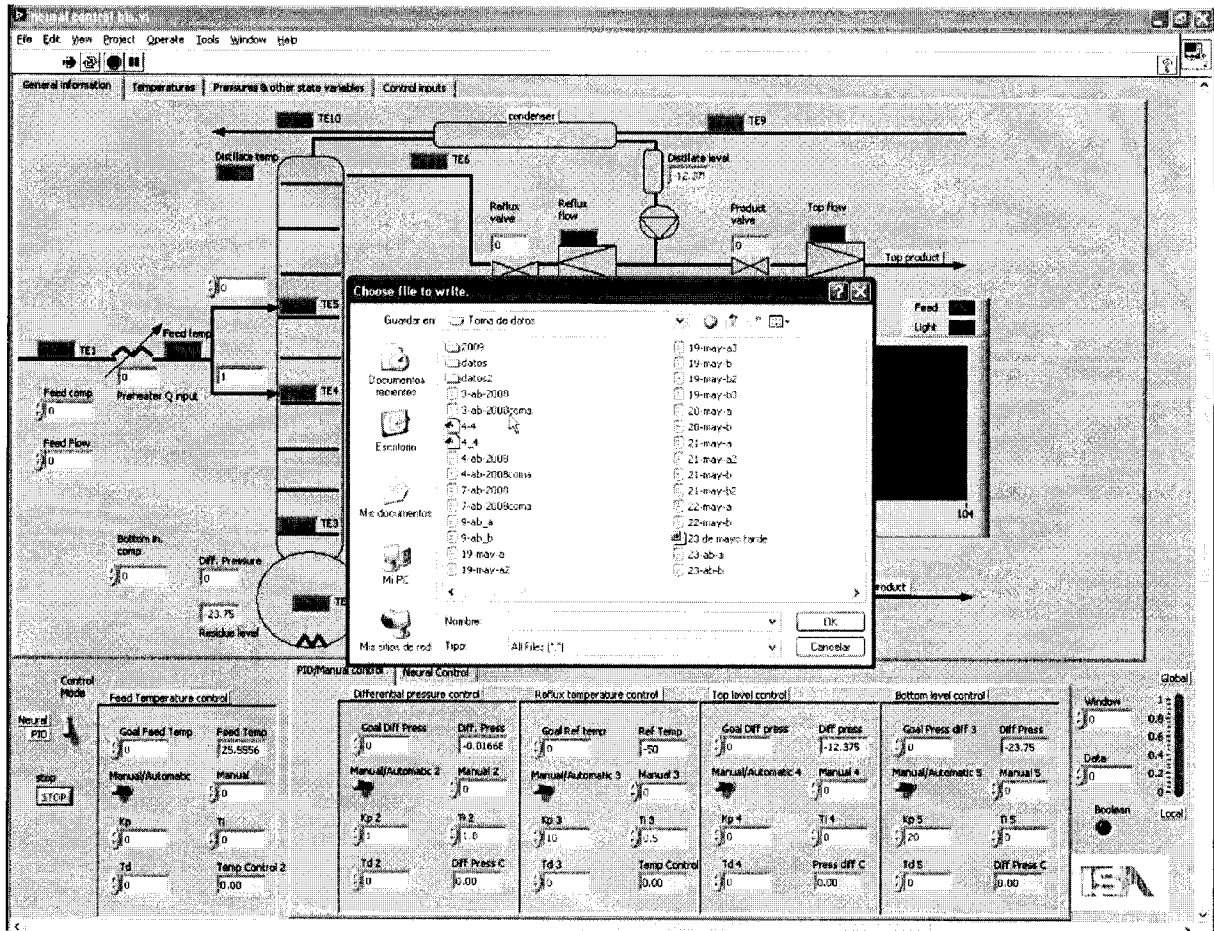


FIG. 3

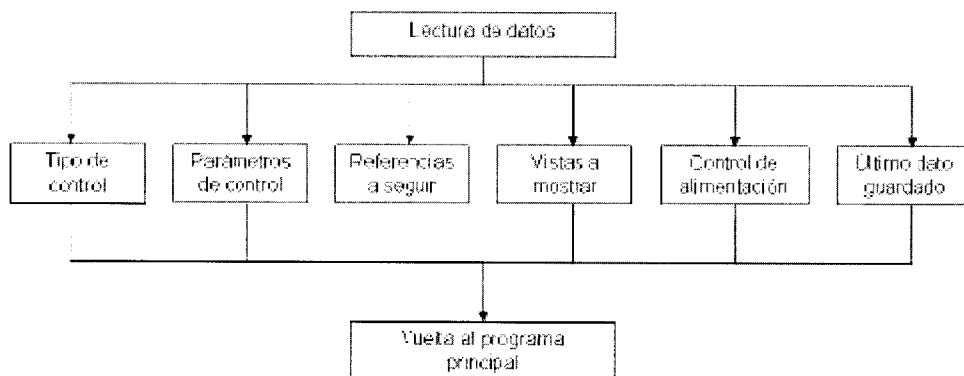


FIG. 4

FIG. 5A

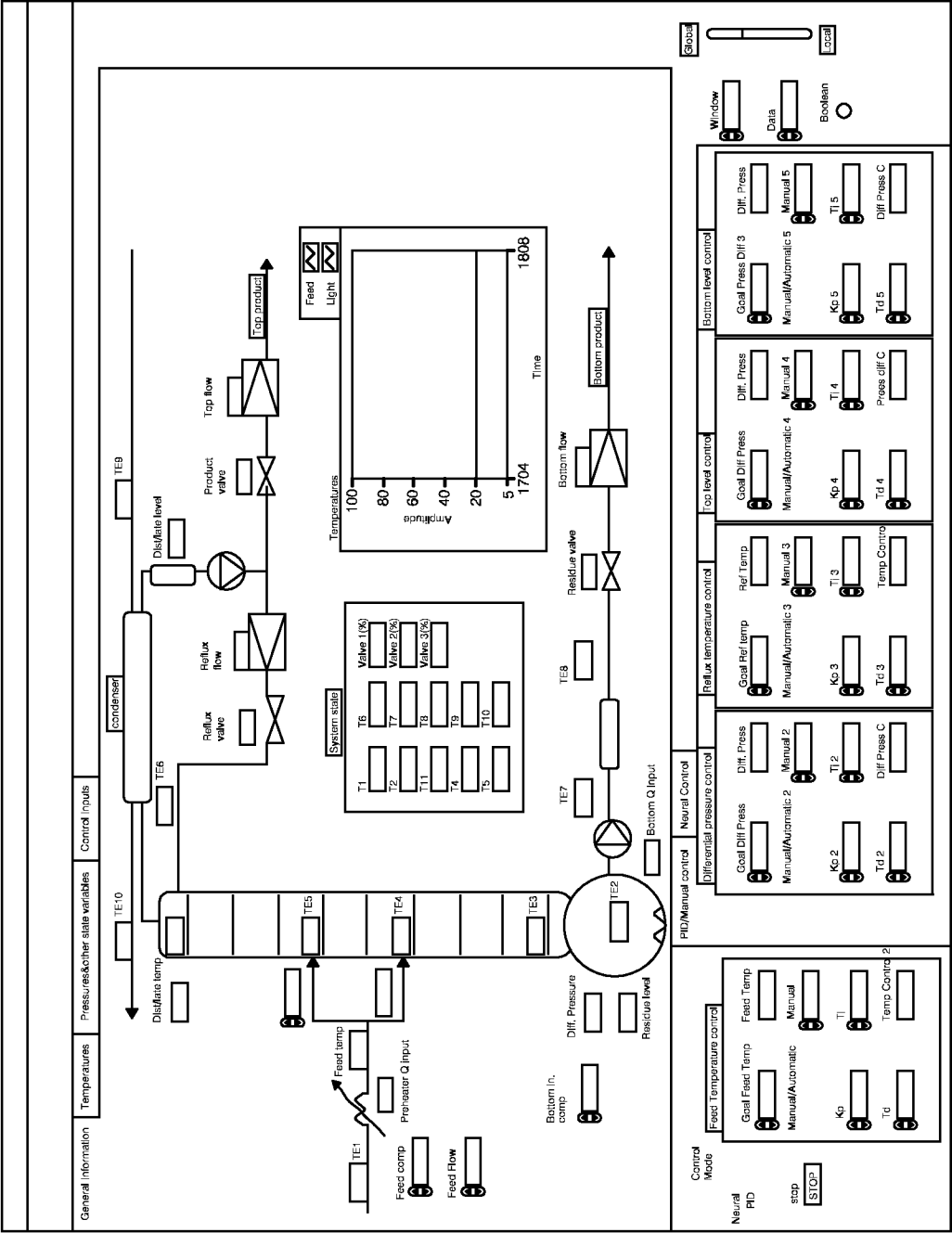


FIG. 5B

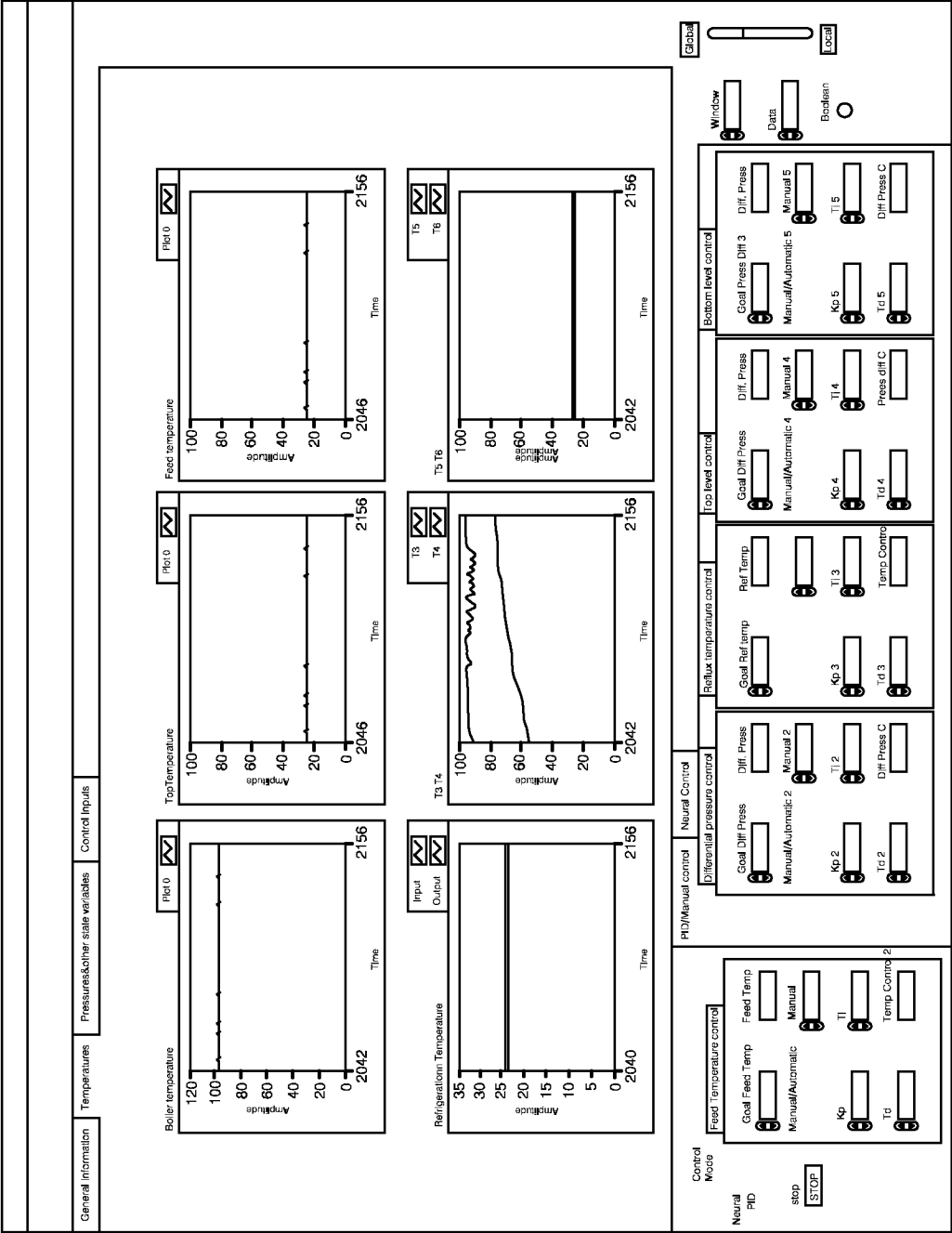
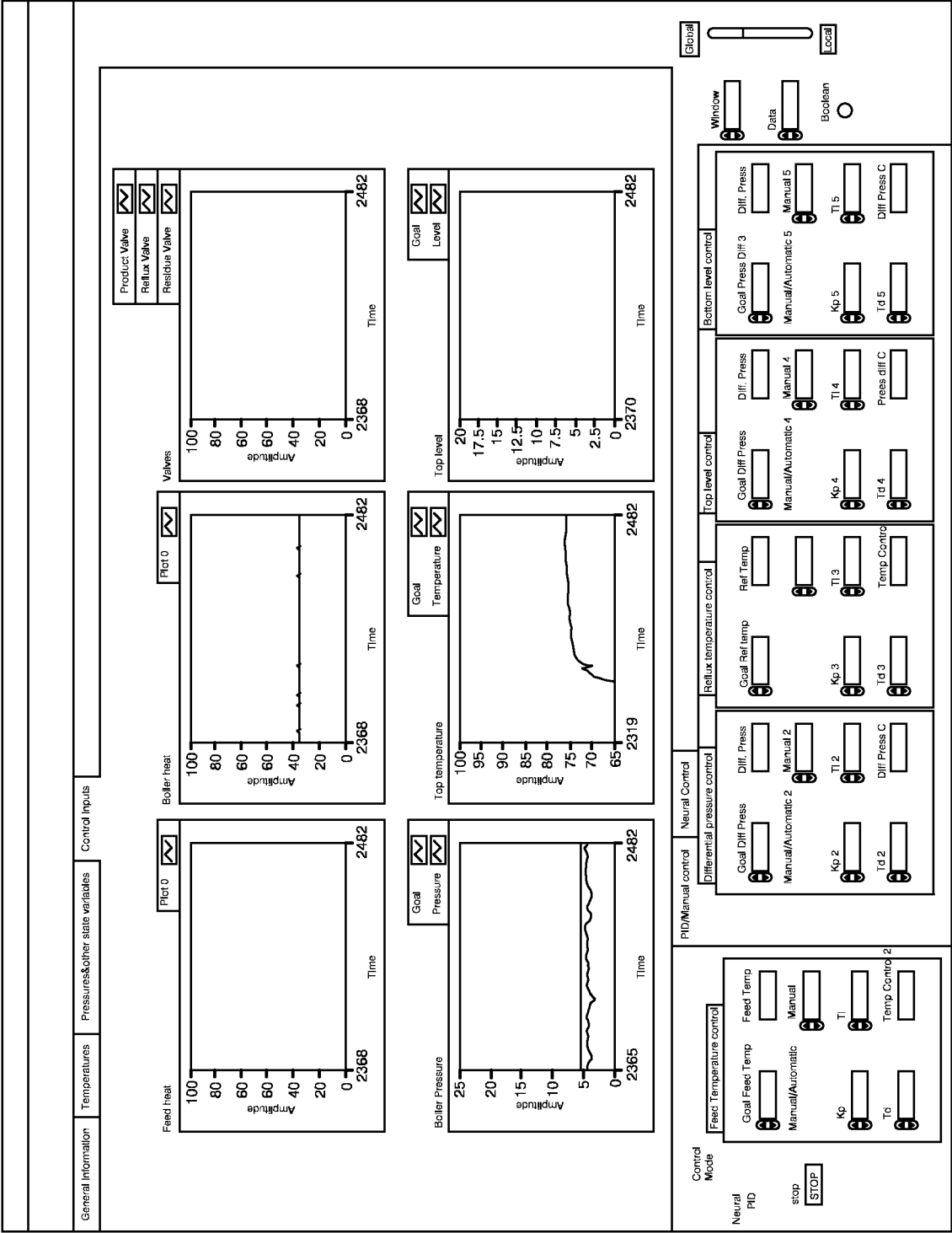
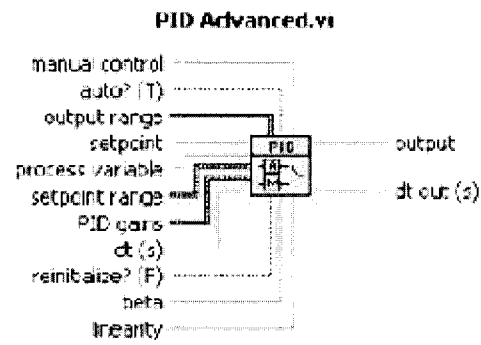


FIG. 5C





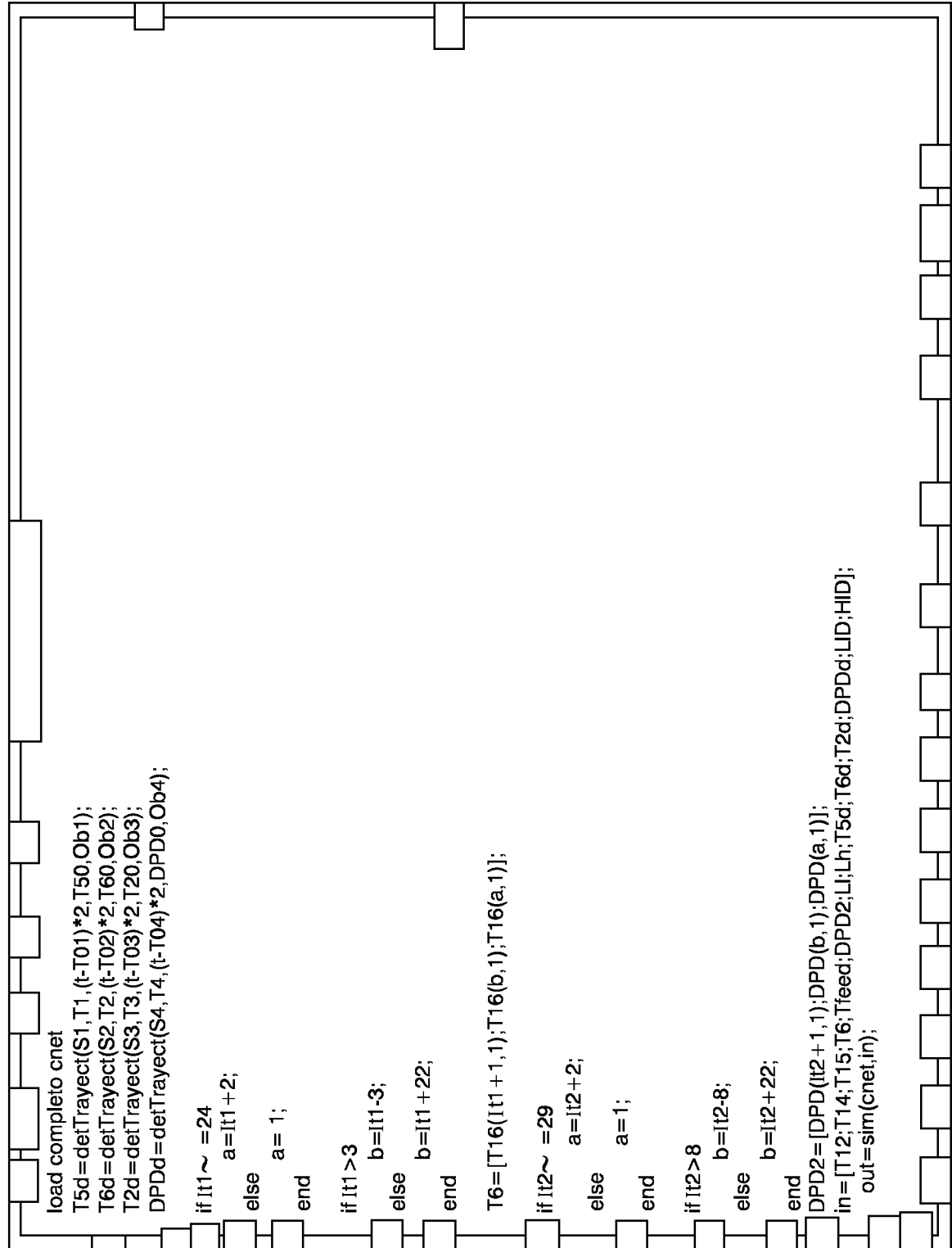
(a)



(b)

**FIG. 6**

FIG. 7



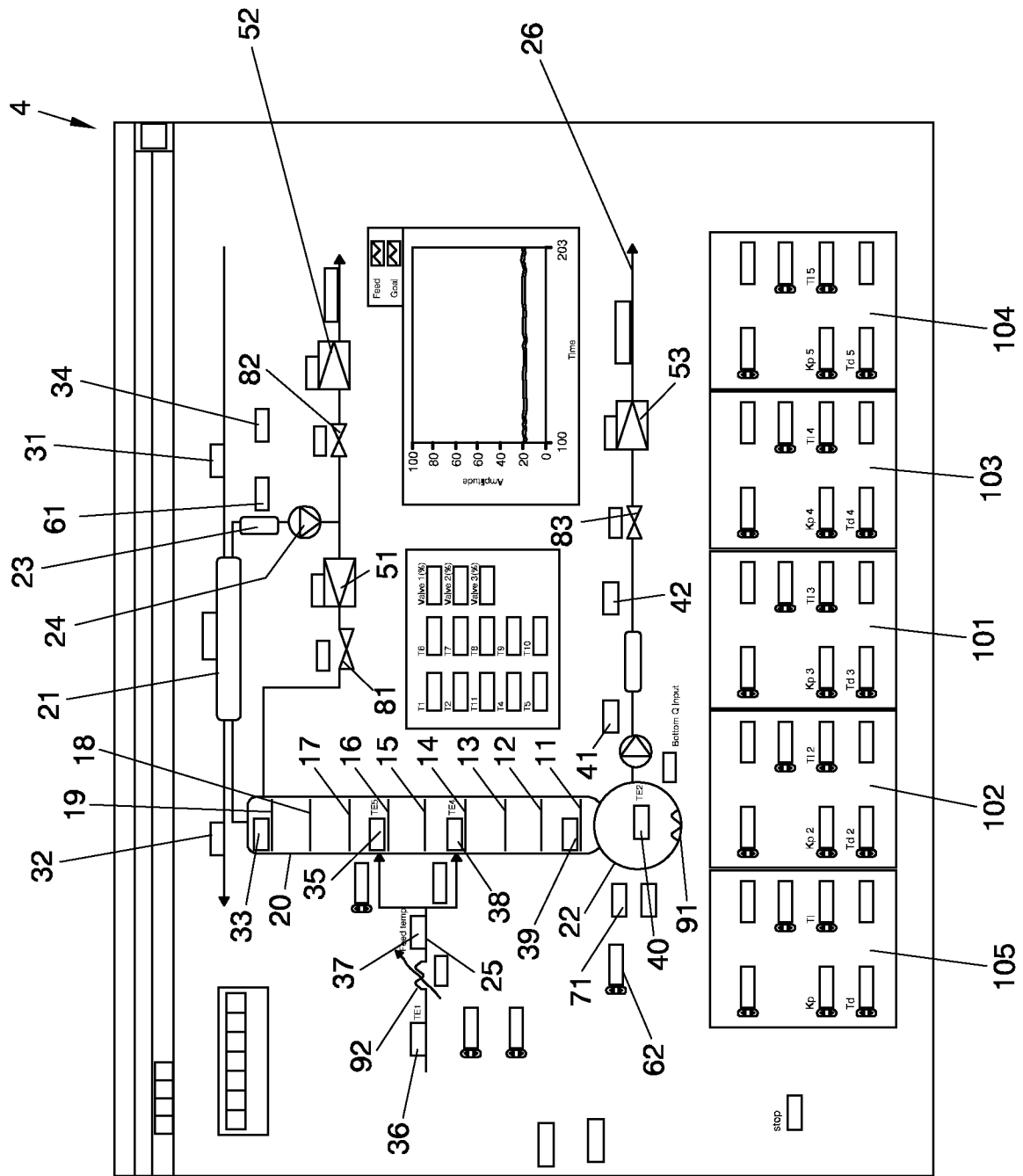


FIG. 8





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201001015

②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.07.2010

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **B01D3/42** (2006.01)  
**G05D21/02** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	JP 8179837 A (MITSUI TOATSU CHEMICALS) 12.07.1996, resumen; figuras. Extraída de la base de datos EPODOC en EPOQUE.	1-8
A		9-12
X	GB 1255541 A (SHELL INT RESEARCH) 01.12.1971, página 1, línea 10 – página 5, línea 74; figuras.	9,11
A		1-8,10,12
A	US 5343407 A (BEAUFORD et al.) 30.08.1994, columna 4, línea 20 – columna 10, línea 16; figuras 1,2.	1-12
A	US 3660247 A (FRANKS et al.) 02.05.1972, todo el documento.	1-12

#### 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  
23.01.2012

Examinador  
P. Pérez Fernández

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B01D, G05D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC,WPI,PAJ

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.01.2012

**Declaración****Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-2  
Reivindicaciones

SI  
NO

**Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)**

Reivindicaciones  
Reivindicaciones 1-9,11

SI  
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JP 8179837 A (MITSUI TOATSU CHEMICALS)	12.07.1996
D02	GB 1255541 A (SHELL INT RESEARCH)	01.12.1971

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración****Falta de Actividad Inventiva****Reivindicación nº 1**

Se establece el documento D01 como el más próximo del Estado de la Técnica.

Dicho documento D01 hace referencia a "un método para mostrar en una pantalla la distribución de temperaturas en una columna de destilación" y comprende:

- sensores que miden la distribución de temperatura en una columna de destilación (ver resumen).
- una unidad de procesamiento que representa de forma gráfica la distribución actual de temperatura junto con la distribución deseada (ver resumen).

El resto de las características reivindicadas, es decir, la tarjeta de adquisición de datos, la tarjeta de salida y el actuador, resultan obvias para el experto en la materia. Por tanto, la reivindicación nº1 carece de Actividad Inventiva (Art 8 LP).

**Reivindicación nº 2**

Las características de la reivindicación nº2 son características habituales de un procesador. Por consiguiente, la reivindicación nº 2 carece de Actividad Inventiva (Art 8 LP).

**Reivindicaciones nº 3, 4**

El documento D01 ya explicita que la variable es la temperatura (ver resumen). En consecuencia, las reivindicaciones nº 3, 4 carecen de Actividad Inventiva (Art 8 LP).

**Reivindicaciones nº 5, 6**

El hecho de que el procesador sea un ordenador personal o un ordenador portátil y de que las tarjetas de adquisición se seleccionen entre tarjetas PCI o puertos USB es una de las varias posibilidades evidentes que un experto en la materia seleccionará según las circunstancias, sin el ejercicio de Actividad Inventiva. Por lo tanto, las reivindicaciones nº 5, 6 no poseen Actividad Inventiva (Art 8 LP).

**Reivindicación nº 7**

El hecho de que la columna opere en modo arranque, tanda o continuo son técnicas muy conocidas, y por tanto, obvias para el experto en la materia. Por consiguiente, la reivindicación nº 7 carece de Actividad Inventiva (Art 8 LP).

**Reivindicación nº 8**

El que la unidad tenga asociada una memoria es una medida considerada obvia para un experto en la materia. En consecuencia, la reivindicación nº 8 carece de Actividad Inventiva (Art 8 LP).

**Reivindicación nº 9**

Un procedimiento semejante al mostrado en la reivindicación nº9 ya aparece en el documento D02 (ver líneas 10-22). Por lo tanto, la reivindicación nº9 carece de Actividad Inventiva (Art 8 LP).

**Reivindicación nº 11**

A la vista del documento D02 (líneas 10-22), el experto en la materia puede considerar que las características de la reivindicación nº 11 es un proceso normal de diseño. Así el objeto de la reivindicación nº 11 no implica Actividad Inventiva (Art 8 LP).