

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 799**

51 Int. Cl.:

**F16T 1/48** (2006.01)

**G05B 23/02** (2006.01)

**G05B 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2016 PCT/JP2016/054902**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2016 WO16163163**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2016 E 16776332 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3282167**

54 Título: **Sistema de cálculo de un valor de umbral y método de cálculo de un valor de umbral**

30 Prioridad:

**07.04.2015 JP 2015078440**

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

**26.02.2020**

73 Titular/es:

**TLV CO., LTD. (100.0%)  
881 Nagasuna Noguchi-cho Kakogawa-shi  
Hyogo 675-8511 , JP**

72 Inventor/es:

**FUJIWARA, YOSHIYASU;  
ODA, KAZUNORI;  
MIYAMAE, YOSHIO y  
KAWAHARA, HIROKI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 744 799 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

Sistema de cálculo de un valor de umbral y método de cálculo de un valor de umbral

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un sistema de cálculo de un valor de umbral y a un método de cálculo de un valor de umbral para calcular valores de umbral que se utilizan para determinar el estado de una trampa de vapor.

### Antecedentes de la técnica

10 En general, para determinar el estado de una trampa de vapor, se establece un valor límite superior, un valor límite inferior, o ambos, para una cantidad física objetivo de determinación (p. ej., la temperatura, ondas ultrasónicas o similares), y el estado se determina como un estado incorrecto si la cantidad física objetivo de determinación es mayor que el valor límite superior o menor que el valor límite inferior (un intervalo superior al valor límite superior o un intervalo por debajo del valor límite inferior se denomina intervalo incorrecto, por ejemplo). Debe tomarse en consideración que una cantidad física objetivo de determinación no es un valor constante y varía con el tiempo, incluso si una trampa de vapor se encuentra en un estado normal. El intervalo de valores que se pueden tomar cuando una trampa de vapor se encuentra en un estado normal (denominado intervalo normal, por ejemplo) se determina en cierta medida. No hay problemas cuando la cantidad física objetivo de determinación se encuentra dentro del intervalo normal. Sin embargo, se puede decir que, cuando la cantidad física objetivo de determinación está fuera del intervalo normal, incluso si la cantidad física objetivo de determinación no se encuentra en un intervalo incorrecto, es muy probable que el estado de la trampa de vapor cambie a un estado incorrecto.

20 Con base en este hecho, puede ser posible detectar rápidamente que una trampa de vapor ingresa en un estado incorrecto, al establecer el límite superior y/o el límite inferior del intervalo normal como valor(es) de umbral, y al determinar si la cantidad física objetivo de determinación se encuentra dentro del intervalo normal (denominado determinación predictiva, por ejemplo). Debe tomarse en consideración que este intervalo normal varía para cada trampa de vapor en función del propósito de la trampa de vapor (p. ej., el tipo de aparato o instalación donde se instala la trampa en relación con el mismo, y la presión y temperatura del vapor empleado en una planta). Por ejemplo, el documento US 2010/153068 A1 describe, como un método para establecer valores de umbral de dicho intervalo normal, un método mediante el cual se recopilan datos de cada trampa de vapor durante un período de funcionamiento inicial de cada trampa de vapor, y el valor límite superior y el valor límite inferior del intervalo normal se establecen como valores de umbral para cada trampa de vapor, en función de los datos recopilados.

30 La patente europea EP 1 203 910 A2 describe un sistema y un método para apoyar las ventas y el mantenimiento de trampas de vapor. El sistema calcula las primeras y segundas cantidades de pérdida de vapor, pero no tiene una unidad de cálculo del valor de umbral que calcule un intervalo de valores en función de los valores de estado almacenados.

35 La patente europea EP 0 972 982 A2 describe un aparato de inspección de trampas de vapor con una unidad de medición y una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento convierte un valor detectado en un valor indicador de rendimiento. Durante la inspección de la trampa de vapor, se diagnostica un estado de la trampa de vapor utilizando mediciones de temperatura. Una temperatura detectada se compara con un valor de temperatura predefinido que depende de un valor de presión de vapor.

### Compendio

40 Sin embargo, según el método descrito en el documento US 2010/153068 A1 precedente, en el caso de que una trampa de vapor ingrese en un estado incorrecto durante un período de funcionamiento inicial en el que se recopilan datos para establecer el intervalo normal, o que una trampa de vapor tenga un defecto o se encuentre en un entorno donde la trampa de vapor no pueda funcionar correctamente desde el principio, es imposible establecer un intervalo normal apropiado. Aunque el intervalo normal se puede calcular utilizando los datos recopilados con base en una referencia de cálculo, el intervalo normal varía para cada trampa de vapor, en función del propósito de la trampa de vapor. Por lo tanto, si el intervalo normal se calcula con base en la misma referencia de cálculo para cada trampa de vapor, la precisión de la determinación predictiva varía para cada trampa de vapor, y existe el riesgo de que la precisión de la determinación predictiva sea insuficiente para algunas trampas de vapor. Para realizar una determinación precisa, es preferible que se establezca de manera apropiada una referencia de cálculo para calcular el intervalo normal para cada trampa de vapor. Sin embargo, tal idea no se tiene en cuenta en el documento US 2010/153068 A1 precedente.

50 Por lo tanto, existe una demanda de un sistema de cálculo del valor de umbral y un método de cálculo del valor de umbral que pueda establecer adecuadamente una referencia de cálculo para calcular un intervalo normal y realizar una determinación predictiva precisa para cada trampa de vapor.

55 Las configuraciones características de un sistema de cálculo del valor de umbral según la presente descripción radican en que el sistema de cálculo del valor de umbral incluye:

un detector configurado para detectar una o más cantidades físicas con respecto a una trampa de vapor;

una unidad de determinación configurada para realizar una determinación de estado incorrecto a modo de determinar si el estado de la trampa de vapor se encuentra en un estado normal o incorrecto mediante la determinación de si los valores de estado que se basan en señales de detección han ingresado o no en un intervalo incorrecto de los valores de estado;

una unidad de almacenamiento configurada para almacenar acumulativamente los valores de estado y los resultados de la determinación de la determinación de estado incorrecto; y

una unidad de cálculo del valor de umbral configurada para calcular un intervalo normal que es un intervalo de valores que se toman cuando la trampa de vapor se encuentra en un estado normal, mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada, basada al menos en valores de estado con resultados de determinación normales, entre los valores de estado que se han almacenado en la unidad de almacenamiento durante un período predeterminado,

en donde la unidad de determinación está configurada para poder realizar una determinación predictiva para determinar si la trampa de vapor se encuentra en un estado normal o en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y que es muy probable que cambie a un estado incorrecto mediante la determinación de si los valores de estado se encuentran en el intervalo normal o no, y

la unidad de cálculo del valor de umbral se encuentra configurada para realizar una determinación de precisión a modo de determinar la precisión de la determinación predictiva en función de los resultados de la determinación predictiva con respecto a los valores de estado almacenados en la unidad de almacenamiento, y ajustar la referencia de cálculo con base en el resultado de la determinación de precisión.

Con esta configuración, cuando se establece el intervalo normal para los valores de estado objetivo de determinación, se almacenan acumulativamente, no solo los valores de estado, sino también los resultados de la determinación con respecto al estado de la trampa de vapor en función de los valores de estado, y el intervalo normal se calcula en función de en una referencia de cálculo predeterminada, mediante la utilización de únicamente los valores de estado que se han determinado como indicativos de que la trampa de vapor se encuentra en un estado normal. Como resultado, es posible establecer adecuadamente el intervalo normal. Además, luego de calcular el intervalo normal en función de la referencia de cálculo predeterminada, se realiza una determinación predictiva que se basa en el intervalo normal calculado para determinar la precisión mediante la utilización, a su vez, de valores de estado que no se utilizaron para calcular el intervalo normal (p. ej., valores de estado que son más antiguos que los valores de estado que se utilizaron para establecer el intervalo normal). La unidad de cálculo del valor de umbral realiza una determinación de precisión para determinar la precisión de la determinación predictiva, en función del resultado de la determinación predictiva. Luego, la referencia de cálculo se ajusta en función de la determinación de precisión. Por lo tanto, la referencia de cálculo se puede ajustar de modo que la precisión de la determinación predictiva con respecto a una trampa de vapor para la cual la precisión es insuficiente sea suficiente. Por lo tanto, es posible establecer apropiadamente el intervalo normal, y es posible realizar una determinación predictiva precisa en cada trampa de vapor.

Aquí, el valor de estado es un concepto que incluye no solamente un valor que indica una cantidad física determinada detectada por un detector, sino también un valor que indica una combinación de una multiplicidad de cantidades físicas detectadas (p. ej., un valor obtenido al sumar una multiplicidad de cantidades físicas detectadas). Además, no es esencial que únicamente un tipo de valores de estado se encuentre sujeto a determinación, y la determinación puede realizarse en múltiples tipos de valores de estado, o en una combinación del valor y la inclinación de un valor de estado.

Las configuraciones características adicionales del sistema de cálculo del valor de umbral según la presente descripción radican en que la unidad de cálculo del valor de umbral se encuentra configurada para realizar la determinación de precisión mediante la comparación de los resultados de la determinación predictiva con respecto a los valores de estado, con los resultados de la determinación de estado incorrecto con respecto a valores de estado que se han obtenido durante un período predeterminado después de que se detectaron los valores de estado en los que se realizó la determinación predictiva, para determinar si la determinación predictiva es correcta o incorrecta.

Cuando el resultado de la determinación predictiva indica un estado normal, la trampa de vapor debe permanecer en el estado normal a partir de entonces, y cuando el resultado de la determinación predictiva indica una inclinación hacia un estado incorrecto, la trampa de vapor puede ingresar en un estado incorrecto a partir de entonces, si la determinación predictiva se ha realizado correctamente. Por lo tanto, con esta configuración, la determinación de precisión se realiza mediante la comparación del resultado de la determinación predictiva con respecto a los valores de estado de las trampas de vapor en un punto dado en el tiempo, con los resultados de la determinación de estado incorrecto con respecto a los valores de estado que se han obtenido durante un período predeterminado luego de que se detectaron los valores de estado en los que se realizó la determinación predictiva, entre los resultados de la determinación de estado incorrecto almacenados en la unidad de almacenamiento, a modo de determinar si la determinación predictiva es correcta o incorrecta. Es decir, al determinar si los estados de las trampas de vapor pronosticados en función de los resultados de la determinación predictiva son los mismos que los estados de las

trampas de vapor que realmente se detectan, es posible realizar con precisión la determinación de precisión, que se realiza para determinar la precisión de la determinación predictiva. Por lo tanto, es posible establecer de manera más apropiada el intervalo normal, y así realizar una determinación predictiva más precisa en cada trampa de vapor.

5 Otras configuraciones características del sistema de cálculo del valor de umbral según la presente descripción radican en que la unidad de cálculo del valor de umbral se encuentra configurada para realizar la determinación de precisión basada en: un primer índice que indica la proporción, en relación con todos los resultados de la determinación de corrección con respecto a determinación predictiva de casos en los que el resultado de la determinación predictiva indica un estado normal, y los resultados de la determinación del estado incorrecto con respecto a los valores de estado obtenidos durante el período predeterminado posterior incluyen un resultado determinado como indicativo de un estado incorrecto; un segundo índice que indica la proporción, en relación con todos los resultados de la determinación de corrección con respecto a la determinación predictiva, de casos en los que el resultado de la determinación predictiva indica un estado que muestra una inclinación hacia un estado incorrecto, y los resultados de la determinación del estado incorrecto con respecto al estado de los valores obtenidos durante el período predeterminado posterior no incluyen un resultado que indique un estado incorrecto; o un tercer índice que es una combinación del primer índice y del segundo índice.

Es decir, los casos de determinación predictiva incorrecta se componen de casos en los que no se pudo predecir un estado incorrecto (es decir, casos relacionados con el primer índice, en el que el resultado de la determinación predictiva indica un estado normal, pero los resultados de la determinación del estado incorrecto realizados a partir de entonces incluyen un resultado determinado como indicativo de un estado incorrecto) y casos en los que se determinó innecesariamente que el estado es un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y que se realizarán contramedidas innecesarias (es decir, casos relacionados con el segundo índice, en el que el resultado de la determinación predictiva indica un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, pero los resultados de la determinación del estado incorrecto realizada posteriormente no incluyen un resultado determinado como indicativo de un estado incorrecto). Además, la suma de la proporción de los casos en los que no se pudo predecir un estado incorrecto y la proporción de los casos en los que se tomarán contramedidas innecesarias es la proporción de todos los casos en los que se llevó a cabo la detección errónea (relacionada con el tercer índice). La referencia para la determinación de precisión se puede seleccionar entre las siguientes según una política de mantenimiento con respecto a las trampas de vapor. Es decir, es posible (1) utilizar el primer índice descrito anteriormente como referencia para reducir los casos en los que no se puede predecir un estado incorrecto, (2) utilizar el segundo índice descrito anteriormente como referencia para reducir los casos en que se llevarán a cabo contramedidas innecesarias y (3) utilizar el tercer índice descrito anteriormente como referencia para reducir el número de casos de determinación predictiva incorrecta.

Con la configuración descrita anteriormente, es posible ajustar adecuadamente la referencia de cálculo para calcular el intervalo normal a modo de que coincida con una de las políticas de mantenimiento descritas anteriormente mediante la determinación de precisión mediante la utilización de uno del primer índice, el segundo índice y el tercer índice. Por lo tanto, es posible establecer un intervalo normal apropiado según una política de mantenimiento con respecto a las trampas de vapor. Por lo tanto, es posible establecer de manera más apropiada el intervalo normal, y es posible realizar una determinación predictiva más precisa en cada trampa de vapor.

Aquí, el concepto de combinar el primer índice y el segundo índice incluye no solamente una simple suma de estos índices, sino también un valor obtenido al sumar los índices después de asignar un peso a uno o ambos, por ejemplo.

Otras configuraciones características del sistema de cálculo del valor de umbral según la presente descripción radican en que el sistema de cálculo del valor de umbral incluye una unidad de entrada de instrucciones, y la unidad de cálculo del valor de umbral se encuentra configurada para cambiar entre el primer índice, el segundo índice y el tercer índice, en función del cual se realiza la determinación de precisión en cada trampa de vapor, con base en una instrucción de la unidad de entrada de instrucciones.

Es decir, con esta configuración, es posible cambiar entre el primer índice, el segundo índice y el tercer índice, en función del cual se realiza la determinación de precisión. Por lo tanto, es posible cambiar la referencia para la determinación de precisión según la importancia o el propósito de la trampa de vapor, y establecer de manera flexible el intervalo normal según una política de mantenimiento con respecto a las trampas de vapor. Por lo tanto, es posible establecer de manera más apropiada el intervalo normal, y es posible realizar una determinación predictiva más precisa en cada trampa de vapor.

Las configuraciones características de un método de cálculo del valor de umbral según la presente descripción radican en que el método de cálculo del valor de umbral incluya:

detectar una o más cantidades físicas con respecto a una trampa de vapor;

55 realizar una determinación de estado incorrecto para determinar si el estado de la trampa de vapor es un estado normal o un estado incorrecto mediante la determinación de si los valores de estado que se basan en señales de detección han ingresado en un intervalo incorrecto de los valores de estado;

almacenar acumulativamente valores de estado y resultados de determinación de la determinación de estado incorrecto;

5 calcular un intervalo normal que es un intervalo de valores que se toman cuando la trampa de vapor se encuentra en un estado normal, mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada, basada al menos en valores de estado con resultados de determinación normales, de entre los valores de estado que se han almacenado en la unidad de almacenamiento durante un período predeterminado;

10 realizar una determinación predictiva para determinar si la trampa de vapor se encuentra en un estado normal o en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y que es muy probable que cambie a un estado incorrecto, mediante la determinación de si los valores de estado almacenados en la unidad de almacenamiento se encuentran o no en el intervalo normal; y

realizar una determinación de precisión para determinar la precisión de la determinación predictiva en función de los resultados de la determinación predictiva y ajustar la referencia de cálculo en función del resultado de la determinación de precisión.

15 Con la configuración descrita anteriormente, es posible implementar convenientemente el sistema de cálculo del valor de umbral según la presente descripción, y por lo tanto es posible lograr efectivamente los efectos descritos anteriormente que pueden obtenerse mediante la utilización del sistema de cálculo del valor de umbral según la presente descripción.

### Breve descripción de los dibujos

20 La Figura 1 es un diagrama que ilustra una perspectiva general de un sistema de soporte de mantenimiento según la presente realización.

La Figura 2 es un diagrama de bloques para el sistema de soporte de mantenimiento según la presente realización.

La Figura 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de información de mantenimiento.

La Figura 4 es un diagrama que muestra un ejemplo de información predictiva.

La Figura 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de un cambio temporal en el estado de una trampa de vapor.

25 La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un procedimiento para determinar un intervalo normal.

### Realizaciones

30 A continuación se describe un sistema de cálculo del valor de umbral y un método de cálculo del valor de umbral según la presente descripción con referencia a los dibujos. Un sistema de cálculo del valor de umbral según la presente realización incluye: una unidad de determinación configurada para realizar una determinación de estado incorrecto para determinar si el estado de la trampa de vapor es un estado normal o un estado incorrecto mediante la determinación de si los valores de estado se basan o no en la detección de señales, han ingresado en un intervalo incorrecto de los valores del estado; una unidad de almacenamiento configurada para almacenar acumulativamente los valores de estado y los resultados de la determinación de estado incorrecto; y una unidad de cálculo del valor de umbral configurada para calcular un intervalo normal que es un intervalo de valores que se toman cuando la trampa de vapor se encuentra en un estado normal, mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada, basada al menos en valores de estado con resultados de determinación normales, de entre los valores de estado que se han almacenado en la unidad de almacenamiento durante un período predeterminado. En el sistema de cálculo del valor de umbral según la presente realización, la unidad de determinación se encuentra configurada para poder realizar una determinación predictiva a modo de determinar si la trampa de vapor se encuentra en un estado normal o en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y es altamente probable que cambie a un estado incorrecto, mediante la determinación de si los valores de estado se encuentran o no en el intervalo normal, y la unidad de cálculo del valor de umbral está configurada para realizar una determinación de precisión a modo de determinar la precisión de la determinación predictiva con respecto a los valores de estado almacenados en la unidad de almacenamiento y ajusta la referencia de cálculo en función del resultado de la determinación de precisión. Con esta configuración, es posible establecer con precisión un intervalo normal que permita una determinación precisa para cada trampa de vapor. A continuación, se describen los datos de un sistema de cálculo del valor de umbral (un método de cálculo del valor de umbral) según la presente realización, mediante la descripción de un ejemplo en el que un sistema de cálculo del valor de umbral según la presente realización se encuentra integrado en un sistema de soporte de mantenimiento.

50 Primero, se describirá una perspectiva general del sistema de soporte de mantenimiento (y el método de soporte de mantenimiento) basado en el ejemplo mostrado en la Figura 1. Este sistema de soporte de mantenimiento se relaciona con el mantenimiento de una multiplicidad de aparatos de mantenimiento objetivo en una planta, y esencialmente el sistema de soporte de mantenimiento transmite regularmente información de mantenimiento *lm* que indica los estados operativos respectivos de los aparatos de mantenimiento objetivo (estados que especifican qué aparato se encuentra

en estado incorrecto, por ejemplo), de modo que la información de mantenimiento  $lm$  se puede utilizar en trabajos de mantenimiento que se realizan regularmente en los aparatos de mantenimiento objetivo y, por lo tanto, respalda el trabajo de mantenimiento.

5 Este sistema de soporte de mantenimiento se encuentra configurado para transmitir información de mantenimiento  $lm$  cada tiempo predeterminado  $T$ . Cada aparato de mantenimiento objetivo está provisto de un detector que detecta el estado del aparato de mantenimiento objetivo correspondiente al mismo, y el detector detecta intermitentemente el estado del aparato de mantenimiento objetivo. Debe tomarse en consideración que la detección de estado se realiza una multiplicidad de veces durante el tiempo predeterminado  $T$  (por ejemplo, diez veces en la Figura 1). Luego, con base en las señales de detección, se generan resultados de determinación  $dn$ , respectivamente, para las señales de  
10 detección, que son los resultados de la determinación con respecto al estado de un aparato de mantenimiento objetivo (por ejemplo,  $d1$  a  $d10$  en la Figura 1). Es decir, el mismo número de resultados de determinación que el número de veces que se realiza la detección por un detector (por ejemplo, diez resultados de determinación en la Figura 1) se generan durante cada tiempo predeterminado  $T$ .

15 En el sistema de soporte de mantenimiento, una vez que se alcanza el tiempo predeterminado  $T$  transcurrido y un tiempo de transmisión  $Tm$  de información de mantenimiento  $lm$ , se genera información de mantenimiento  $lm$  que indica los estados operativos respectivos de los aparatos de mantenimiento objetivo con base en estadísticas con respecto a los resultados de determinación generados durante el tiempo predeterminado  $T$  (por ejemplo, diez resultados de determinación en la Figura 1), y se transmite al personal de mantenimiento. El personal de mantenimiento confirma los datos del trabajo de mantenimiento a realizar en función de esta información de mantenimiento.

20 Además, el sistema de soporte de mantenimiento se encuentra configurado para transmitir información predictiva  $lf$  al personal de mantenimiento en un momento específico  $Tf$  entre la transmisión previa de información de mantenimiento y la próxima transmisión de información de mantenimiento. La información predictiva  $lf$  proporciona predicciones con respecto al estado operativo de cada aparato de mantenimiento objetivo en la próxima transmisión de información de mantenimiento.

25 Específicamente, una vez que se alcanza el tiempo especificado  $Tf$ , se genera información predictiva  $lf$  que indica el estado de cada aparato de mantenimiento objetivo con base en estadísticas con respecto a los resultados de determinación generados durante el período desde la transmisión previa de información de mantenimiento hasta el tiempo especificado  $Tf$  (p. ej., seis resultados de determinación en la Figura 1), y se transmite al personal de mantenimiento. El personal de mantenimiento puede prepararse para el próximo trabajo de mantenimiento a realizar  
30 en función de esta información predictiva  $lf$ .

Como se describió anteriormente, en este sistema de soporte de mantenimiento, los datos del trabajo de mantenimiento a realizar se confirman con base en la información de mantenimiento  $lm$  en la que los resultados de determinación previos también se tienen en cuenta, y por lo tanto se realiza un trabajo de mantenimiento preciso. Además, es posible prepararse eficientemente para el trabajo de mantenimiento que requiere una cierta cantidad de  
35 tiempo para la asignación de trabajadores y la preparación de piezas de repuesto, con base en la información predictiva  $lf$  que se transmite antes de la información de mantenimiento  $lm$ , mientras que se reducen los elementos innecesarios en cuanto a trabajadores y piezas de repuesto.

40 A continuación se describe un ejemplo de un sistema de soporte de mantenimiento para una planta de vapor, en el que los aparatos de mantenimiento objetivo son una gran cantidad de trampas de vapor que se instalan en secciones de la planta de vapor, y el trabajo de mantenimiento que se realiza diariamente en trampas de vapor defectuosas.

Como se muestra en la Figura 2, el sistema de soporte de mantenimiento incluye: detectores 2 que se instalan respectivamente en las trampas de vapor 1, que son los aparatos de mantenimiento objetivo, para detectar el estado (temperatura y ondas ultrasónicas) de cada trampa de vapor 1; y un aparato de gestión de datos 3 configurado para  
45 transmitir información de mantenimiento, que indica los estados operativos respectivos de los aparatos de mantenimiento objetivo, al personal de mantenimiento cada tiempo predeterminado (todos los días en la presente realización) con base en las señales de detección de los detectores 2.

Los detectores 2 están configurados para detectar intermitentemente el estado de una trampa de vapor 1 una multiplicidad de veces durante el tiempo predeterminado (un día). Por ejemplo, en la presente realización, los  
50 detectores 2 se encuentran configurados para detectar el estado de una trampa de vapor 1 una vez a cada hora. Cada vez que se realiza la detección, los detectores 2 transmiten una señal de detección al aparato de gestión de datos 3 mediante la utilización de un medio de comunicación (no se muestra). De esta manera, los detectores 2 detectan de forma intermitente el estado de una trampa de vapor 1, y por lo tanto se suprime el consumo de energía y se reducen los costos. Debe tomarse en consideración que cada detector 2 se encuentra configurado para transmitir información de identificación con respecto a la trampa de vapor 1 en la que está instalado el detector 2, al aparato de gestión de  
55 datos 3, así como una señal de detección. No es esencial que los detectores 2 detecten la temperatura y las ondas ultrasónicas de una trampa de vapor, y los detectores 2 solo necesitan detectar una o más cantidades físicas con respecto a una trampa de vapor 1.

El aparato de gestión de datos 3 incluye: una unidad de entrada 4 a la que se introducen señales de detección de los detectores 2; una unidad de determinación 5 configurada para generar resultados de determinación, que son los resultados de la determinación con respecto al estado de cada trampa de vapor 1, en función de las señales de detección de entrada; una unidad de almacenamiento 6 configurada para almacenar acumulativamente en ella los resultados de determinación generados por la unidad de determinación 5; una unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 configurada para generar información de mantenimiento basada en los resultados de determinación que se han almacenado acumulativamente en la unidad de almacenamiento 6, transmitir la información de mantenimiento al personal de mantenimiento cada tiempo predeterminado; y una unidad de cálculo del valor de umbral 8 configurada para calcular un intervalo normal (descrito más adelante), mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada.

La unidad de determinación 5 determina el estado de cada trampa de vapor 1 con base en las señales de detección de entrada. Más específicamente, la unidad de determinación 5 determina si una trampa de vapor 1 se encuentra en un estado normal, en un estado incorrecto o en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto (es decir, un estado que no es incorrecto, pero que es muy probable que cambie a un estado incorrecto) desde un valor de estado (la temperatura y las ondas ultrasónicas de la trampa de vapor 1 en la presente realización) que se basa en una señal de detección. Al determinar que una trampa de vapor 1 está en estado incorrecto, la unidad de determinación 5 también examina, por ejemplo, si un aparato de vapor relacionado con la trampa de vapor se encuentra en funcionamiento o no, para determinar si la trampa de vapor 1 se encuentra en un estado incorrecto, o si la trampa de vapor 1 no se encuentra en un estado incorrecto, sino en un estado suspendido (un estado suspendido o similar debido a causas distintas a un mal funcionamiento). La unidad de determinación 5 realiza la determinación para generar un resultado de determinación con respecto al estado de cada trampa de vapor 1 para cada señal de detección de entrada.

Aquí, el valor de estado es un concepto que incluye no solo un valor que indica una cantidad física dada (por ejemplo, temperatura, ondas ultrasónicas o presión) detectada por un detector 2, sino también un valor que indica una combinación de una multiplicidad de cantidades de valores físicos detectadas (p. ej., un valor obtenido al totalizar una multiplicidad de cantidades físicas ponderadas). Además, no es esencial que solamente un valor de estado se encuentre sujeto a determinación, y la determinación puede realizarse en una multiplicidad de valores de estado o en una combinación del valor y la inclinación de un valor de estado.

Los resultados de determinación obtenidos por la unidad de determinación 5 se almacenan en la unidad de almacenamiento 6 en relación con la información de identificación en cuanto a la trampa de vapor 1 correspondiente a la misma. Cada vez que una señal de detección con respecto a una trampa de vapor 1 ingresa nuevamente desde un detector 2, la unidad de almacenamiento 6 almacena acumulativamente un resultado de determinación que se basa en la señal de detección. Como resultado, los resultados de la determinación con respecto a todas las trampas de vapor de mantenimiento objetivo 1 se almacenan acumulativamente en la unidad de almacenamiento 6 en orden cronológico.

La unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 transmite, cada tiempo predeterminado, información de mantenimiento que indica los estados operativos respectivos de la trampa de vapor 1 al personal de mantenimiento, como se describe anteriormente. La información de mantenimiento se genera a partir de resultados de determinación que se basan en señales de detección detectadas durante un tiempo predeterminado, y más específicamente, la información de mantenimiento se genera con base en estadísticas con respecto a los resultados de determinación obtenidos durante un tiempo predeterminado. La información de mantenimiento así generada se transmite al personal de mantenimiento.

A continuación se describe específicamente la generación de información de mantenimiento. Primero, en la presente realización, el tiempo predeterminado se establece en un día (veinticuatro horas), y la información de mantenimiento se establece para que se genere y transmita al personal de mantenimiento a las 8:00 a. m. todos los días. En este caso, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 genera información de mantenimiento a las 8:00 a. m. todos los días.

La unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 genera información de mantenimiento basada en los resultados de determinación que se han almacenado acumulativamente en la unidad de almacenamiento 6. Más específicamente, primero, para cada trampa de vapor 1, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 extrae resultados de determinación correspondientes a veinticuatro puntos en el tiempo, con respecto a las señales de detección detectadas por un detector 2 durante un período desde la transmisión previa de información de mantenimiento hasta la actualidad (p. ej., durante veinticuatro horas). Luego, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 determina que la trampa de vapor 1 se encuentra en un estado que se indica con mayor frecuencia por los resultados de determinación correspondientes a veinticuatro puntos en el tiempo, fuera de los cuatro estados, a saber, un estado normal, un estado incorrecto, un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, y un estado suspendido o similar. Se realiza la misma determinación en cada trampa de vapor 1, y se determinan los estados de todas las trampas de vapor de mantenimiento objetivo 1.

Entonces, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 genera información de mantenimiento como se muestra en la Figura 3, en función de los estados de todas las trampas de vapor 1. La información de mantenimiento

- incluye: un campo de resumen, que muestra el número de objetivos de mantenimiento, y un desglose que indica el número de lugares en un estado incorrecto y el número de los lugares en un estado de suspensión; y un campo de datos, que muestra, por ejemplo, los datos de lugares en estado incorrecto y los datos de lugares donde el estado indica una inclinación hacia un estado incorrecto. En el campo de resumen, los valores en la información de mantenimiento previa se muestran entre paréntesis a modo de que se puedan hacer comparaciones con los valores del día anterior. Los resultados de la determinación se basan en las señales de detección de los detectores 2, y no son resultados que se confirmen visualmente. Por lo tanto, también se muestra si los resultados de la determinación se han confirmado visualmente o no. El campo de datos muestra el tipo de producto y la información de posición de una trampa de vapor 1 con respecto a cada uno de los lugares en un estado incorrecto y cada uno de los lugares donde el estado indica una inclinación hacia un estado incorrecto, y lugares donde se requieren preparativos para el reemplazo de la trampa, como los datos del trabajo de mantenimiento que se realizará. Debe tomarse en consideración que el campo de datos puede mostrar no solo los lugares donde se requieren preparativos para el reemplazo de la trampa, sino también varios tipos de trabajos de mantenimiento, tal como la limpieza de la trampa de vapor 1, el reemplazo del detector 2, el reemplazo de la batería del detector 2, y recuperación de la comunicación entre el detector 2 y el aparato de gestión de datos 3. De esta manera, la información de mantenimiento incluye el número de trampas de vapor 1 en estado incorrecto (y un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y un estado suspendido) de las trampas de vapor de mantenimiento objetivo 1, el tipo de producto y la información de posición de las trampas de vapor 1 en un estado incorrecto (y un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto), y los datos del trabajo de mantenimiento que se realizará en las trampas de vapor de mantenimiento objetivo 1.
- La información de mantenimiento creada se transmite a terminales como computadoras personales del personal de mantenimiento por correo electrónico. En función de esta información de mantenimiento, el personal de mantenimiento reemplaza una trampa de vapor 1 que se ha determinado que se encuentra en un estado incorrecto, y si es posible, repara una trampa de vapor 1 que se ha determinado que se encuentra en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto.
- En este sistema de soporte de mantenimiento, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 está configurada para transmitir, además de información de mantenimiento, información predictiva que proporciona al personal de mantenimiento predicciones con respecto al estado operativo de cada aparato de mantenimiento objetivo en la próxima transmisión de información de mantenimiento. Esta información predictiva se transmite en un momento específico entre la transmisión previa de información de mantenimiento y la próxima transmisión de información de mantenimiento. Esta información predictiva se genera a partir de resultados de determinación que se basan en señales de detección detectadas entre la transmisión previa de información de mantenimiento y el tiempo especificado, y más específicamente, la información predictiva se genera en función de estadísticas con respecto a los resultados de determinación obtenidos entre la transmisión previa de información de mantenimiento y el tiempo especificado.
- A continuación se describe específicamente la transmisión de información predictiva. Primero, en la presente realización, la información de mantenimiento se configura para generarse y transmitirse al personal de mantenimiento a las 8:00 a. m. todos los días, pero las 04:00 p. m. se configura a la hora especificada en la que se transmite la información predictiva. En este caso, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 genera información predictiva a las 04:00 p. m. todos los días.
- Básicamente, la información predictiva se genera de la misma manera que la información de mantenimiento. Es decir, la información de mantenimiento se genera en función de los resultados de determinación que se han almacenado acumulativamente en la unidad de almacenamiento 6. Más específicamente, para las trampas de vapor 1, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 extrae resultados de determinación correspondientes a ocho puntos en el tiempo, con respecto a las señales de detección detectadas por los detectores 2 durante un período desde la transmisión previa de información de mantenimiento hasta la actualidad (04:00 p. m.) (es decir, durante ocho horas). Luego, la unidad de transmisión de información de mantenimiento 7 predice que el estado de la trampa de vapor 1 será el estado que se indica con mayor frecuencia por los resultados de la determinación, de los cuatro estados, a saber, un estado normal, un estado incorrecto, un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y un estado suspendido o similar. Lo mismo se realiza en cada trampa de vapor 1, y se proporcionan predicciones con respecto a los estados de todas las trampas de vapor de mantenimiento objetivo 1.
- Entonces, en función de los estados de todas las trampas de vapor 1, se crea información predictiva *If* como se muestra en la Figura 4, donde la información predictiva *If* incluye: un campo de resumen, que muestra el número de objetivos de mantenimiento, y un desglose que indica el número de lugares en un estado incorrecto y el número de lugares en un estado suspendido; y un campo de datos, que muestra los datos de los lugares en estado incorrecto (el campo de datos también puede mostrar los datos de los lugares donde el estado indica una inclinación hacia un estado incorrecto). En el campo de resumen, los valores de la información de mantenimiento previo se muestran entre paréntesis para que se puedan hacer comparaciones con los valores del día anterior. Los resultados de determinación se basan en las señales de detección de los detectores 2, y no son resultados que se confirmen visualmente. Por lo tanto, también se muestra si los resultados de la determinación se han confirmado visualmente o no. El campo de datos muestra el tipo de producto y la información de posición de cada una de las trampas de vapor 1 en los lugares en un estado incorrecto. Debe tomarse en consideración que la información predictiva también puede incluir el trabajo de mantenimiento que se realizará en las trampas de vapor de mantenimiento objetivo 1, como en la información de mantenimiento.



La información predictiva creada se transmite a terminales como computadoras personales del personal de mantenimiento por correo electrónico. Luego, con base en esta información predictiva, el personal de mantenimiento estima la cantidad de horas hombre, la cantidad de trabajadores, la cantidad y el tipo de trampas de reemplazo y las herramientas que se requieren para el próximo trabajo de mantenimiento a realizar, y se prepara para el trabajo de mantenimiento.

Como resultado, mientras se transmite la información de mantenimiento para el trabajo de mantenimiento, la información predictiva que proporciona predicciones sobre los estados operativos de los aparatos de mantenimiento objetivo se transmite al personal de mantenimiento, previo a la transmisión de información de mantenimiento para el trabajo de mantenimiento. Por lo tanto, el personal de mantenimiento puede estimar la cantidad de horas hombre, la cantidad de trabajadores, la cantidad y el tipo de trampas de reemplazo y las herramientas que se requieren para el próximo trabajo de mantenimiento que se realizará con anticipación. Por lo tanto, es posible hacer preparaciones eficientes con elementos innecesarios reducidos en términos de trabajadores y trampas, y así se evita contar con un número innecesario de trabajadores o preparar trampas de reemplazo innecesarias. Por lo tanto, es posible realizar preparaciones eficientes para el trabajo de mantenimiento mediante la transmisión de información predictiva, mientras que se garantiza un trabajo de mantenimiento preciso mediante la transmisión de información de mantenimiento.

A continuación, la determinación descrita anteriormente realizada por la unidad de determinación 5 se describirá más específicamente. Como se describió anteriormente, la unidad de determinación 5 determina si el estado de cada trampa de vapor 1 es un estado normal, un estado incorrecto o un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto (o un estado suspendido o similar, que se omite aquí), basado en la temperatura y las ondas ultrasónicas de la trampa de vapor 1. Más específicamente, se proporcionan valores de umbral para la temperatura y las ondas ultrasónicas respectivamente, y la unidad de determinación 5 determina si el estado es un estado normal, un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, o un estado incorrecto, basado en los valores de umbral. A continuación se describe un sistema de configuración del valor de umbral según la presente realización y un método de configuración del valor de umbral empleado en el mismo.

#### Método de ajuste del valor de umbral

Generalmente, para determinar el estado de una trampa de vapor 1, un valor límite superior, un valor límite inferior, o ambos, se establecen como un valor de estado (un valor que indica el estado de una trampa de vapor 1 como una cantidad física como la temperatura u ondas ultrasónicas o similares) del objetivo de determinación, independientemente del propósito de la trampa de vapor 1 (p. ej., el tipo de aparato o instalación donde se instala la trampa 1 en relación con el mismo, y la presión y temperatura del vapor empleado en una planta), y el estado se determina como un estado incorrecto si un valor de estado objetivo de determinación es mayor que el valor límite superior o menor que el valor límite inferior. Aquí, el valor límite superior y el valor límite inferior se denominan un valor límite superior aceptable  $t_u$  y un valor límite inferior aceptable  $t_l$ , y un intervalo superior al valor límite superior aceptable  $t_u$  y un intervalo por debajo del valor límite inferior aceptable  $t_l$  se denominan como intervalos incorrectos.

Debe tomarse en consideración que los valores del estado objetivo de determinación no son constantes y varían con el tiempo, incluso si una trampa de vapor 1 se encuentra en un estado normal. El intervalo de valores que se puede tomar cuando una trampa de vapor 1 se encuentra en un estado normal, se denomina intervalo normal. El valor límite superior y el valor límite inferior del intervalo normal (referido como un valor límite superior normal  $n_u$  y un valor límite inferior normal  $n_l$ ) son diferentes del valor límite aceptable  $t_u$  y el valor límite inferior aceptable  $t_l$ , y existen entre el valor límite superior aceptable  $t_u$  y el valor límite inferior aceptable  $t_l$ . No hay problemas cuando el valor del estado objetivo de determinación cae dentro del intervalo normal. Sin embargo, se puede decir que, cuando el valor del estado objetivo de determinación se encuentra fuera del intervalo normal, incluso si el valor del estado objetivo de determinación no está en un intervalo incorrecto, es muy probable que el estado de la trampa de vapor 1 cambie a un estado incorrecto.

Es decir, si los intervalos de advertencia se definen entre el intervalo normal y los intervalos incorrectos (p. ej., el intervalo entre el valor límite superior aceptable  $t_u$  y el valor límite superior normal  $n_u$ , y el intervalo entre el valor límite inferior normal  $n_l$  y el valor límite inferior aceptable  $t_l$  en la Figura 5), hay intervalos de advertencia del valor del estado objetivo de determinación además del intervalo normal correspondiente a los casos en que la trampa de vapor 1 se encuentra en un estado normal y los intervalos incorrectos correspondientes a los casos en que la trampa de vapor 1 se determina que se encuentra en estado incorrecto. Se puede decir que, si el valor del estado objetivo de determinación está en un intervalo de advertencia, es muy probable que el valor del estado ingrese en un intervalo incorrecto, es decir, es muy probable que la trampa de vapor 1 ingrese en un estado incorrecto.

En función de tal idea, la unidad de determinación 5 establece el valor límite superior aceptable  $t_u$ , el valor límite inferior aceptable  $t_l$ , el valor límite superior normal  $n_u$  y el valor límite inferior normal  $n_l$  para cada uno de los valores de temperatura y ondas ultrasónicas, y determina que la trampa de vapor 1 se encuentra en un estado normal si los valores de temperatura y onda ultrasónica caen dentro de un intervalo normal, determina que la trampa de vapor 1 se encuentra en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto si la temperatura y los valores de onda ultrasónica caen dentro de un intervalo de advertencia, y determina que la trampa de vapor 1 se encuentra en estado incorrecto si los valores de temperatura y ondas ultrasónicas caen dentro de un intervalo incorrecto.

Sin embargo, como se describió anteriormente, existe un problema en el que el valor límite superior normal  $nu$  y el valor límite inferior normal  $nl$  cambian según el propósito de una trampa de vapor 1, mientras que el valor límite superior aceptable  $tu$  y el valor límite inferior aceptable  $tl$  son constantes independientemente del propósito de una trampa de vapor 1. Por lo tanto, es necesario establecer el valor límite superior normal  $nu$  y el valor límite inferior normal  $nl$ , es decir, el intervalo normal, para cada trampa de vapor objetivo 1.

Considerando tal problema, el sistema de soporte de mantenimiento según la presente realización incluye la siguiente configuración que sirve como un sistema de cálculo del valor de umbral para establecer un intervalo normal. Es decir, la unidad de determinación 5 está configurada para realizar una determinación de estado incorrecto con base en señales de detección de un detector 2 para determinar si una trampa de vapor 1 se encuentra en un estado normal o en un estado incorrecto. Aquí, la determinación del estado incorrecto se realiza en función de si los valores de estado que se basan o no en las señales de detección de un detector 2 están en un intervalo incorrecto de los valores de estado (si los valores de estado han excedido o no el valor límite superior aceptable  $tu$ , o si los valores de estado han caído por debajo del valor límite inferior aceptable  $tl$ ). La unidad de almacenamiento 6 está configurada para almacenar acumulativamente el valor del estado objetivo de determinación y el resultado de la determinación con respecto a la determinación del estado incorrecto. Entonces, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 se configura para calcular un intervalo normal (es decir, el valor límite superior normal  $nu$  y el valor límite inferior normal  $nl$ ) mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada, basada al menos en valores de estado con resultados de determinación normales entre estados de valores almacenados en la unidad de almacenamiento 6 durante un período predeterminado.

Es decir, en el sistema de soporte de mantenimiento, para calcular un intervalo normal, se hace que la unidad de determinación 5 realice una determinación de estado incorrecto con base en las señales de detección obtenidas por los detectores 2, y la unidad de almacenamiento 6 almacena acumulativamente valores de estado objetivo de determinación y resultados de la determinación del estado incorrecto. Por lo tanto, los valores de estado objetivo de determinación de cada trampa de vapor 1 y los resultados de determinación de la determinación de estado incorrecto con respecto a los valores de estado se han almacenado acumulativamente en la unidad de almacenamiento 6 desde un momento en el pasado. Luego, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 calcula el valor límite superior normal  $nu$  y/o el valor límite inferior normal  $nl$  de un intervalo normal mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada, basada en valores de detección con resultados normales con respecto a la determinación de estado incorrecto, de entre la detección valores que se han almacenado acumulativamente durante un período predeterminado. Por ejemplo, un intervalo normal se calcula mediante la utilización de un valor promedio  $\mu$  y una desviación estándar  $\sigma$  de valores de estado almacenados durante un período predeterminado, un coeficiente  $r$ , que es un número entero positivo, se establece como referencia de cálculo, y  $\mu \pm r \cdot \sigma$  se calcula como el valor límite superior normal  $nu$  y/o el valor límite inferior normal  $nl$  del intervalo normal.

Este sistema de soporte de mantenimiento está configurado de manera tal que luego se determina la precisión de la determinación (determinación predictiva) mediante la utilización del intervalo normal calculado por la unidad de cálculo del valor de umbral 8, y si la precisión no es suficiente, se ajusta la referencia de cálculo descrita anteriormente y se establece nuevamente el intervalo normal apropiado.

Específicamente, en el sistema de soporte de mantenimiento, la unidad de determinación 5 está configurada para realizar una determinación predictiva para determinar si una trampa de vapor 1 se encuentra en un estado normal o en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, en función de si el valor del estado se encuentra o no en un intervalo normal, y la unidad de determinación 5 realiza una determinación predictiva sobre los valores de estado almacenados en la unidad de almacenamiento 6, incluidos los valores de detección no utilizados para el cálculo del intervalo normal. Luego, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 realiza una determinación de precisión para determinar la precisión de la determinación predictiva basada en los resultados de la determinación predictiva, y ajusta la referencia de cálculo descrita anteriormente en función del resultado de la determinación de precisión.

Específicamente, la determinación de precisión se realiza mediante la comparación los resultados de la determinación predictiva con respecto a los valores de estado, con los resultados de la determinación de estado incorrecto con respecto a los valores de estado que se han obtenido durante un período predeterminado después de que fueran detectados los valores de estado en los que se realizó la determinación predictiva, para determinar si la determinación predictiva es correcta o incorrecta. En la Tabla 1 a continuación queda determinado si la determinación predictiva es correcta o incorrecta.

[Tabla 1]

|   | Determinación predictiva = normal | Determinación predictiva = incorrecta |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Determinación posterior de estado incorrecto = Normal     | Correcto (caso A)                 | Incorrecto (caso C)                   |
| Determinación posterior de estado incorrecto = Incorrecto | Incorrecto (caso B)               | Correcto (caso D)                     |

Es decir, como se muestra en la Tabla 1, cuando un resultado de determinación predictiva es normal, si los resultados de determinación de estado incorrecto obtenidos durante un período predeterminado a partir de entonces permanecen

normales (Caso A), se determina que la determinación predictiva es correcta, y si los resultados de la determinación de estado incorrecto obtenidos durante un período predeterminado muestran un cambio hacia un estado incorrecto (Caso B), se determina que la determinación predictiva es incorrecta. Además, cuando el resultado de una determinación predictiva es un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, si los resultados de la determinación del estado incorrecto obtenidos durante un período predeterminado siguen siendo normales (Caso C), se determina que la determinación predictiva es incorrecta, y si los resultados de la determinación del estado incorrecto obtenidos durante un período predeterminado muestran un cambio hacia un estado incorrecto (Caso D), se determina que la determinación predictiva es correcta.

Luego, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 resume todos los resultados de determinación de corrección de la determinación predictiva descrita anteriormente con respecto a los valores de estado almacenados en la unidad de almacenamiento 6, calcula la proporción de casos en los que el resultado de la determinación predictiva fue incorrecto en relación con el resultados del resumen, y determina si la precisión es suficiente o no al determinar si la proporción es mayor o menor que un valor predeterminado. Al determinar que la precisión es suficiente (la proporción es inferior al valor predeterminado), la unidad de cálculo del valor de umbral 8 confirma el valor límite superior normal calculado  $nu$  y/o el valor límite inferior normal  $nl$  como los valores de umbral para la determinación predictiva realizada por la unidad de determinación 5. En contraste, al determinar que la precisión no es suficiente (la proporción es más alta que el valor predeterminado), la unidad de cálculo del valor de umbral 8 ajusta el coeficiente  $r$  para calcular un nuevo intervalo normal (el valor superior normal el valor límite  $nu$  y el valor límite inferior normal  $nl$ ), y realiza la determinación de precisión nuevamente mediante la utilización del nuevo intervalo normal, y ajusta repetidamente el coeficiente  $r$  hasta que se determina que la precisión es suficiente.

Aquí, como se describió anteriormente, los casos de determinación predictiva incorrecta se componen de casos en los que no se pudo predecir un estado incorrecto (Caso B) y casos en los que se determinó un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, lo que condujo a contramedidas innecesarias (Caso C). Es conveniente que el coeficiente  $r$  se ajuste de manera que tanto la frecuencia del caso B como la frecuencia del caso C sean las más pequeñas. Sin embargo, si el coeficiente  $r$  se ajusta de manera tal que se reduce la frecuencia del caso B, aunque se reduce la frecuencia de los casos en los que no se puede predecir un estado incorrecto, es más probable que una trampa de vapor en un estado normal se determine como que se encuentra en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, y la frecuencia del caso C aumenta. Por el contrario, si el coeficiente  $r$  se ajusta de manera tal que se reduce la frecuencia del caso C, aunque la frecuencia de los casos en que se determina que una trampa de vapor en un estado normal se encuentra en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, es más probable que se pueda predecir un estado incorrecto, y aumenta la frecuencia del caso B. De esta forma, es imposible reducir tanto la frecuencia del caso B como la frecuencia del caso C, y el coeficiente  $r$  debe ajustarse desde un punto de vista respecto a cuál de los casos B y C se le debe dar mayor importancia, por ejemplo.

Por lo tanto, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 está configurada para realizar una determinación de precisión con base en: un primer índice  $\alpha$  que indica la proporción, en relación con todos los resultados de la determinación de corrección con respecto a la determinación predictiva, de casos en los que el resultado de la determinación predictiva indica un estado normal, y los resultados de la determinación de estado incorrecto con respecto a los valores de estado obtenidos durante el período predeterminado a partir de entonces incluyen un resultado determinado que indica un estado incorrecto (Caso B); un segundo índice  $\beta$  que indica la proporción, en relación con todos los resultados de la determinación de corrección con respecto a la determinación predictiva, de casos en los que el resultado de la determinación predictiva indica un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, y los resultados de la determinación del estado incorrecto con respecto a los valores de estado obtenidos durante el período predeterminado posterior no incluyen un resultado determinado como indicativo de un estado incorrecto (Caso C); o un tercer índice  $\gamma$  (por ejemplo,  $\alpha + \beta$ ) que es una combinación del primer índice  $\alpha$  y el segundo índice  $\beta$ .

El primer índice  $\alpha$  indica la proporción de casos en los que no se pudo predecir un estado incorrecto, y el segundo índice  $\beta$  indica la proporción de casos en los que se determinó que una trampa de vapor que se encontrará en un estado normal se determinó que se encontraba en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y se realizarán contramedidas innecesarias. El tercer índice  $\gamma$  indica la proporción de todos los casos de determinación predictiva incorrecta. Es decir, la determinación de precisión se realiza para (1) reducir los casos en los que no se pudo predecir un estado incorrecto (basado en el primer índice  $\alpha$ ), (2) reducir los casos en los que se realizarán contramedidas innecesarias (basado en el segundo índice  $\beta$ ), o (3) reducir los casos de determinación predictiva incorrecta (basado en el tercer índice  $\gamma$ ).

Además, este sistema de soporte de mantenimiento está configurado de manera tal que una instrucción que indica el propósito de la determinación de precisión de (1) a (3) antemencionado, se ingresa a la unidad de entrada (correspondiente a la unidad de entrada de instrucciones) 3 para cada trampa de vapor 1, y la unidad de cálculo del valor de umbral 8 cambia entre el primer índice  $\alpha$ , el segundo índice  $\beta$  y el tercer índice  $\gamma$ , en función del cual se realiza la determinación de precisión en cada trampa de vapor 1, según las instrucciones de la unidad de entrada 3.

Si la determinación de precisión se realiza para el propósito (1) antemencionado (para reducir los casos en los que no se pudo predecir un estado incorrecto), la unidad de cálculo del valor de umbral 8 solo se enfoca en el primer índice  $\alpha$  en la determinación de precisión, y ajusta el coeficiente  $r$  hasta que se determina que la precisión es suficiente, donde la unidad de cálculo del valor de umbral 8 está configurada para determinar que la precisión es suficiente cuando el

primer índice  $\alpha$  es menor o igual a un valor dado. Si la determinación de precisión se realiza para el propósito (2) antemencionado (para reducir los casos en que se realizarán contramedidas innecesarias), la unidad de cálculo del valor de umbral 8 solo se enfoca en el segundo índice  $\beta$  en la determinación de precisión, y ajusta el coeficiente  $r$  hasta que sea determina que la precisión es suficiente, donde la unidad de cálculo del valor de umbral 8 está configurada para determinar que la precisión es suficiente cuando el segundo índice  $\beta$  es menor o igual a un valor dado. Si la determinación de precisión se realiza para el propósito (3) antemencionado (para reducir los casos de determinación predictiva incorrecta), la unidad de cálculo del valor de umbral 8 solo se enfoca en el tercer índice  $\gamma$  y en la determinación de precisión, y ajusta el coeficiente  $r$  hasta que se determina que la precisión es suficiente, donde la unidad de cálculo del valor de umbral 8 está configurada para determinar que la precisión es suficiente cuando el tercer índice  $\gamma$  es menor o igual a un valor dado.

Debe tomarse en consideración que el tercer índice  $\gamma$  se puede obtener no solo al sumar simplemente el primer índice  $\alpha$  y el segundo índice  $\beta$ , sino también al sumar el primer índice  $\alpha$  y el segundo índice  $\beta$  después de asignar un peso a cualquiera de ellos, y es posible determinar la precisión en función de la suma. Si este es el caso, es posible realizar una determinación de precisión flexible desde un punto de vista sobre si se deben reducir los casos en los que no se puede predecir un estado incorrecto o reducir los casos en los que se realizarán contramedidas innecesarias, mientras se considera el número de casos de determinación predictiva incorrecta.

El intervalo normal se establece específicamente como se muestra en la Figura 6, por ejemplo. Aquí, se supone que la unidad de almacenamiento 6 almacena acumulativamente datos pasados con respecto a cada trampa de vapor 1, es decir, los valores de estado de las trampas de vapor 1 detectados por los detectores 2 durante la operación previa de la planta, y los resultados de la determinación de estado incorrecto realizada al respecto.

Primero, para cada trampa de vapor 1, las señales de detección del detector 2 se recogen durante un período predeterminado, y los valores de estado objetivo de determinación y los resultados de la determinación de estado incorrecto realizada al respecto, se almacenan acumulativamente en la unidad de almacenamiento 6 (paso S1). Una vez transcurrido el tiempo predeterminado, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 establece un intervalo normal basado en valores de estado con resultados de determinación normales, entre los valores de estado que se han almacenado acumulativamente (paso S2).

Luego, con base en el intervalo normal así establecido, la unidad de determinación 5 realiza una determinación predictiva sobre los valores de estado de las trampas de vapor 1, detectados por los detectores 2 durante la operación previa de la planta, y la unidad de cálculo del valor de umbral 8 determina si la determinación predictiva es correcta o incorrecta al comparar los resultados de la determinación predictiva con los resultados de la determinación del estado incorrecto con respecto a los valores de estado que se han obtenido durante un período predeterminado después de que se detectaron los valores de estado en los que se realizó la determinación predictiva (paso S3). La unidad de cálculo del valor de umbral 8 resume los resultados de la determinación de la corrección con respecto a la determinación predictiva y realiza la determinación de precisión con base en uno de los propósitos mostrados anteriormente en (1) a (3) (es decir, uno de los primeros a terceros índices  $\alpha$  a  $\gamma$ ) se ha establecido en las trampas de vapor 1 (paso S4).

Si se determina en esta determinación de precisión que la precisión no es suficiente (paso S5: No), se ajusta la referencia de cálculo (el coeficiente  $r$ ) para establecer el intervalo normal (paso S6), el paso S2 se realiza nuevamente para establecer el intervalo normal y los pasos S3 y S4 se repiten. Si se determina en esta determinación de precisión que la precisión es suficiente (paso S5: Sí), el intervalo normal (el valor límite superior normal  $nu$  y el valor límite inferior normal  $nl$ ) así establecido, determina los valores de umbral para la determinación predictiva (paso S7).

De esta manera, el intervalo normal se establece (calcula) una vez, luego se realiza la determinación de precisión para determinar la precisión de la determinación predictiva que se basa en este intervalo normal, y la referencia de cálculo se ajusta en función de la determinación de precisión. Por lo tanto, es posible ajustar la referencia de cálculo (coeficiente  $r$ ) de una trampa de vapor 1 para la cual la precisión de la determinación predictiva es insuficiente para que la precisión sea suficiente. Además, es posible cambiar entre el primer índice, el segundo índice y el tercer índice, en función de los cuales se realiza la determinación de precisión. Por lo tanto, es posible cambiar la referencia para la determinación de precisión según la importancia o el propósito de la trampa de vapor, y establecer de manera flexible el intervalo normal según una política de mantenimiento con respecto a las trampas de vapor. Por lo tanto, es posible establecer apropiadamente el intervalo normal, y es posible realizar una determinación predictiva precisa en cada trampa de vapor 1.

Como se describió anteriormente, en el sistema de soporte de mantenimiento según la presente realización, el valor límite superior normal  $nu$  y el valor límite inferior normal  $nl$  se calculan y se determinan como valores de umbral como se describe anteriormente, y la unidad de determinación 5 determina el estado de un trampa de vapor 1 entre un estado normal, un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y un estado incorrecto, mediante la utilización del valor límite superior normal  $nu$ , el valor límite inferior normal  $nl$ , el valor límite superior aceptable  $tu$  y el valor inferior aceptable valor límite  $tl$  como valores de umbral (es decir, realiza una determinación de estado incorrecto y una determinación predictiva). Luego, con base en los resultados de la determinación realizada por la unidad de determinación 5, la información de mantenimiento descrita anteriormente  $lm$  y la información predictiva  $lf$  se generan y transmiten para apoyar el trabajo de mantenimiento que se realizará en la trampa de vapor 1.

Otras realizaciones

Finalmente, se describirán otras realizaciones del sistema de cálculo del valor de umbral y el método de cálculo del valor de umbral según la presente realización. Debe tomarse en consideración que las configuraciones descritas en cada una de las realizaciones a continuación se pueden combinar con configuraciones descritas en otra realización, siempre que no se produzcan contradicciones.

(i) La realización anterior describe un ejemplo de una configuración en la que la determinación de precisión se realiza mediante la comparación de los resultados de la determinación predictiva que se basan en el intervalo normal calculado con los resultados de la determinación de estado incorrecto posterior a modo de determinar la exactitud de la determinación predictiva, y dicha determinación de precisión se realiza mediante la utilización de uno del primer índice  $\alpha$ , del segundo índice  $\beta$  y del tercer índice  $\gamma$ .

(ii) La realización anterior describe un ejemplo de una configuración en la que se hace que la unidad de cálculo del valor de umbral 8 calcule tanto el valor límite normal  $nu$  como el valor límite inferior normal  $nl$ , y determine ambos como valores de umbral para la unidad de determinación 5, y la unidad de determinación 5 realiza la determinación mediante la utilización del valor límite superior normal  $nu$ , el valor límite inferior normal  $nl$ , el valor límite superior aceptable  $tu$  y el valor límite inferior aceptable  $tl$  como valores de umbral. Sin embargo, las realizaciones de la presente descripción no se encuentran limitadas de tal manera. Se puede hacer que la unidad de cálculo del valor de umbral 8 calcule solo uno del valor límite superior normal  $nu$  y del valor límite inferior normal  $nl$ , y que determine solo uno de ellos como valor de umbral para la unidad de determinación 5, y solo el valor límite inferior aceptable  $tl$  y el valor límite inferior normal  $nl$ , o solamente el valor límite superior aceptable  $tu$  y el valor límite superior normal  $nl$  pueden emplearse como valores de umbral.

(iii) La realización anterior describe un ejemplo de una configuración en la cual, para cada trampa de vapor 1, los valores del estado objetivo de determinación y los resultados de la determinación del estado incorrecto correspondiente se almacenan acumulativamente en la unidad de almacenamiento 6 durante un período predeterminado, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 establece el intervalo normal en función de los valores de estado para el período predeterminado, la determinación predictiva se realiza mediante la utilización los datos previos almacenados en la unidad de almacenamiento 6, se resume la exactitud de los mismos y la precisión de la determinación predictiva se determina en función de los resultados del resumen. Sin embargo, las realizaciones de la presente descripción no están limitadas de tal manera. Por ejemplo, la unidad de cálculo del valor de umbral 8 puede establecer el intervalo normal en función de datos previos que ya están almacenados en la unidad de almacenamiento 6. Además, no es esencial que la unidad de almacenamiento 6 almacene datos pasados de cada trampa de vapor 1, y es posible que la determinación predictiva se realice utilizando valores de estado que se recopilan recientemente para cada trampa de vapor 1, se resume la exactitud de la determinación predictiva y la precisión de la determinación predictiva se determina en función de los resultados del resumen.

**Aplicabilidad industrial**

El sistema de cálculo del valor de umbral y el método de cálculo del valor de umbral según la presente descripción son cálculos aplicables de los valores de umbral que se utilizan para determinar el estado de una trampa de vapor.

**Descripción de los signos de referencia**

- 1: Trampa de vapor
- 2: Detector
- 4: Unidad de entrada (Unidad de entrada de instrucciones)
- 5: Unidad de determinación
- 6: Unidad de almacenamiento
- 8: Unidad de cálculo del valor de umbral

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de cálculo del valor de umbral que comprende:

un detector (2) configurado para detectar una o más cantidades físicas con respecto a una trampa de vapor (1);

5 una unidad de determinación (5) configurada para realizar una determinación de estado incorrecto a modo de determinar si el estado de la trampa de vapor se encuentra en un estado normal o en un estado incorrecto al determinar si los valores de estado que se basan en señales de detección han ingresado en un intervalo incorrecto de valores de estado;

una unidad de almacenamiento (6) configurada para almacenar acumulativamente los valores de estado y los resultados de la determinación de estado incorrecto; y

10 una unidad de cálculo del valor de umbral (8) configurada para calcular un intervalo normal que es un intervalo de valores que se toman cuando la trampa de vapor (1) se encuentra en un estado normal, mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada, basada al menos en valores de estado con resultados de determinación normales, entre los valores de estado que se han almacenado en la unidad de almacenamiento (6) durante un período predeterminado;

15 en donde la unidad de determinación (5) está configurada para poder realizar una determinación predictiva para determinar si la trampa de vapor (1) se encuentra en un estado normal o un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y es muy probable que cambie hacia un estado incorrecto, mediante la determinación de si los valores de estado se encuentran o no en el intervalo normal, y

20 la unidad de cálculo del valor de umbral (8) está configurada para realizar una determinación de precisión a modo de determinar la precisión de la determinación predictiva con base en los resultados de la determinación predictiva con respecto a los valores de estado almacenados en la unidad de almacenamiento (6), y para ajustar la referencia de cálculo con base en el resultado de la determinación de precisión.

2. El sistema de cálculo del valor de umbral según la reivindicación 1,

25 en donde la unidad de cálculo del valor de umbral (8) está configurada para realizar la determinación de precisión mediante la comparación de los resultados de la determinación predictiva con respecto a los valores de estado, con los resultados de la determinación de estado incorrecto con respecto a los valores de estado que se han obtenido durante un período predeterminado luego de que se detectaron los valores del estado en los que se realizó la determinación predictiva, a modo de determinar si la determinación predictiva es correcta o incorrecta.

3. El sistema de cálculo del valor de umbral según la reivindicación 2,

30 en donde la unidad de cálculo del valor de umbral (8) está configurada para realizar la determinación de precisión basada en: un primer índice que indica la proporción, en relación con todos los resultados de la determinación de corrección con respecto a la determinación predictiva de casos en los que el resultado de la determinación predictiva indica un estado normal, y los resultados de la determinación del estado incorrecto con respecto a los valores de estado obtenidos durante el período predeterminado posterior incluyen un resultado determinado que indica un estado incorrecto; un segundo índice que indica la proporción, en relación con todos los resultados de la determinación de corrección con respecto a la determinación predictiva, de casos en los que el resultado de la determinación predictiva indica un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto, y los resultados de la determinación del estado incorrecto con respecto al estado los valores obtenidos durante el período predeterminado posterior no incluyen un resultado que indique un estado incorrecto; o un tercer índice que es una combinación del primer índice y del segundo índice.

4. El sistema de cálculo del valor de umbral según la reivindicación 3, que comprende además:

una unidad de entrada de instrucciones (4),

45 en donde la unidad de cálculo del valor de umbral (8) está configurada para cambiar entre el primer índice, el segundo índice y el tercer índice, en función del cual se realiza la determinación de precisión en cada trampa de vapor (1), según una instrucción proveniente de la unidad de entrada de instrucción (4).

5. Un método de cálculo del valor de umbral que comprende:

detectar una o más cantidades físicas con respecto a una trampa de vapor (1);

50 realizar una determinación de estado incorrecto para determinar si el estado de la trampa de vapor (1) se encuentra en un estado normal o en un estado incorrecto, mediante la determinación de si los valores de estado que se basan en señales de detección han ingresado en un intervalo incorrecto de los valores de estado;

## ES 2 744 799 T3

almacenar acumulativamente valores de estado y resultados de determinación de la determinación de estado incorrecto;

5 calcular un intervalo normal que es un intervalo de valores que se toman cuando la trampa de vapor (1) se encuentra en un estado normal, mediante la utilización de una referencia de cálculo predeterminada, basada al menos en valores de estado con resultados de determinación normales, entre los valores de estado que han sido almacenados en la unidad de almacenamiento (6) durante un período predeterminado;

10 realizar una determinación predictiva para determinar si la trampa de vapor (1) se encuentra en un estado normal o en un estado que indica una inclinación hacia un estado incorrecto y es muy probable que cambie a un estado incorrecto, mediante la determinación de si los valores de estado almacenados en la unidad de almacenamiento (6) se encuentran en el intervalo normal o no; y

realizar una determinación de precisión para determinar la precisión de la determinación predictiva en función de los resultados de la determinación predictiva y ajustar la referencia de cálculo en función del resultado de la determinación de precisión.

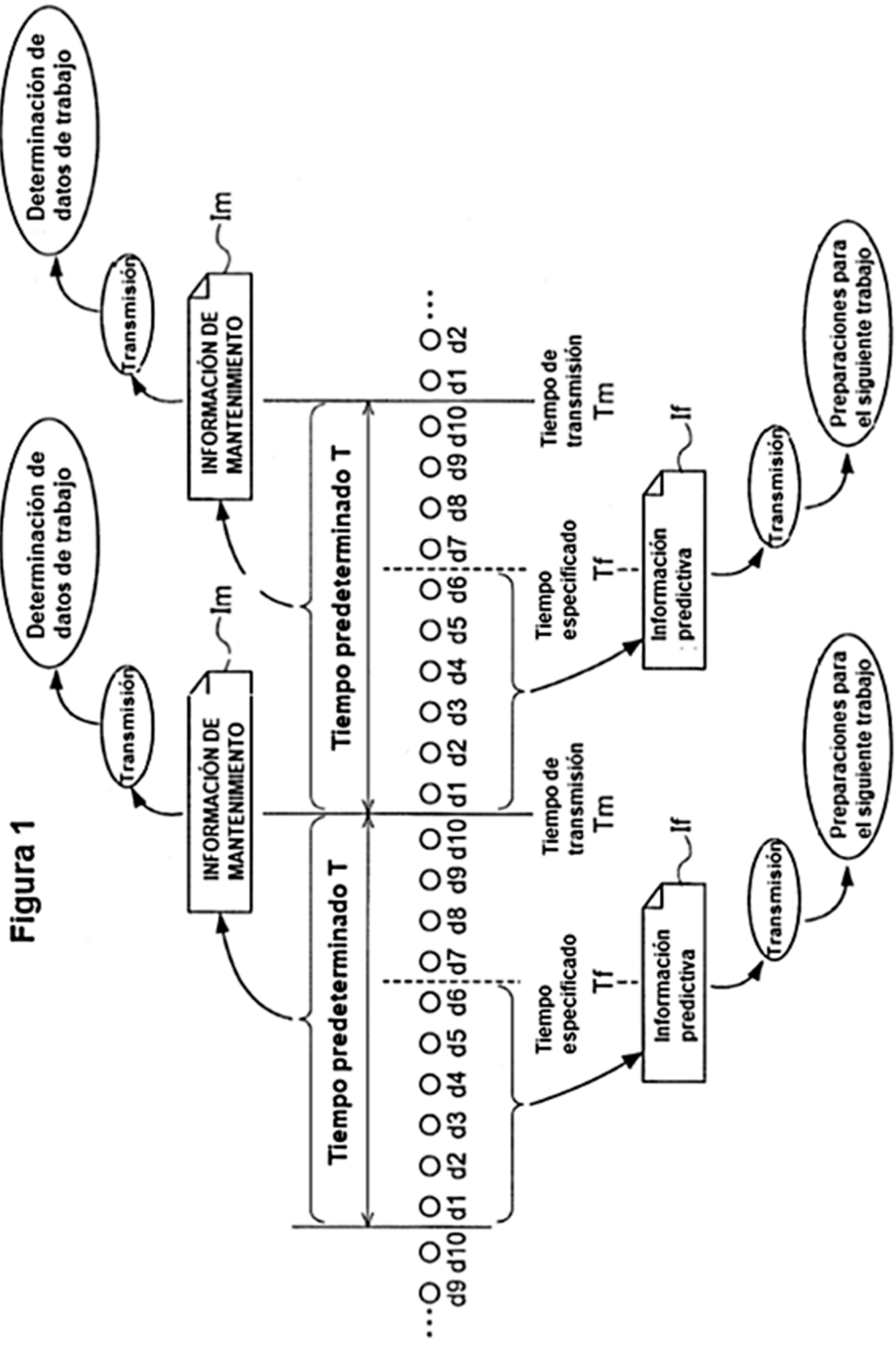
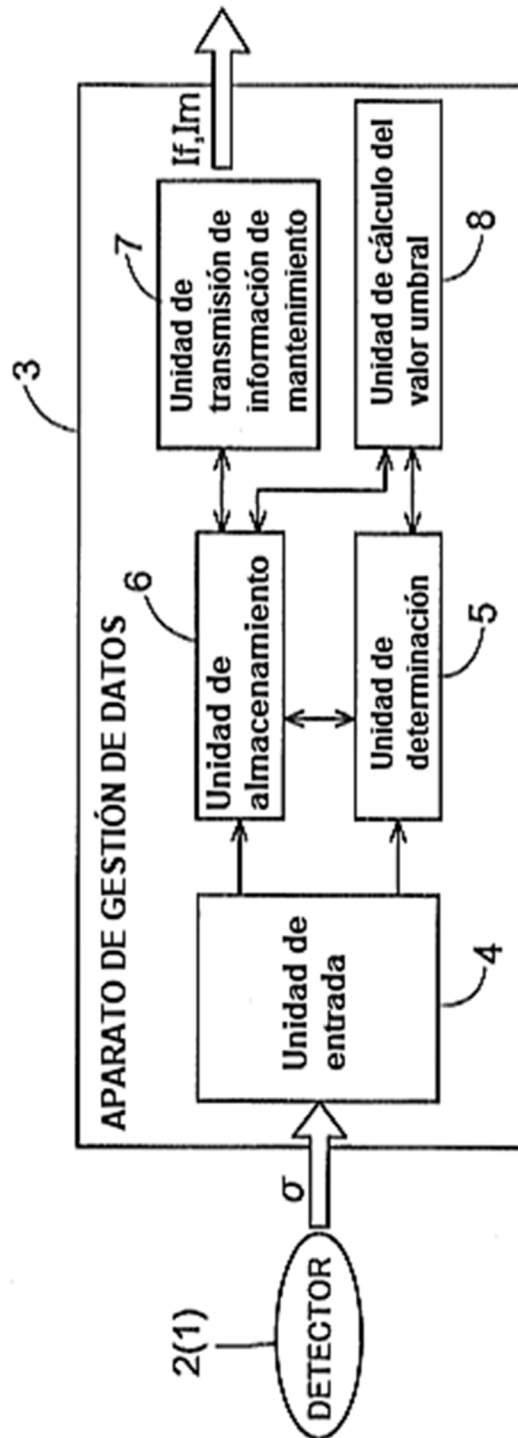


Figura 1



Figura 2





○○○, INC.    △△△ Empresa            A quien corresponda,  
 A continuación se muestran los resultados previstos para el día de mañana de la  
 determinación de funcionamiento de la trampa.  
 Los resultados del día de hoy se muestran entre paréntesis.  
 Cantidad de lugares de medición: 73 (73)  
 Obstrucción: 2, lo que incluye 1 confirmada (1, lo que incluye 1 confirmada)  
 Fuga: 2, lo que incluye 0 confirmadas (0, lo que incluye 0 confirmadas)  
 Suspensión: 49 (49)  
  
 Lugares de la obstrucción:  
 \*\*\*\*\*, □□□□  
 \*\*\*\*\*, □□□□  
  
 Lugares de la fuga:  
 \*\*\*\*\*, □□□□  
 \*\*\*\*\*, □□□□  
  
 Gracias.

Figura 4

Figura 5

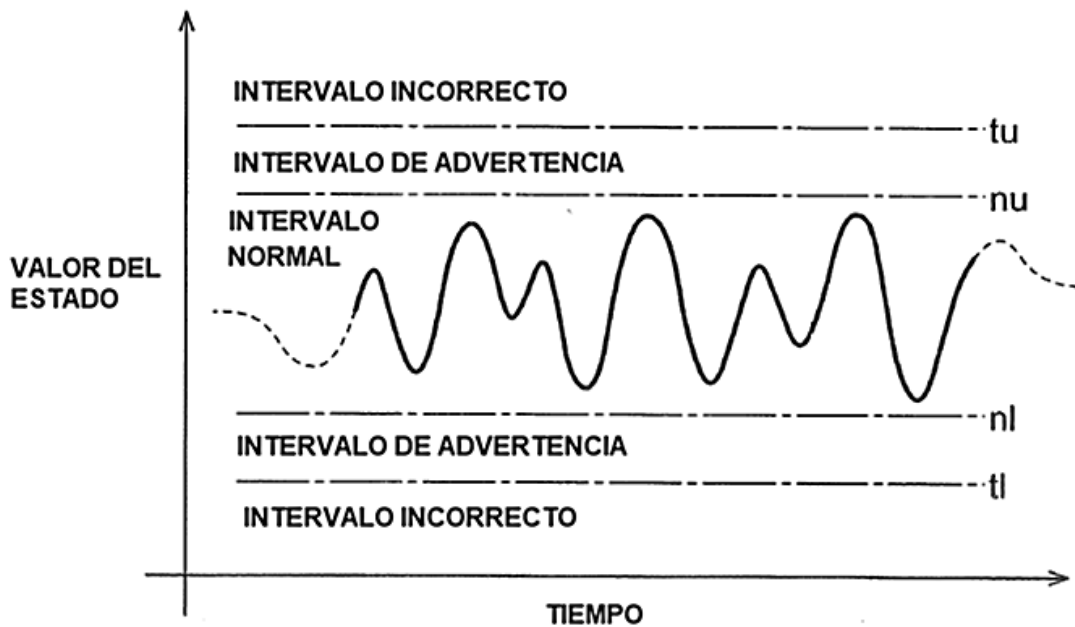


Figura 6

