



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 619**

51 Int. Cl.:
G05B 21/00 (2006.01)
G05B 23/00 (2006.01)
D21F 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03758164 .2**
96 Fecha de presentación : **23.10.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1554638**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2005**

54 Título: **Procedimiento para supervisar y analizar un proceso.**

30 Prioridad: **24.10.2002 FI 20021901**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.05.2011

73 Titular/es: **OUTOTEC Oyj**
Riihitontuntie 7
02200 Espoo, FI

72 Inventor/es: **Laitinen-Vellonen, Sakari**

74 Agente: **Botella Reyna, Antonio**

ES 2 359 619 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para supervisar y analizar un proceso

5 Clasificación de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para supervisar y analizar un proceso de producción que consta de varios subprocesos, en el cual se mide un gran número de variables del proceso, con la ayuda de estas variables, se define en al menos dos subprocesos una huella digital asociada a una situación favorable del proceso, relativa al

10 comportamiento (*runnability*), y después se almacenan en una memoria, se comparan las huellas digitales almacenadas con las huellas digitales obtenidas en una situación normal del proceso, a partir de la comparación, se define la diferencia, presentada gráficamente al usuario, entre la situación favorable registrada y la situación momentánea del proceso.

15 Antecedentes de la invención

Se pueden usar redes neuronales con capacidad de aprendizaje para clasificar de forma eficaz grandes cantidades de datos y para revelar conexiones y agrupamientos en mediciones y grandes masas de datos, que resultan muy difíciles de hallar usando el análisis estadístico, modelos matemáticos o reglas lógicas. En la publicación de patente

20 internacional WO 01/75222, se describe un procedimiento, que aprovecha una red neuronal, para supervisar un proceso de producción de papel y aporta referencias a la literatura general sobre redes neuronales. Según indica la experiencia, el procedimiento descrito en la publicación se puede usar para revelar un proceso que se aparta de la zona óptima, mucho antes de que surjan problemas en forma de, por ejemplo, la rotura de una malla. Las mediciones electroquímicas se llevan a cabo, preferentemente, usando el equipo indicado en la publicación WO

25 01/25774. Sin embargo, el uso del procedimiento conocido no determinará la causa de un problema con mucha rapidez, aunque se examinen las variables de entrada de la red neuronal, cuando se produce una desviación del índice. A menudo, la causa no depende de la desviación en una única variable de entrada, sino más bien en una combinación perjudicial de varias variables.

30 En la práctica se ha observado que se produce un número considerable de situaciones problemáticas que siempre están relacionadas con similares circunstancias.

Sumario de la invención

35 La presente invención tiene el fin de crear un nuevo tipo de procedimiento en un proceso productivo, por medio del cual se pueda supervisar el proceso de forma más sencilla y precisa que anteriormente. Las características de la invención se indican en las reivindicaciones adjuntas. El punto de partida de la invención consiste en buscar las causas de los problemas lo más rápidamente posible. Desde el punto de vista de la invención, era importante que las diferencias detectadas se debieran a problemas bastante específicos. Estos problemas específicos surgen, por

40 ejemplo, en una máquina de procesamiento de papel en los siguientes contextos:

- mezclado de la masa en la circulación corta
- estado de los fieltros de la sección de prensado
- equilibrio acuoso en los fieltros

45

- estado electroquímico en la parte húmeda
- retención total
- proceso de secado
- estado del proceso durante el cambio de grado
- supervisión de la "calidad del comportamiento" (roturas, agujeros y manchas).

50

Estos fenómenos son, en gran medida, específicos de cada máquina. Para estas situaciones, se pueden registrar huellas digitales, con un área reducida, de una situación negativa.

55 En una máquina para fabricar papel, se observó que los fieltros de la sección de prensado se atascaban considerablemente, sin que esto llegara a afectar la producción de forma inmediata. Sin embargo, esta situación de avería no resistirá más perturbaciones, ya que la capacidad de absorción de los fieltros resultará insuficiente, si se requiere una mayor capacidad de absorción, debido a la nueva perturbación. En esta situación, los procesos se incluyen en índices especiales específicos para cada unidad de supervisión y para cada máquina, que definen las situaciones no deseadas delimitadas que se detectarán en los subprocesos. De este modo, se supervisa un

mezclado de la masa en el que se haya detectado algún factor desfavorable, un determinado estado electroquímico y el estado de los fieltros en la sección de prensado, y, si fuera necesario, se conectan al sistema de alarma del proceso. A menudo, queda tiempo suficiente para corregir dicho problema, ya que los factores que perturban el comportamiento solo se acumulan con el transcurso de varias horas.

5 Preferentemente, cada proceso, por ejemplo una máquina de papel, se divide en subprocesos y en cada subproceso se aplica el procedimiento según la publicación WO 01/75222.

10 Preferentemente, se procesan los vectores de salida de cada red neuronal para crear un escalar u otra variable univalente para cada índice. Se pueden detectar las huellas digitales desfavorables, no solo mediante una red neuronal, sino también usando circuitos lógicos más sencillos, ya que suelen tener criterios definidos con precisión. No obstante, el mejor resultado se obtiene normalmente mediante el uso de una red neuronal, si se realiza una búsqueda de una huella digital negativa, aunque solo haya unas pocas variables de entrada. A menudo, los fenómenos de los procesos son no lineales.

15 En el procedimiento se usa preferentemente una red neuronal perceptrón multicapa (MLP), que funciona particularmente bien para aplicaciones en línea. En la etapa de aprendizaje, cabe la posibilidad de usar, por ejemplo, una red de retropropagación.

20 Más adelante se describirán otras ventajas y formas de realización de la invención al hacer referencia a los ejemplos de aplicaciones.

Breve descripción del dibujo

25 A continuación se examina la invención más detalladamente haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra la configuración general del procedimiento según la invención, en relación con una máquina de papel,

30 la figura 2 muestra las etapas de la estructura de los datos de las mediciones de una máquina de papel,

la figura 3 muestra la jerarquía de la información de una máquina de papel,

la figura 4 muestra el equipo que contempla la invención, en el entorno de una máquina de papel.

35 Descripción detallada de la invención

40 En la figura 1 se muestra esquemáticamente una máquina de papel, que incluye una circulación corta 1, una caja de entrada 2, una sección de tamices 3, una sección de prensado 4, una sección de secado 5 y una sección de bobinado 6. Naturalmente, las unidades situadas al principio de la máquina de papel afectan en mayor medida a su comportamiento que las unidades situadas al final. Se puede formar el índice de comportamiento de cada componente, de la forma que se describe en la publicación WO 01/75222. Además, también se usan los índices de dos huellas digitales desfavorables.

45 En una máquina de papel, se ha detectado el efecto negativo de una mezcla de masa en particular. Este efecto se puede reconocer con bastante facilidad, incluso directamente a partir de los resultados de mediciones existentes. Se puede asociar a una alarma, o el índice puede estar adaptado para recuperarlo, por ejemplo, solo en el caso de que el índice de circulación corta se desvíe de un valor favorable.

50 En una máquina de papel, se ha observado que el bloqueo del fieltro provoca al menos algunas de las roturas de la malla. No obstante, resulta bastante sencillo medir el estado del fieltro y formar un índice con el mismo, e incluso una alarma directa, si el índice del estado cae por debajo de un límite establecido. La huella digital de una situación de proceso desfavorable tiene un área reducida e incluye, como máximo, seis variables de entrada. Para un índice del fieltro, se requieren los siguientes datos:

- 55
- la presión en la caja de vacío de la prensa de recogida,
 - la posición de la válvula de aire de alimentación de la prensa de recogida,
 - la presión en la 1ª caja de vacío de prensado,
 - la posición de la 1ª válvula de alimentación de prensado.

Además, en la etapa inicial, lo mejor es usar una mezcla de partida especial, que garantice una puesta en marcha suave. Tras la puesta en marcha, la mezcla de la masa se puede cambiar para adaptarla a la receta del producto.

5 También se pueden registrar huellas digitales desfavorables similares a partir de las mediciones electroquímicas en la parte húmeda, que muestran un "índice de sabor" específico. También se ha observado, sorprendentemente, que merece la pena tener en cuenta las mediciones electroquímicas de la parte húmeda a la hora de evaluar la calidad del papel producido, aunque, en este caso, el aprendizaje se debe llevar a cabo de forma bastante laboriosa. Por supuesto, resulta prácticamente imposible medir cualquier propiedad electroquímica en el papel seco, así como tampoco la electroquímica afecta en gran medida a las propiedades del papel seco. Sin embargo, la situación es distinta en una máquina de impresión, en la que la absorción y la dispersión de la tinta, por ejemplo, dependen de las propiedades electroquímicas del papel húmedo. El despolvado del papel, su desplazamiento a través de una máquina de impresión, y la adhesión de la tinta de impresión/material de carga también dependen, en parte, de dichas propiedades electroquímicas.

15

En la producción del papel, la electroquímica afecta, en general, a:

- la superficie y la química coloidal del papel,
- la estructura del papel,
- 20 - la formación de hojas,
- la acción de aditivos químicos,
- el ensuciamiento de la máquina de papel,
- el desgaste de fieltros/telas,
- el funcionamiento de las racletas.

25

Como puede observarse, las propiedades del papel acabado dependen en cierta medida de las propiedades electroquímicas de la masa usada en su fabricación.

30 Las huellas digitales negativas se basan, por lo general, en un grupo de variables (3 a 6) bastante reducido. Por el contrario, una huella digital favorable se basa en muchas variables (10 a 20), pero a menudo el grupo se puede reducir tras la etapa de investigación. Dicho de otro modo, cuando se procede al ajuste fino del equipo de supervisión y análisis, es posible distinguir las variables que tienen menos importancia.

35 Se pueden crear índices individuales para variables del proceso que se deban mantener constantes (en una máquina de papel: consistencias, presiones, temperaturas, de 10 a 20 elementos), lo que permite distinguir inmediatamente si ha habido alguna, aunque sea solo una, que se aleje de su valor establecido.

40 En la práctica, el perceptrón multicapa (MLP) ha demostrado ser el tipo preferente de red neuronal, debido a que funciona de un modo excelente en operaciones en línea y el entorno de un proceso en el que los fenómenos son no lineales. En la etapa de aprendizaje se puede usar, preferentemente, una red neuronal de retropropagación.

45 Por lo general, el comportamiento y la calidad se mantienen dentro de los niveles previstos mediante la supervisión de las huellas digitales de situaciones favorables en cada subproceso. Si después aparece una desviación, la causa de la avería o desviación en general se descubrirá con mucha mayor rapidez, en caso de que se disponga de una detección especial de huellas digitales desfavorables específicas. La supervisión se facilita por medio de un índice común de comportamiento para toda la máquina de papel, y cualquier cambio que se produzca en el mismo ofrecerá indicaciones para buscar el subproceso que esté causando el problema.

50 En la figura 2, se muestra un diagrama del principio según el cual los datos de miles de mediciones de proceso se reducen inicialmente hasta obtener entre 8 y 16 índices y, finalmente, hasta obtener un único índice de comportamiento y un único índice de calidad. Los subprocesos de circulación corta, caja de entrada y sección de tamices forman la parte húmeda, en la que también hay mediciones electroquímicas. La sección de prensado, la sección de secado y el bobinado (pope) forman la parte seca de la máquina de papel. Se forma un índice individual para cada subproceso y, a partir de ellos, un índice común de comportamiento para toda la máquina de papel.

55

En una máquina de papel, se observó una abrasión de los fieltros en una combinación en la que se produjo una merma del 7% (normalmente, 25%) al mismo tiempo que se añadían los biocidas. Estas combinaciones perjudiciales se pueden localizar fácilmente mediante el uso de huellas digitales negativas. En su modo más simple, se forma una huella digital a partir de unos pocos datos de estado, usando circuitos lógicos (AND, OR, NOT). Normalmente, en este caso también se

requiere una red neuronal, debido a que muchos fenómenos del proceso son no lineales y resulta conveniente el uso de una red neuronal, especialmente en la etapa de aprendizaje (situaciones en las que el proceso cambia).

- 5 En la figura 3, se muestra una jerarquía más detallada, relacionada con la invención, de la información de las mediciones de la máquina de papel. Se forman de 100 a 200 datos del proceso a partir de mediciones existentes de la máquina de papel (varios miles de entradas I/O) y a partir de las mediciones electroquímicas concretas. Hay una (caja de entrada) o más unidades de medición 10 para las mediciones electroquímicas. En una forma de realización, hay una unidad para cada ramal de materia prima (TMP, pulpa mecánica, celulosa, masa destintada, merma, y circulación de agua).
- 10 Los índices de los subprocesos deseados, que se señalan en la figura 3: pulpa, materia prima, aditivo, electroquímica (sabor), caja de entrada, sección de tamices, sección de prensado, fieltros, sección de secado, y pope, se forman a partir de dichos datos del proceso.
- 15 A partir de estos, se forma una ventana de datos individual para cada operario y especialista: el encargado de la pulpa, el encargado de la máquina, el especialista en automatización, el proveedor de fieltros, y el proveedor de productos químicos.
- 20 En la figura 3 también se señala un índice de comportamiento que ilustra el funcionamiento de toda la máquina de papel, y un índice de calidad del papel acabado, que se calcula a partir de índices básicos y a partir de posibles mediciones de calidad auxiliares. En la práctica, cualquier desviación en el índice de calidad originada por la electroquímica provocará, como mínimo, un aviso de que la capacidad del papel para la impresión y/o la permanencia del material de carga pueden verse reducidas.
- 25 Los índices se calculan, preferentemente, a partir de dos o más subprocesos consecutivos, lo que permite determinar la relación causa-efecto. Esto se aprovecha en la etapa de investigación, por ejemplo, formando índices de huellas digitales negativos de combinaciones desfavorables. En la etapa de investigación de la puesta en marcha del sistema, también se puede reducir considerablemente el conjunto de variables de entrada de la red neuronal.
- 30 En la figura 4, se muestra un aparato según la invención en el entorno de una máquina de papel. El sistema está conectado a la red de comunicación de datos existente de la fábrica de papel 20, al sistema de datos 21, y a las estaciones de trabajo de la fábrica de papel 24. El sistema de la fábrica de papel incluye, a través de una subred 20.1, los sistemas de control para la parte húmeda (1, 2, 3) y la parte seca (4, 5). El sistema según la invención recoge, además de la información de los procesos de la fábrica de papel (desde la unidad 21), datos procedentes de sus propias unidades electroquímicas 10. Para estos, se conecta un servidor de enlace de datos 22 y, precisamente, una unidad de procesamiento de red neuronal 23 a la red de la fábrica de papel 20. Se trata de unidades bastante convencionales de PC industriales. El servidor de enlace de datos 22 recoge datos electroquímicos usados en el procesamiento de la red neuronal, procedentes de las unidades 10 y de la unidad de datos de procesos de la fábrica de papel 21. De este modo, la unidad de procesamiento recibe todos sus datos del servidor de enlace 22.
- 35 Una característica particular del sistema son las unidades de control a distancia 25, mediante las cuales se puede controlar y enseñar a las redes neuronales a distancia. Además, las unidades de medición también se pueden controlar a distancia. El control a distancia se conecta a través de una red de datos pública (Internet), con la ayuda de una VPN (red privada virtual) formada usando cortafuegos de dos vías. Con la ayuda del control a distancia, un experto puede resolver rápidamente los problemas del proceso, así como realizar cambios en el sistema de forma eficaz. El control a distancia de las unidades de medición permite supervisar las unidades de medición junto con el resto del sistema. Esto resulta particularmente ventajoso, especialmente en la etapa de puesta en marcha. El control a distancia se puede usar para llevar a cabo las operaciones descritas en la publicación WO 01/25774 para calibrar cada sensor y ajustarlo correctamente. El control a distancia se puede usar para establecer el nivel base de cada electrodo, una vez que se aplicado la curva de polarización.
- 40
- 45
- 50 Generalmente, el sistema según la invención se puede usar para supervisar diversos procesos industriales. Entre estos se incluye el control de procesos en una planta de destintado, y el control de procesos en las industrias química, minera y alimentaria, así como en la depuración de aguas residuales y la producción de agua limpia.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para supervisar y analizar un proceso que consta de varios subprocesos (1, 2, 3, 4, 5, 6), procedimiento en el cual se mide un gran número de variables del proceso, con la ayuda de estas variables, se definen conjuntos fijos de parámetros del proceso relacionados con una situación favorable del proceso y una situación desfavorable del proceso, ambas relativas al comportamiento, y después se almacenan unos valores respectivos en una memoria, se realiza una comparación usando un valor obtenido en una situación normal del proceso y los conjuntos fijos almacenados, en la que se establece la definición de una situación favorable del proceso por separado en varios subprocesos (1, 2, 3, 4, 5, 6) y, para detectar una situación crítica específica de la máquina, se define al menos un índice específico en al menos uno de los subprocesos con respecto al comportamiento, en la que dicha situación crítica presentada por una combinación perjudicial de varias variables, y donde el conjunto fijo de parámetros del proceso asociados a una situación desfavorable del proceso tiene un área sustancialmente más reducida que el conjunto fijo de parámetros del proceso asociados a una situación favorable del proceso, **caracterizado porque** los valores de los respectivos parámetros obtenidos en dicha situación normal del proceso forman una huella digital para la comparación con las huellas digitales almacenadas formadas por dicho conjunto fijo de parámetros del proceso, y se usa una red neuronal en dicha comparación de dichas huellas digitales, y a partir de la comparación, se define la diferencia, presentada gráficamente al usuario, entre la situación favorable registrada y la situación momentánea del proceso.
- 20 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, para una máquina de papel, **caracterizado porque** dicho índice específico se refiere a uno de los siguientes:
 - el mezclado de la masa en la circulación corta (1),
 - el estado de los fieltros en la sección de prensado (4),
 - el estado electromagnético de la parte húmeda (1, 2, 3).
- 25 3. Un procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la huella digital asociada a una situación desfavorable del proceso se calcula a partir de, como máximo, seis y, preferentemente, entre 3 y 6 variables.
- 30 4. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se usa una red neuronal, **caracterizado porque** la huella digital asociada a una situación favorable del proceso se calcula, en la etapa de aprendizaje, a partir de, como mínimo, diez y, preferentemente, entre 10 y 20 variables.
5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se usa una red neuronal,
 35 **caracterizado porque** el sistema se usa bajo control a distancia (25).

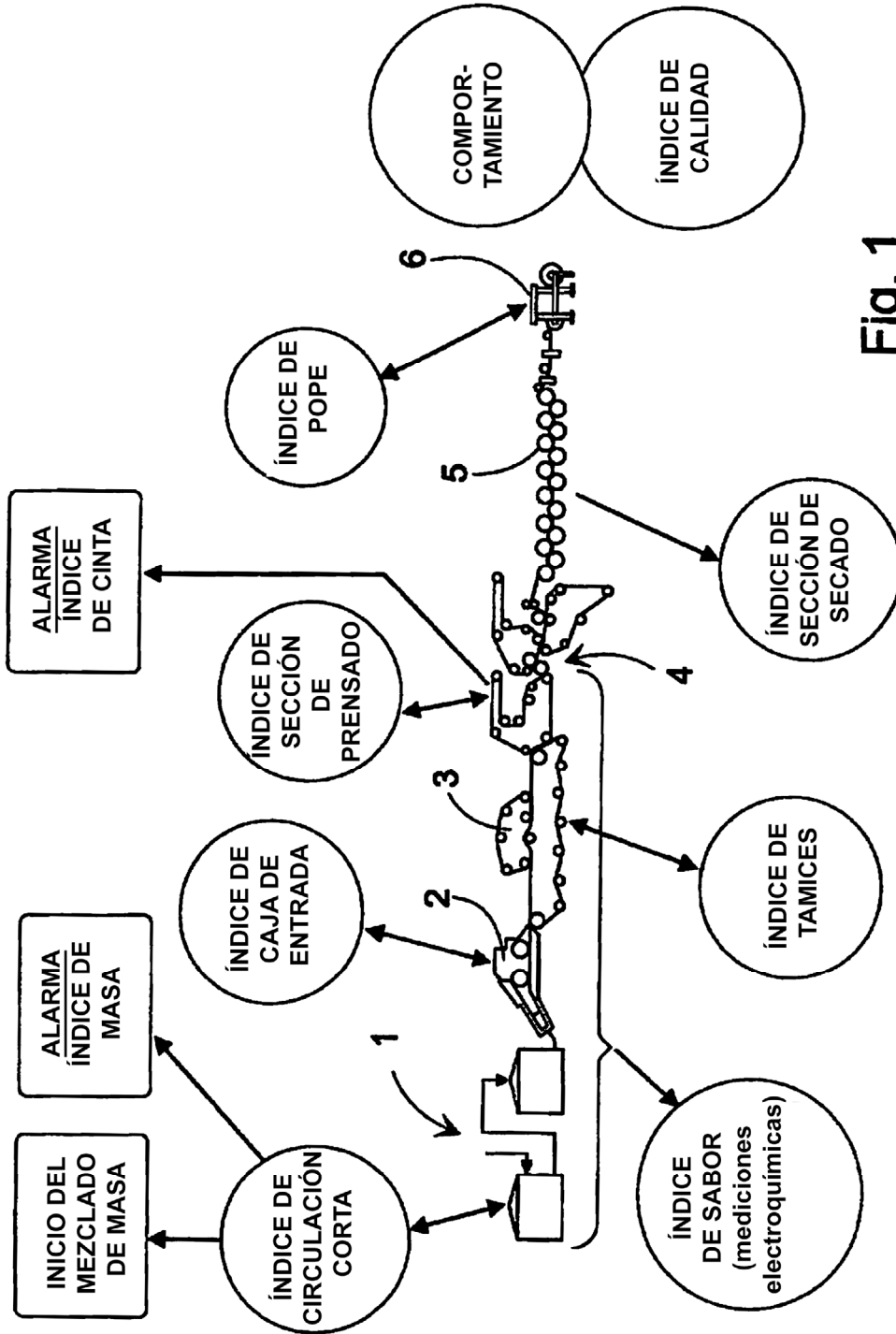


Fig. 1

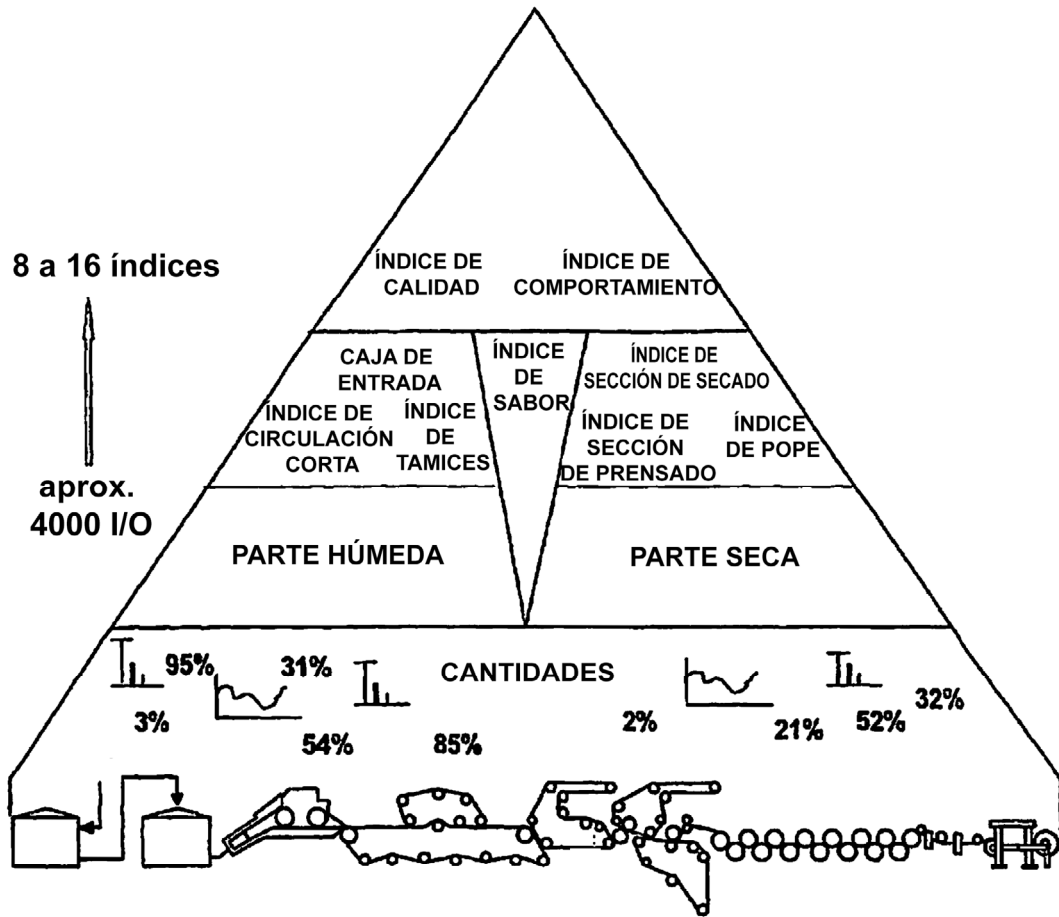
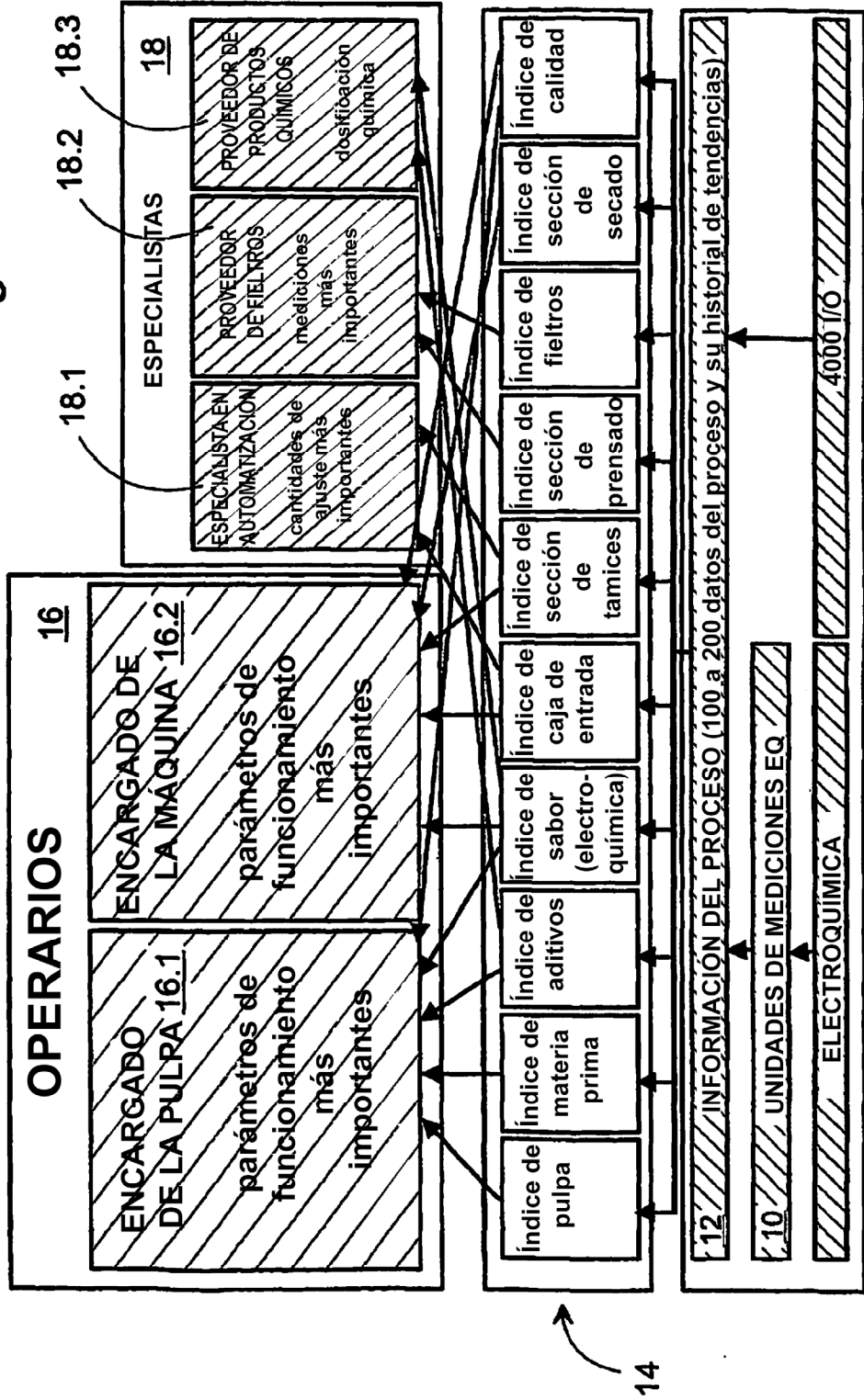


Fig. 2

Jerarquía de la información Fig. 3



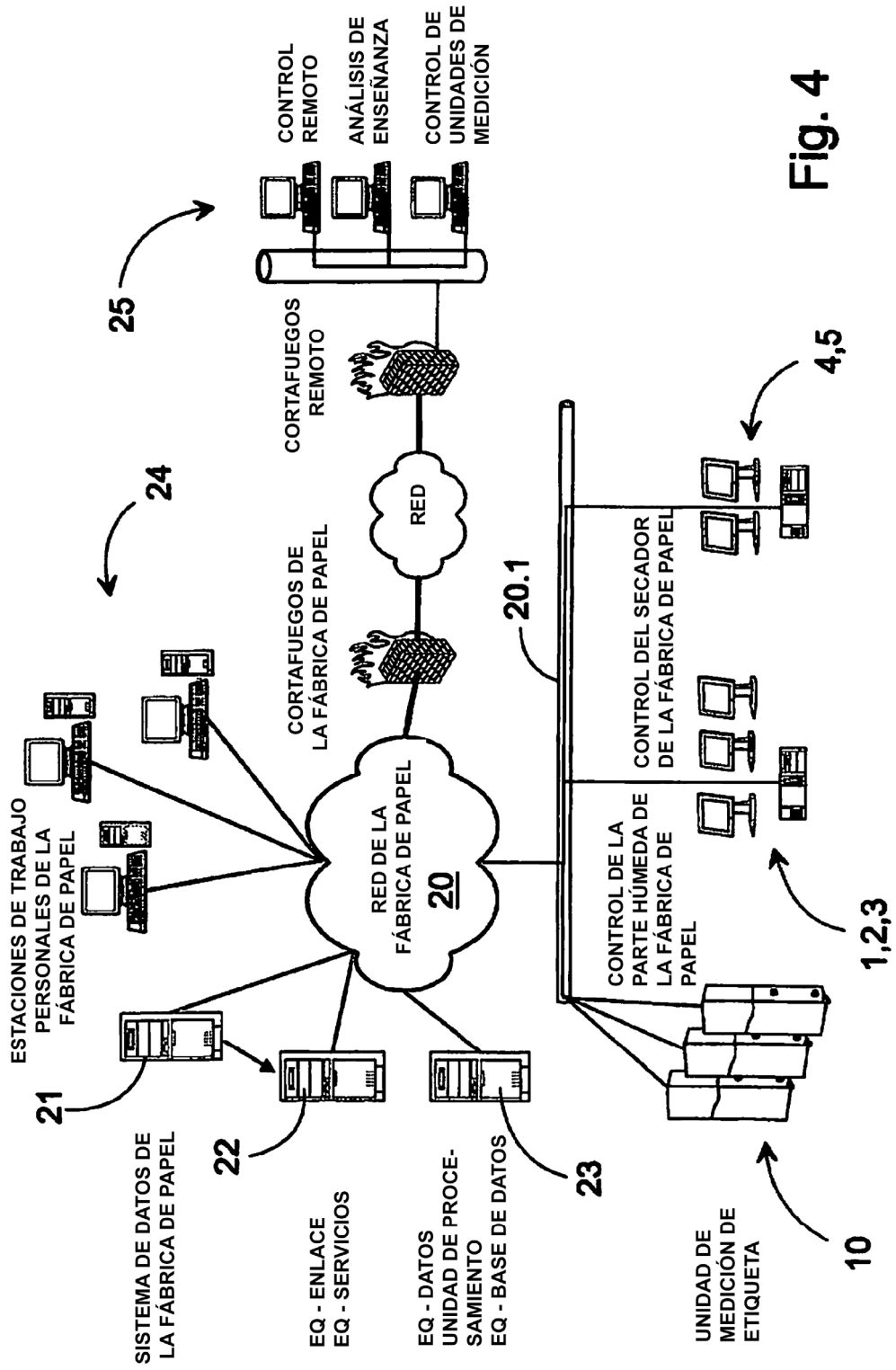


Fig. 4