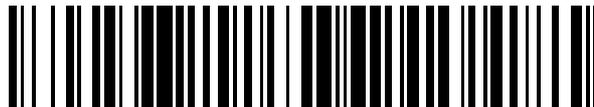


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 603**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/00** (2006.01)

**G01N 21/64** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2001 E 01920910 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 1284929**

54 Título: **Control de autociclo de sistemas de agua de refrigeración**

30 Prioridad:

**01.05.2000 US 562603**

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

**03.01.2014**

73 Titular/es:

**ONDEO NALCO COMPANY (100.0%)  
ONDEO NALCO CENTER  
NAPERVILLE, IL 60563-1198, US**

72 Inventor/es:

**MORIARTY, BARBARA E.;  
BAKALIK, DENNIS P.;  
DAVIS, RONALD V.;  
HOOTS, JOHN E. y  
SHIELY, ROBERT W.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 436 603 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

Control de autociclo de sistemas de agua de refrigeración

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un método para controlar sistemas de agua de refrigeración midiendo el consumo de polímeros fluorescentes.

**Antecedentes de la invención**

10 Un sistema de agua de refrigeración comprende una torre de refrigeración, intercambiadores de calor, bombas y todas las tuberías necesarias para mover el agua a través del sistema. El control de un sistema de agua de refrigeración se basa en equilibrar el deseo de hacer funcionar el sistema de agua de refrigeración en ciclos de concentraciones lo más altas posibles, sin incurrir en situaciones perjudiciales de incrustaciones, corrosión, suciedad o de control microbiológico.

Un ciclo de concentración se define para una especie específica como:

Nivel de especie específica en torre de agua de refrigeración

## Nivel de especie específica en agua de reposición

15 Por ejemplo, cuando la especie específica es el ion calcio, en lo sucesivo,  $\text{Ca}^{2+}$ , si está pasando un sistema de agua de refrigeración a 500 ppm de  $\text{Ca}^{2+}$ , con 150 ppm de  $\text{Ca}^{2+}$  en el agua de reposición, el sistema de agua de refrigeración está pasando a 3, 3 ciclos de concentración. Al operar un sistema de agua de refrigeración es deseable lograr el número máximo de ciclos de concentración para evitar la pérdida innecesaria de agua en la purga, así como la innecesaria sobrealimentación de productos químicos de tratamiento que incluyen, pero que no se limitan a, polímeros de tratamiento. Los ciclos máximos de concentración para un sistema de agua de refrigeración, están limitados por los sucesos no deseables, tales como las incrustaciones y la corrosión, que se producen cuando la cantidad de especie específica en la torre de agua de refrigeración alcanza un cierto nivel, de manera que la especie contribuye a estos problemas.

25 Actualmente, existen varios métodos conocidos que se usan para controlar los ciclos de concentración en los sistemas de agua de refrigeración. El control de los ciclos de concentración se realiza típicamente controlando el caudal de agua de "nueva aportación" (procedente de una o más fuentes), conocida como agua de reposición que entra en el sistema, y controlando el caudal principal que sale del sistema, denominado purga. Con el fin de controlar el flujo de agua de reposición, una bomba o una válvula controla el flujo de agua de reposición que entra en la torre de refrigeración y se usa típicamente un controlador de nivel en el depósito de la torre de refrigeración o "colector".  
30 El controlador de nivel está conectado a la bomba o la válvula de agua de reposición, y cuando el agua del colector disminuye hasta un punto inferior al valor prefijado para el controlador del nivel, se activa la bomba o la válvula del agua de reposición.

35 La conductividad es el método típico de control de la purga. Para los fines de esta solicitud de patente, la conductividad se define como la medida de la conductividad eléctrica del agua que está presente debido a las especies iónicas presentes en el agua. La conductividad se puede usar para controlar el sangrado de la purga, debido a que la conductividad se puede usar fácilmente para estimar la cantidad global de especies iónicas presentes en el agua y se puede colocar un controlador sencillo para abrir una válvula o una bomba y comenzar la purga cuando la conductividad del agua del depósito supere un cierto valor prefijado. Existen límites en cuanto a la utilidad de la conductividad para controlar un sistema de agua de refrigeración, puesto que la conductividad no es nada más que una medida indirecta de la cantidad de especies específicas presentes. Por lo tanto, la conductividad no puede proporcionar información acerca de la tendencia o presencia real de incrustaciones en el agua, y el uso de la conductividad puede causar un "fallo catastrófico", donde las incrustaciones causan un sobreciclo del sistema de agua de refrigeración y mayor incrustación.

45 Alternativamente, un temporizador puede controlar el sangrado de la purga sin medir realmente ninguna de las especies específicas presentes en el agua. Además de, o en lugar de, los anteriores esquemas de control, se pueden usar medidores de flujo de agua, en el agua de reposición y en la purga, junto con un controlador microprocesador para hacer un balance de masas del agua de refrigeración global.

50 Un problema con estos esquemas de control conocidos, es que cuando la purga se controla mediante la conductividad y la reposición se controla mediante un controlador del nivel, si la composición del agua de reposición habitual es variable, o si hay fuentes alternativas de agua de reposición que son significativamente diferentes a las de la fuente habitual del agua de reposición, los controladores de nivel y la conductividad no pueden dar cuenta de todos los sucesos que se están produciendo en el sistema. En estos casos, el sistema de agua de refrigeración lo controla habitualmente el operario siendo conservador con el valor prefijado de la conductividad, lo que origina un gasto extra no deseado debido al uso no óptimo de los productos químicos de tratamiento y del agua.

Muchos sistemas de agua de refrigeración usan productos de tratamiento para controlar los sucesos no deseados, tales como la formación de incrustaciones, corrosión, suciedad y crecimiento microbiológico. Estos productos de tratamiento comprenden polímeros y otros materiales, y son conocidos por los expertos en la técnica de los sistemas de agua de refrigeración. Se puede establecer un sistema de control de agua de refrigeración para alimentar el producto de tratamiento basado, o bien en un mecanismo de sangrado/alimentación donde la acción de purga activa una bomba o una válvula de alimentación de los productos químicos que suministra producto de tratamiento; o como alternativa, el sistema de control del agua de refrigeración alimenta el producto de tratamiento basándose en temporizadores que usan un "horario de alimentación", o medidores de flujo en la tubería del agua de reposición, que accionan el bombeo del producto de tratamiento basándose en una cierta cantidad de agua de reposición que se está bombeando. Una limitación de estos métodos de control es que ninguno de estos sistemas mide directamente en la tubería la concentración del producto de tratamiento, de forma que si surge un problema mecánico, por ejemplo si una bomba falla, un depósito se vacía, o se produce una purga alta, baja, o desconocida, el volumen del sistema cambia, o la calidad del agua de reposición cambia, no se mantiene la correcta concentración del producto de tratamiento. Debido a que este problema es frecuente, los sistemas de agua de refrigeración están normalmente, o bien sobrealimentados para asegurar que el nivel de producto de tratamiento en el sistema no caiga demasiado bajo como resultado de la alta variabilidad de la dosificación del producto, o bien se subalimenta el producto de tratamiento sin saberlo. Tanto la sobrealimentación como la subalimentación del producto de tratamiento no son deseables debido a los inconvenientes de coste y de rendimiento.

Un aspecto de los esquemas de control conocidos es un producto químico fluorescente inerte que se añade al sistema de agua de refrigeración, en una proporción conocida respecto al componente activo de la alimentación del producto de tratamiento y el uso de un fluorímetro para controlar la señal fluorescente del producto químico fluorescente inerte. Está disponible comercialmente como TRASAR®. TRASAR® es una marca registrada de Nalco Chemical Company, One Nalco Center, Naperville IL 60563 (630) 305-1000. La señal fluorescente del producto químico fluorescente inerte se usa, por lo tanto, para determinar si está presente la cantidad deseada de producto de tratamiento en la torre de refrigeración (y para controlar la purga).

Muchas de las actuales torres de refrigeración usan trazadores fluorescentes inertes, para controlar el nivel de producto de tratamiento en el sistema y también usan un controlador de la conductividad, para medir la conductividad en el agua.

Las torres de refrigeración que usan, tanto los trazadores inertes como la conductividad, usan típicamente los siguientes tipos de información con el fin de controlar la torre. Por ejemplo, una torre de refrigeración con la típica reposición de agua que tiene: 150 ppm de  $\text{Ca}^{2+}$ , 75 ppm de  $\text{Mg}^{2+}$  y 100 ppm de "alcalinidad M"; con una conductividad de 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (cabe señalar que la conductividad se expresa en unidades de microsiemens por centímetro), se fija para que funcione a 500 ppm de  $\text{Ca}^{2+}$ . Con el fin de funcionar dentro de los niveles aceptables, los ciclos de concentración para este sistema de agua de refrigeración son 3,3 (calculado dividiendo 500 entre 150). Hacer funcionar el sistema a 500 ppm de  $\text{Ca}^{2+}$  corresponde a un valor prefijado de conductividad de 3,3 veces 600, ó 1980  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cuando la conductividad excede este valor prefijado, el sistema está configurado para purgar automáticamente una porción de agua de refrigeración "concentrada" ("concentrada" se refiere al agua del sistema con un nivel de iones inaceptablemente alto) que se reemplaza con agua de reposición de "nueva aportación" (donde "nueva aportación" se define como que tiene un nivel menor de iones formadores de incrustaciones que el agua de refrigeración "concentrada"). Esto disminuye la conductividad y los iones de dureza ( $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ) a través de la dilución. La dilución reduce también la cantidad de producto químico trazador inerte en el sistema. La disminución de la cantidad de trazador inerte en el sistema disminuye la señal fluorescente procedente del trazador inerte. Cuando la señal fluorescente procedente del trazador disminuye, el sistema de control del trazador está preparado para alimentar una mezcla de nueva aportación de producto de tratamiento y producto químico trazador inerte para compensar la disminución de la fluorescencia que se perdió en la purga.

Un método conocido de control de la cantidad de producto alimentado a un sistema de agua de refrigeración implica el uso de otro aspecto de la tecnología de trazadores. Esto implica usar un producto de tratamiento que contiene un polímero que ha sido "marcado" con un resto fluorescente. Estos polímeros de tratamiento marcados no son inertes, más bien, se supone que van a consumirse a medida que funcionen para tratar cualquier condición relacionada con el funcionamiento para el que han sido diseñados. Por lo tanto, al medir la señal fluorescente del polímero de tratamiento marcado es posible determinar la cantidad de consumo del polímero de tratamiento marcado. Al conocer la cantidad de consumo del polímero de tratamiento marcado, es posible usar esa información para controlar la alimentación del nuevo producto de tratamiento que contiene el polímero de tratamiento marcado.

Una reciente referencia en este área se titula "*High Cycle Cooling Tower Operation: Hurdles and Solutions*", de Hoots *et al.*, pp. 388-397, presentada en el "60th Annual Meeting of the International Water Conference", celebrado del 18 al 20 de octubre de 1999.

La patente europea EP 0504520 describe un método para determinar la concentración de agente de tratamiento añadido a un sistema re-circulante de agua, en donde el agente de tratamiento lleva un marcador de resto fluorescente que contiene amina enlazado covalentemente al mismo.

Siempre son deseables nuevos métodos y técnicas para el control de sistemas de aguas de refrigeración.

## Sumario de la invención

Según la invención, se proporciona un método de autociclo para controlar un sistema de agua de refrigeración, como se describe según la reivindicación 1.

## Breve descripción de las figuras

5 Figura 1: Diagrama conceptual de control usando el consumo de polímero fluorescente.

Figura 2: Esquema del control del sistema de agua de refrigeración usando el consumo de polímero marcado fluorescente.

Figura 3: Control de la torre de refrigeración piloto usando control de consumo durante la alteración del agua de reposición.

## 10 Descripción detallada de las realizaciones actualmente preferidas

A efectos de esta solicitud de patente, los siguientes términos y expresiones tienen las definiciones indicadas:

“Autociclo” se refiere a un método para controlar automáticamente los ciclos de concentración en un sistema de agua de refrigeración, basado en el consumo de un polímero de tratamiento marcado.

15 “Ciclos de concentración” se refiere a la cantidad de una especie presente en el agua de la torre, con respecto a la cantidad de una especie presente en el agua de reposición.

“División de ciclos de concentración” se define como la diferencia entre los ciclos teóricos de una torre de refrigeración con respecto a una especie presente en el agua de reposición, que podría ser consumida mediante algún procedimiento (precipitación), que se determina usualmente midiendo la concentración de una especie que no se precipita, y los ciclos reales de la especie presente en el agua de reposición que puede ser consumida. En la práctica, esto se puede realizar comparando ciclos de calcio (que precipita iones) con ciclos de magnesio (menos probable que precipite iones). Por lo tanto, “la división de ciclo de concentración” da una indicación de la medida relativa de incrustaciones en el sistema de agua de refrigeración.

“Consumo” en general se refiere a la diferencia entre la cantidad de polímero de tratamiento marcado alimentado y la cantidad de polímero de tratamiento marcado restante.

25 “Inerte” se refiere al hecho de que un trazador fluorescente inerte no se ve apreciablemente o significativamente afectado por cualquier otro producto químico en el sistema de agua de refrigeración, o por los otros parámetros del sistema, tales como la composición metalúrgica, la actividad microbiológica, la concentración de biosidas, los cambios de calor o el contenido global de calor. Para cuantificar que se entiende por “no apreciablemente o significativamente afectado”, esta expresión significa que un compuesto fluorescente inerte no tiene más de un 10% de cambio en su señal fluorescente, bajo condiciones normalmente encontradas en sistemas de agua de refrigeración. Las condiciones normalmente encontradas en los sistemas de agua de refrigeración, son conocidas por los expertos en la técnica de sistemas industriales de agua de refrigeración.

“PCT” se refiere a una torre de refrigeración piloto (del inglés; Pilot Cooling Tower).

35 “Componente activo de tratamiento” se define como cualquier componente de un producto químico de tratamiento, que realiza una función deseada tras su adición a un sistema de agua de refrigeración.

“Polímero de tratamiento marcado” es un polímero que ha sido “marcado” con un resto fluorescente, en el que dicho polímero es capaz de funcionar como un inhibidor de incrustaciones o corrosión en un sistema de agua de refrigeración.

40 La Figura 1, es un diagrama conceptual de control usando el consumo de polímero fluorescente. Los resultados en este diagrama se obtuvieron midiendo la señal fluorescente de un producto trazador inerte y la señal fluorescente de un polímero de tratamiento marcado. La diferencia entre las dos señales es indicativa de la cantidad de consumo del polímero de tratamiento marcado. Se ha encontrado que la cantidad de consumo de un polímero de tratamiento marcado se puede usar para controlar los ciclos de concentración de un sistema de agua de refrigeración.

45 El polímero de tratamiento marcado usado en el método descrito en la presente invención, se selecciona del grupo que consiste en polímeros descritos según las reivindicaciones en las patentes de EE.UU. n°s. 5.128.419; 5.171.450; 5.216.086; 5.260.386 y 5.986.030; la patente de EE.UU. n° 6.344.531, titulada “Fluorescent Water Soluble Polymers”; la solicitud de patente de EE.UU. n° 09/465.146, titulada “Fluorescent Monomers and Polymers Containing Same for Use in Industrial Water Systems” presentada el 16 de diciembre de 1999, ahora en tramitación; y la patente de EE.UU. n° 6.645.428, titulada “Fluorescent Monomers and Tagged Treatment Polymers Containing Same for Use in Industrial Water Systems”, presentada el 27 de abril de 2000.

Los polímeros de tratamiento marcados preferidos se seleccionan del grupo que consiste en:

59,95% en moles de ácido acrílico/ 19,95% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,1% en moles de la sal trisódica del ácido 8-(4-vinilbenciloxi)-1, 3, 6-pirenotrisulfónico;

59,95% en moles de ácido acrílico/ 19,95% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,1% en moles de la sal trisódica del ácido 8-(3-vinilbenciloxi)-1, 3, 6-pirenotrisulfónico;

- 5 59,9% en moles de ácido acrílico/ 19,9% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,2% en moles de la sal cloruro de vinil-bencilo cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N', N'-dimetilaminopropil) naftalimida; y

59,96% en moles de ácido acrílico/ 19,96% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,08% en moles de la sal 2-hidroxi-3-aliloxi-propilo cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N', N'-dimetilaminopropil) naftalimida;

- 10 Una PCT se opera para mostrar la capacidad para controlar los ciclos de concentración en un sistema de agua de refrigeración, basado en el consumo de un polímero de tratamiento marcado. El control de esta torre se ilustra mediante el esquema mostrado en la Figura 2. En la Figura 2, la torre de refrigeración 1 se controla directamente mediante el consumo del polímero de tratamiento marcado. El polímero de tratamiento marcado es parte del producto de tratamiento 21. Se entiende que el producto de tratamiento contiene polímero de tratamiento marcado, así como otros ingredientes, y que el producto de tratamiento no es equivalente al polímero de tratamiento marcado. El producto de tratamiento 21, se bombea a la torre de refrigeración 1 a través de la bomba de alimentación de producto 14. Se añade agua de reposición a la torre de refrigeración 1, a través de la bomba de reposición 18. La purga de la torre de refrigeración 1 se controla mediante la bomba de purga 24.

- 20 En este esquema de control, la corriente de muestreo 2 fluye a través de dos fluorímetros. El primer fluorímetro 4, mide la señal fluorescente del trazador fluorescente inerte. Los trazadores fluorescentes inertes adecuados para usar en el método descrito en la presente invención, son conocidos por los expertos en la técnica. Uno de dichos trazadores fluorescentes inertes adecuados es PTSA, que es sal tetrasódica del ácido 1, 3, 6, 8-pirenotetrasulfónico. El segundo fluorímetro 6 mide la señal fluorescente del polímero de tratamiento marcado, que se selecciona del grupo de los polímeros de tratamiento no marcados descritos previamente. Estas señales fluorescente se envían al controlador 9, el cual está en comunicación con, y puede controlar la bomba de purga 24 a través de la tubería de señal 8, la bomba de alimentación de producto 14 a través de la tubería de señal 10 y la bomba de reposición 18 a través de la tubería de señal 12. Para llevar a cabo el método de la presente invención, no se requiere que el controlador 9 controle ni la bomba de purga 24 ni la bomba de reposición 18; sólo se necesita controlar una de estas bombas. A efectos de la descripción de la torre de refrigeración en la Figura 2, no se usa la tubería de señal 12 a la bomba de reposición 18.

Un fluorímetro y un controlador adecuados para usar en la consecución del método de la presente invención, se describen según las reivindicaciones de la Patente de EE.UU. n.º 6.369.894, titulada "*Modular Fluorometer and Method of Using Same to Detect One or More Fluorophores*", concedida el 9 de abril de 2002.

- 35 Con respecto a la tecnología habitual, la velocidad de alimentación del producto de tratamiento 21 usando la bomba 14, se controla mediante la señal fluorescente (convertida en la concentración) del trazador fluorescente inerte.

En un posible esquema de control, la bomba de purga se activa cuando el porcentaje de consumo del polímero de tratamiento marcado cae por debajo del nivel establecido según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Consumo} = (A-B) / A$$

en donde

- 40 A es la cantidad de producto de tratamiento alimentada al sistema de agua de refrigeración como se midió mediante la señal fluorescente del trazador inerte, y

B es la cantidad de polímero de tratamiento marcado en el agua del sistema de agua de refrigeración como se midió mediante la señal fluorescente del polímero de tratamiento marcado.

- 45 Al llevar a cabo el método según la presente invención, se encontró que la cantidad alimentada de producto de tratamiento que comprende polímero de tratamiento marcado, debe ser suficiente para suministrar al sistema de agua de refrigeración la cantidad necesaria de polímero de tratamiento marcado requerido para un funcionamiento óptimo del sistema de agua de refrigeración. La cantidad de polímero de tratamiento marcado requerida para un funcionamiento óptimo del sistema de agua de refrigeración, es conocida por los expertos en la técnica de sistemas de agua de refrigeración. El control de la velocidad de alimentación del producto de tratamiento se puede lograr, relacionando directamente el consumo medido del polímero de tratamiento marcado, con la velocidad de alimentación del producto de tratamiento (usando las señales fluorescentes del polímero de tratamiento marcado y trazador inerte presentes en el producto de tratamiento para calcular el consumo).

Al llevar a cabo el método según la presente invención también se encontró que cuando se implementa el control relacionando caudales, los caudales deben ser equilibrados. Por ejemplo, si el control de autociclo se logra

relacionando el caudal del producto de tratamiento, que comprende trazador inerte y polímero de tratamiento marcado, con el caudal de purga, el caudal de la bomba de alimentación de producto de tratamiento tiene que estar equilibrado con respecto al caudal de la bomba de purga. Si estos caudales de bombas no se equilibran, el resultado es el funcionamiento de la torre de refrigeración a dos extremos de ciclos máximos y ciclos mínimos. Esto no es deseable.

5 Si se usa un equipo diferente a las bombas para controlar el caudal, este equipo debe ser operado de manera que los caudales estén equilibrados.

10 Un método para lograr un equilibrio en los caudales de las bombas sería usar bombas con control proporcional integral derivativo (PID, del inglés proportional integral derivative). Otro método para equilibrar los caudales de las bombas, es usar algoritmos y programas informáticos para configurar las bombas de manera que actúen como una bomba controlada por PID. Se han desarrollado y usado dos algoritmos diferentes para controlar los sistemas de agua de refrigeración, basados en el consumo de polímero de tratamiento marcado. Ambos algoritmos controlan un ciclo de trabajo de una bomba de producto de tratamiento durante un intervalo limitado de control definido por el usuario. En ambos algoritmos se obtienen resultados similares, a una frecuencia significativamente mayor que el intervalo de control. También, en ambos algoritmos el máximo ciclo de trabajo de la bomba será menor que, o igual al intervalo de control, de manera que en cada intervalo de control, el estado de la bomba debería de ser apagado.

15 El primer algoritmo de control se basa en aumentar el ciclo de trabajo de la bomba en algún incremento, o reajustarlo a un valor base en cada intervalo de control como garantía de las condiciones de consumo.

20 En este algoritmo, se monitorizan dos señales de entrada análogas A y B en un intervalo definido por el usuario. Como se indicó previamente, A es la cantidad de producto de tratamiento alimentada al sistema de agua de refrigeración, como se midió mediante la señal fluorescente del trazador inerte, y B es la cantidad de polímero de tratamiento marcado presente en el agua del sistema de agua de refrigeración, como se midió mediante la señal fluorescente del polímero de tratamiento marcado.

25 Un relé (relé cero), usado para proporcionar electricidad a la bomba de alimentación de producto, se controla en cada intervalo directamente mediante la respuesta del canal A. Si A excede un valor prefijado superior definido por el usuario, el relé cero se desactiva. Si A es menor que un valor prefijado inferior definido por el usuario, el relé cero se activa. En caso contrario, el estado del relé cero no se cambia.

30 Se aplica una operación aritmética (Op) a los canales A y B para determinar el consumo del componente activo. Las operaciones aritméticas pueden ser A-B (consumo),  $(A-B)/A$  (% de consumo), ó B/A (la relación del polímero de tratamiento marcado que permanece en el sistema con respecto al polímero de tratamiento marcado alimentado al sistema). Los valores de Op se almacenan durante un número de intervalos definidos por el usuario, y se aplica un análisis de regresión lineal de mínimos cuadrados a los resultados en función del tiempo en cada intervalo. El análisis de regresión muestra la pendiente,  $dOp/dt$ .

35 Un segundo relé (relé uno) se controla en base a los valores  $dOp/dt$ , como se describió previamente. En la mayoría de los casos, la finalidad primordial del relé uno es accionar la bomba o la válvula solenoide de purga. Sin embargo, el relé uno también se podría usar para impulsar una bomba de alimentación de ácido o impulsar una bomba o válvula solenoide de agua de reposición.

40 Los resultados se examinan en el intervalo limitado de control definido por el usuario. Si A es menor que su valor prefijado inferior, el procesamiento se detiene hasta el próximo intervalo de control y el relé uno permanece apagado.

Si Op es menor que el valor prefijado operacional definido por el usuario o  $dOp/dt$  es  $\leq$  (menor que o igual a) 0, el ciclo de trabajo de la bomba para el relé uno se fija en 0 y el procesamiento se detiene hasta el próximo intervalo de control.

45 Si A es mayor que su valor prefijado inferior y Op es mayor que el valor prefijado operacional definido por el usuario, y  $dOp/dt$  es mayor que 0, el ciclo de trabajo de la bomba para el relé uno aumenta y el relé uno se impulsa para esa duración.

50 El segundo algoritmo de control se basa en fijar el ciclo de trabajo de la bomba para el relé uno, basándose proporcionalmente en la respuesta de Op. El relé cero se usa de nuevo para proporcionar energía a una bomba de alimentación de producto, mientras que el relé uno se usa para impulsar una bomba o una válvula solenoide de purga.

55 Como con el algoritmo 1, se monitorizan dos señales de entrada análogas A y B, como se definió previamente, en un intervalo definido por el usuario. El relé cero se controla directamente en cada intervalo mediante la respuesta del canal A. Si A excede un valor prefijado superior definido por el usuario, el relé cero se desactiva. Si A es menor que un valor prefijado inferior definido por el usuario, el relé cero se activa. En caso contrario, el estado del relé cero no se cambia.

Los resultados también se examinan en el intervalo limitado de control definido por el usuario. Si A es menor que su valor prefijado inferior, el procesamiento se detiene hasta el próximo intervalo de control.

Si A es mayor que su valor prefijado inferior, se determina una respuesta proporcional (K) entre dos valores prefijados operacionales definidos por dos usuarios, para la operación aritmética (Op) aplicada a los canales A y B. las operaciones aritméticas son las mismas que las indicadas previamente (es decir, A-B, (A-B)/A, ó B/A). Si Op excede el valor prefijado operacional superior definido por el usuario, K se fija en 1. Si Op es menor que el valor prefijado operacional inferior, K se fija en 0.

En cada intervalo, el relé uno se impulsa durante un período de tiempo equivalente a los tiempos de intervalo máximos definidos por el usuario K. El intervalo máximo definido por el usuario, no debe de exceder el intervalo de decisión.

Una de las principales ventajas del control por porcentaje de consumo de polímero, en comparación con el control por conductividad, es que es posible mantener el control incluso si cambia la composición del agua de reposición. En algunas partes del mundo, la composición del agua de reposición es bastante variable y tener la capacidad de control incluso cuando cambia el agua de reposición, es una gran ventaja con respecto al método de control por conductividad disponible actualmente.

### Ejemplos

#### Ejemplo 1

Se controló una PCT configurada igual que la mostrada en la Figura 2, a una velocidad de alimentación de producto de tratamiento de 250 ppm y 15% de consumo de polímero marcado. El controlador se fijó para controlar la bomba de producto de tratamiento (bomba 14, relé cero) y la bomba de purga (bomba 24, relé uno). El agua usada en la PCT no tenía fluorescencia de fondo medible.

La Figura 3, muestra el porcentaje de consumo de polímero y la conductividad durante una alteración del agua de reposición. A las 150 horas de tiempo transcurrido ("TT"), se cambió la fuente de agua de reposición. La primera fuente de agua de reposición contenía 150 ppm de Ca (como CaCO<sub>3</sub>), 75 ppm de Mg (como CaCO<sub>3</sub>), 110 ppm de alcalinidad total (como CaCO<sub>3</sub>), y 72 ppm de sulfato (como SO<sub>4</sub>), con una conductividad de aproximadamente 670 µS/cm. La segunda fuente de agua de reposición contenía 300 ppm de Ca (como CaCO<sub>3</sub>), 150 ppm de Mg (como CaCO<sub>3</sub>), 110 ppm de alcalinidad total (como CaCO<sub>3</sub>), y 249 ppm de sulfato (como SO<sub>4</sub>), con una conductividad de aproximadamente 1.190 µS/cm. La segunda fuente de agua de reposición contenía altos niveles de dureza y sulfato, como lo indica una mayor conductividad. Sin embargo, la tendencia de la segunda fuente de agua de reposición a formar incrustaciones (predominantemente CaCO<sub>3</sub>), fue realmente menor que la primera fuente de agua de reposición, debido al aumento de los niveles de sulfato. (Bajo las condiciones de este ensayo, el sulfato de calcio es soluble y no forma un precipitado de sulfato de calcio). El controlador mantuvo el nivel de consumo del polímero, y permitió que la torre funcionara a mayores ciclos de concentraciones como lo indica el aumento de la conductividad. Las divisiones de los ciclos de concentración (tras el ajuste para compensar las diferencias de dureza) fueron las mismas para ambas fuentes de agua de reposición; esto indica el control del sistema de agua de refrigeración, con respecto a las incrustaciones también se mantuvo.

Por comparación, se realizó una similar alteración de agua de reposición en una torre configurada de manera que la velocidad de alimentación del producto de tratamiento se controló a 250 ppm, pero la purga se controló por medio de la conductividad. Este es un método conocido para controlar sistemas de agua de refrigeración. Puesto que el control de esta torre se mantuvo por conductividad, la cantidad de purga fue mucho mayor que la que se necesitaba para mantener el control de la torre, con respecto a las incrustaciones. Durante esta alteración, puesto que la conductividad estaba controlada, el porcentaje de consumo de polímero cayó debido a que la segunda agua de reposición tenía una disminuida tendencia a formar incrustaciones.

Una comparación de los caudales de purga, caudales de agua de reposición y producto de tratamiento requeridos durante la alteración de agua de reposición, bajo control por consumo y bajo control por conductividad (ejemplo comparativo) se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Comparación del funcionamiento de una torre de refrigeración bajo control por consumo y por conductividad durante una alteración de agua de reposición.

Método de control	Caudal de purga (l/día)	Caudal de agua de reposición (l/día)	Uso de producto de tratamiento relativo
Consumo (Ejemplo)	38,6	131,4	1
Conductividad (Ejemplo comparativo)	92,7	185	2,4

5 El funcionamiento de la torre de refrigeración se mantuvo en ambos ejemplos, pero la cantidad de purga, agua de reposición y producto de tratamiento fue mucho menor durante el control por consumo, en comparación con el control por conductividad. Por lo tanto, el control basado en el consumo de autociclo significa mantener el control de las incrustaciones con menor purga, y menor purga significa ahorro para el operario del sistema de agua por refrigeración, en términos de costes de agua y de costes de producto de tratamiento. Esto quiere decir que el control por consumo da como resultado un funcionamiento mucho más eficiente sin ningún efecto adverso en el rendimiento del sistema.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de autociclo para controlar un sistema de agua de refrigeración, caracterizado porque comprende las etapas de:

- 5 (a) añadir un producto de tratamiento a dicho sistema de agua de refrigeración, comprendiendo dicho producto de tratamiento un trazador inerte o un polímero de tratamiento marcado en una proporción establecida, en donde el polímero de tratamiento marcado se selecciona del grupo que consiste en 59,95% en moles de ácido acrílico/ 19,95% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,1% en moles de la sal trisódica del ácido 8-(4-vinilbenciloxi)-1, 3, 6-pirenotrisulfónico; 59,95% en moles de ácido acrílico/ 19,95% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,1% en moles de la sal trisódica del ácido 8-(3-vinilbenciloxi)-1, 3, 6-pirenotrisulfónico; 59,9% en moles de ácido acrílico/ 19,9% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,2% en moles de la sal cloruro de vinil-bencilo cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N', N'-dimetilaminopropil) naftalimida; y 59,96% en moles de ácido acrílico/ 19,96% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil) acrilamida/ 0,08% en moles de la sal 2-hidroxi-3-aliloxi-propilo cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N', N'-dimetilaminopropil) naftalimida;
- 10 b) proporcionar un número suficiente de fluorímetros;
- c) usar dicho número suficiente de fluorímetros para medir la señal fluorescente de dicho trazador inerte y la señal fluorescente de dicho polímero de tratamiento marcado, en el agua del sistema de agua de refrigeración;
- d) usar estas señales fluorescentes medidas, procedentes de la etapa c), para determinar la cantidad de dicho polímero de tratamiento marcado presente en dicho sistema de agua de refrigeración;
- 20 e) comparar la cantidad de dicho polímero de tratamiento marcado presente con la cantidad de polímero de tratamiento marcado alimentado al sistema, para determinar el consumo de dicho polímero de tratamiento marcado; y
- f) usar dicho consumo y dicho polímero de tratamiento marcado para controlar los ciclos de concentración de dicho sistema de agua de refrigeración, con la condición de que dicho control se implemente combinando cualquiera o todos los siguientes parámetros:
- 25 i) el caudal del agua de reposición al sistema de agua de refrigeración;
- ii) el caudal del producto de tratamiento que comprende trazador inerte y polímero de tratamiento marcado;
- iii) la frecuencia y la cantidad de caudal de purga del sistema de agua de refrigeración;
- iv) el caudal global de agua a través de la torre de refrigeración;
- 30 v) el volumen global de agua en la torre de refrigeración; y
- vi) la composición del agua de reposición;
- con el consumo de dicho polímero de tratamiento marcado, con la condición de que:
- α) el menor caudal del producto de tratamiento marcado que comprende trazador inerte y polímero de tratamiento marcado, sea suficiente para suministrar al sistema de agua de refrigeración la cantidad necesaria de polímero de tratamiento marcado;
- 35 β) cuando se implemente el control combinando los caudales de los parámetros i), ii), iii), y/o iv) con el consumo de dicho polímero de tratamiento marcado, se equilibren los caudales.

**FIGURA 1: DIAGRAMA CONCEPTUAL DE CONTROL  
USANDO CONSUMO DE POLÍMERO FLUORESCENTE**

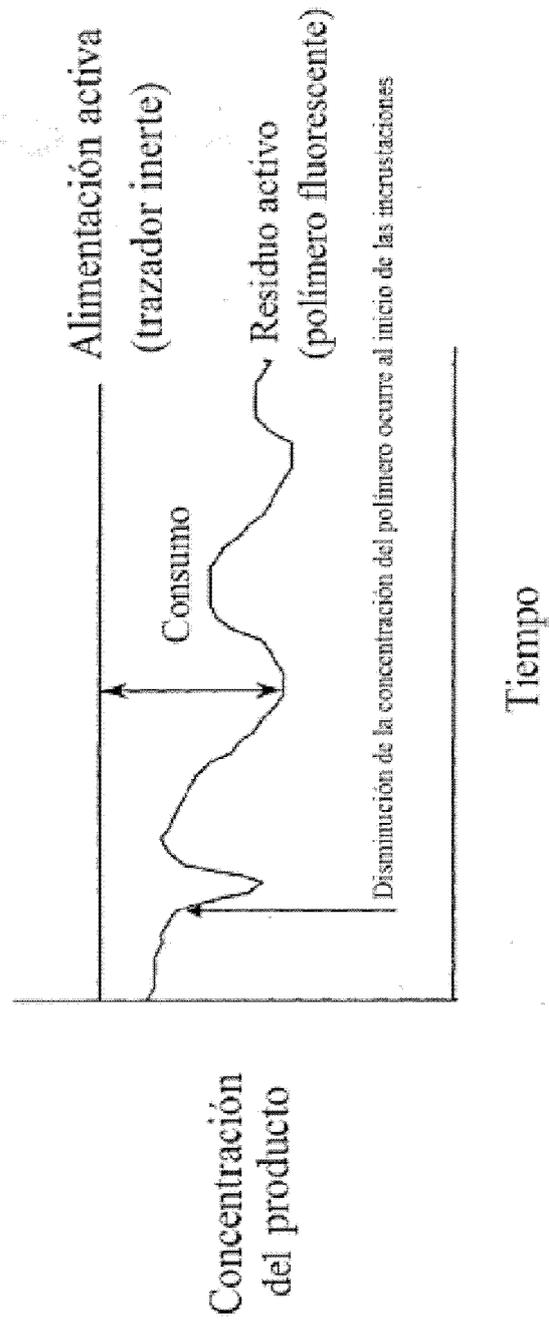
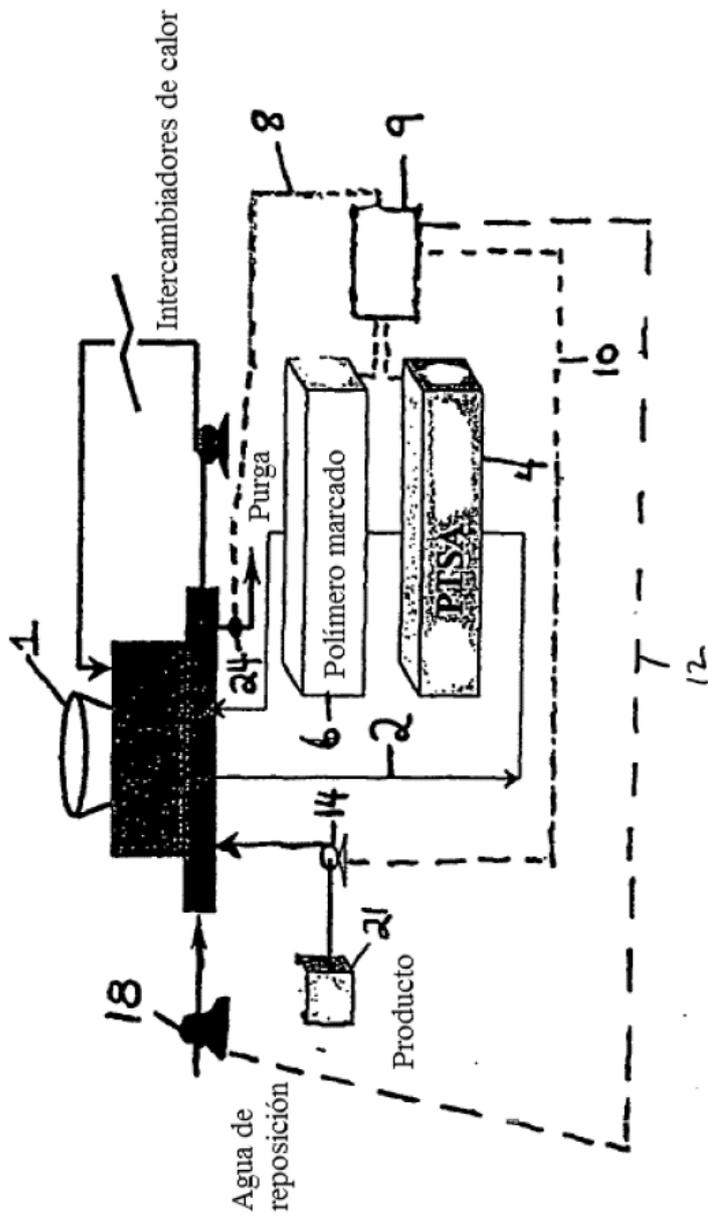


Figura 2: Esquema del control del sistema de agua de refrigeración usando consumo de polímero marcado fluorescente



**Figura 3: Control de la torre de refrigeración usando consumo durante la alteración del agua de reposición**

