

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 357**

51 Int. Cl.:

**F01D 25/00** (2006.01)

**F02C 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2007 E 07017397 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 1903188**

54 Título: **Turbina de gas**

30 Prioridad:

**11.09.2006 US 519575**

**31.08.2007 US 897879**

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

**10.09.2013**

73 Titular/es:

**GAS TURBINE EFFICIENCY SWEDEN AB**

**(100.0%)**

**Datavägen 9A**

**175 27 Järfälle, SE**

72 Inventor/es:

**WAGNER, THOMAS y**

**CESAR, CARLOS**

74 Agente/Representante:

**ESPIELL VOLART, Eduardo María**

**ES 2 422 357 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****TURBINA DE GAS**5 **CAMPO**

La presente invención se refiere en general al campo de las turbinas de gas. En particular, la presente invención se refiere a un sistema tal como se define en la reivindicación 1.

10

**ANTECEDENTES**

La generación de potencia requiere que las turbinas de gas consuman grandes cantidades de aire. Las turbinas de gas son fuertemente dependientes de las condiciones del aire ambiental para su rendimiento. Las condiciones del aire ambiental tales como la temperatura, la presión y el contenido de agua afectan a la capacidad del compresor de la turbina de gas para comprimir el aire y, de este modo, afectan a su rendimiento. En otras palabras, la potencia de una turbina de gas está en función del flujo másico total disponible para compresión, en combinación con el combustible y la expansión para impulsar una sección de turbina. El flujo másico es directamente proporcional a la salida de potencia del motor. Las turbinas de gas son máquinas de volumen constante (es decir, operan según geometrías fijas) y, de este modo, la densidad del aire es un parámetro que desempeña un papel importante en la capacidad de una turbina de gas para generar potencia. La temperatura del aire y la densidad del aire están correlacionadas directamente entre sí. A medida que la temperatura del aire aumenta, la densidad del aire disminuye, dando como resultado de este modo una disminución del potencial global para flujo másico. A medida que el flujo másico disminuye, la salida de potencia de la turbina de gas también

30

disminuye. Otros parámetros clave que presentan un fuerte impacto sobre el rendimiento de la turbina de gas incluyen la relación de presión y la eficiencia de compresión.

5 El flujo másico puede gestionarse manipulando el contenido de vapor de agua en la toma de aire de la turbina de gas. De este modo, el aire puede estar saturado con vapor de agua para devolver el flujo másico global al nivel máximo del diseño de la turbina. La saturación puede ser el resultado de simplemente saturar el aire que rodea a la turbina de gas. Como alternativa, una estrategia más agresiva para aumentar el flujo  
10 másico global es inyectar agua en el compresor o la cámara de combustión de la turbina para sobresaturar el aire. La sobresaturación permite que el calor de fusión presurice adicionalmente el fluido de trabajo y aumente la salida de potencia de la turbina hasta un nivel por encima de niveles de salida de aire saturado.

15 Sin embargo, la apropiada saturación de aire puede ser problemática debido al intervalo de temperaturas que experimenta la turbina de gas durante un periodo de tiempo dado (es decir, cambios de temperatura durante un periodo de 24 horas o durante un periodo de tiempo anual). Como resultado de estas variaciones de temperatura, el  
20 requisito de agua para la saturación variará de forma consecuente. Para unas condiciones meteorológicas y una situación de carga del motor determinadas, es necesaria una cantidad de agua correspondiente para alcanzar la saturación o la sobresaturación. De este modo, se utilizan equipos de detección de la humedad y de bombeo para proporcionar la  
25 cantidad apropiada de agua para el nivel apropiado de saturación o sobresaturación. La utilización de demasiada agua da como resultado la “sobrepulverización”, donde el aire no puede absorber / contener el exceso de agua. El exceso de agua puede dañar el funcionamiento corroyendo y/o inundando el conducto del aire de la turbina de gas. Por el  
30 contrario, demasiado poca agua no saturará el aire y no se conseguirá el efecto completo de aumento del flujo másico.

Otro asunto es la acumulación de partículas contaminantes o extrañas en la turbina, particularmente en el compresor, que puede afectar a la eficiencia de la turbina de gas y, por lo tanto, a su potencia de salida. Las máquinas, tales como las turbinas de gas, consumen grandes cantidades de aire. El aire contiene partículas extrañas en forma de aerosoles y partículas pequeñas, que normalmente entran en el compresor y se adhieren a los componentes en la trayectoria del gas del compresor. La contaminación del compresor cambia las propiedades del chorro de aire de la capa límite de los componentes de la trayectoria de gas, dado que los depósitos aumentan la aspereza de la superficie de los componentes. A medida que el aire fluye sobre el componente, el aumento de la aspereza de la superficie da como resultado un espesamiento del chorro de aire de la capa límite. El espesamiento del chorro de aire de la capa límite afecta negativamente a la aerodinámica del compresor. En el borde de salida de la pala, el chorro de aire forma una estela. La estela es una turbulencia de tipo vórtice que presenta un efecto negativo sobre el flujo de aire. Cuanto más espesa sea la capa límite, más fuerte será la turbulencia de la estela. La turbulencia de la estela junto con la capa límite más espesa presenta la consecuencia de reducir el flujo másico a través del motor. La capa límite espesa y la fuerte turbulencia de la estela dan como resultado una ganancia de presión de compresión reducida que, a su vez, da como resultado que el motor funciona a una relación de presión reducida. Una relación de presión reducida da como resultado una menor eficiencia del motor. Además, la contaminación del compresor reduce la eficiencia isentrópica y politrópica del compresor. La eficiencia reducida del compresor significa que el compresor requiere más potencia para comprimir la misma cantidad de aire. Como resultado, la potencia requerida para accionar al compresor aumenta y da como resultado que hay menos potencia excedente disponible para impulsar a la carga.

El lavado de la turbina de gas contrarresta la contaminación y puede realizarse con el motor apagado o durante su funcionamiento. En el primer caso, el árbol del motor puede ponerse en marcha utilizando su motor de arranque mientras que el agua de lavado se inyecta en el compresor. La contaminación se libera mediante la acción de los productos químicos y el movimiento mecánico durante la puesta en marcha. El agua y el material contaminante liberado son transportados al extremo de escape del motor por el flujo de aire. Este procedimiento se denomina lavado "en frío" o lavado "en estado apagado". Una alternativa al lavado en estado apagado es el lavado "en estado de funcionamiento" en el que el motor se lava mientras está funcionando. El lavado "en estado de funcionamiento" o "en caliente" se produce mientras el motor está quemando combustible. El agua de lavado se inyecta en el compresor mientras que el rotor está girando a alta velocidad. Debido a las altas velocidades del rotor y el corto tiempo de retención para el agua, este lavado no es tan eficaz como el lavado en frío, pero permite el lavado durante el funcionamiento.

Normalmente, los intentos de aumentar la potencia de una turbina de gas han utilizado abundante instrumentación en la totalidad de la turbina para medir temperaturas, desplazamiento, presiones y niveles de carga de la máquina. Sin embargo, el aumento de potencia que depende de tal abundante instrumentación es problemático debido a su coste, su complicación de utilización, y aumento del potencial y probabilidad para la aparición de errores de funcionamiento resultantes de inconsistencias o fallos de instrumentación. Se desea eliminar tal dependencia de instrumentación compleja y abundante para aumentar la potencia de una turbina de gas.

La patente JP-A-2000274206 desvela un rotor de compresor formado colocando una pala del rotor de compresor en un árbol del rotor, que se forma conectando un árbol de mangueta del compresor y un disco del compresor con un perno de montaje del compresor, mediante una cola

de milano. Una parte inferior de una cubierta de compresor está provista de un sumidero para drenar el agua de lavado después del lavado y una válvula para abrir y cerrar el sumidero. La concentración de iones de hidrógeno del drenaje almacenado en un mecanismo de captura de muestras se mide, y el control del mecanismo de medición del pH que incluye registro, visualización de los datos de medición, apertura y cierre de la válvula, recogida de muestras, y registro del líquido de lavado de inyección es realizado por un ordenador conectado a un dispositivo de control a través de una línea de señal. Los datos de medición se registran, y los datos de vida útil del entorno de corrosión se acumulan en un dispositivo de registro.

## RESUMEN

La presente invención desvela un sistema para proteger un conducto de entrada de una turbina de gas de la corrosión debido al humedecimiento del conducto de entrada por pulverizado de aumento de potencia según la reivindicación independiente.

Un sistema ejemplar para aumentar la potencia de salida de una turbina de gas comprende:

- (a) una unidad de bomba, con o sin control de frecuencia variable, con una configuración preferida de una bomba de desplazamiento positivo;
- (b) una unidad de control conectada a la unidad de bomba, con redes de inyección de pre-llenado para evitar la sobretensión en el arranque, regulando la unidad de control el funcionamiento de la unidad de bomba según un análisis predeterminado y combinado de plataforma de ciclo "cycle deck" y dinámica de fluido computacional, basado en al

menos un parámetro definido para formar un modelo de control;

5 (c) una unidad de lavado conectada a la unidad de bomba, comprendiendo la unidad de lavado al menos una boquilla y al menos una válvula para controlar un caudal de agua introducido en la al menos una boquilla;

10 (d) al menos una unidad de inyección de agua que está conectada a la unidad de bomba, comprendiendo la al menos una unidad de inyección de agua al menos una boquilla y al menos una válvula para controlar un caudal de agua introducido en la al menos una boquilla; y

15 (e) una unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas conectada a la unidad de control, en la cual la unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas indica al menos uno de al menos un parámetro definido;

(f) una red que comprende al menos una boquilla completamente capturada y una estructura de soporte de la boquilla;

20 (g) un diseño de tratamiento del conducto de entrada para proteger a conductos de entrada no resistentes a la corrosión debido al contacto con condensado de nebulización.

25 Los elementos que caracterizan los diversos aspectos de la descripción, junto con objetos y ventajas adicionales de la misma, se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción utilizada junto con los dibujos y las reivindicaciones adjuntas. Debe entenderse expresamente que los dibujos son con fines de ilustración y descripción y  
30 no pretender ser una definición de los límites.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En la siguiente descripción detallada, se hará referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:

- 5
- La fig. 1 representa un diagrama como ejemplo de una entrada de aire representativa de una turbina de gas.
- La fig. 2 representa un diagrama ejemplar.
- La fig. 3 representa un diagrama ejemplar.
- 10 La fig. 4 representa un diagrama ejemplar.
- La fig. 5 representa un diagrama ejemplar.
- La fig. 6 representa un diagrama unifilar ejemplar.
- La fig. 7 representa un diagrama ejemplar.
- La fig. 8 representa un diagrama unifilar ejemplar.
- 15 Las figs. 9, 9a, 9b y 9c representan diagramas ejemplares de una red de inyección y la captura de boquillas y la estructura.
- La fig. 10 representa un diagrama ejemplar de una protección contra la corrosión de la entrada y los canalones del compresor según una realización.
- 20 La fig. 11 representa un diagrama ejemplar de una válvula de drenaje de la entrada según una realización.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

25

Se ha descubierto una amplia variedad de usos de las turbinas de gas, tales como la generación de potencia, la compresión de gas y muchas otras aplicaciones de accionamiento mecánico. Los diversos aspectos presentados aquí pueden utilizarse con cualquier tipo de turbina

30 de gas, sin embargo por conveniencia, ésta se describe con respecto a una turbina de gas en funcionamiento en una central energética. Los



ajustes necesarios para la aplicación a otros tipos de turbinas apropiadas son entendidos fácilmente por un experto en la materia.

La fig. 1 muestra una configuración representativa de la sección de aire de entrada de una turbina de gas. Las flechas representan la dirección del flujo de aire. El aire ambiental entra en el conducto 101 a través de la rejilla de protección frente a las condiciones meteorológicas 102, a través de la pantalla contra la entrada de cuerpos extraños 103, y a través del filtro de aire 104 a la entrada de la turbina de gas 10. La turbina de gas 10 comprende un rotor con palas y una cubierta externa 11. En el extremo frontal del árbol, las palas del compresor 12 comprimen el aire a alta presión, por ejemplo, normalmente de 10 a 30 veces la presión normal del aire. El aire comprimido es suministrado a una cámara de combustión 13. El combustible (no se muestra) se quema en la cámara de combustión 13. Los gases de combustión calientes se expanden a través de la turbina 14 y dejan la planta a través de un conducto de escape (no se muestra). La salida de potencia de la turbina es mayor que el requisito de potencia del compresor, haciendo que haya potencia disponible en el árbol. La potencia excedente se utiliza para impulsar cargas tales como un generador, una bomba, un compresor, una hélice propulsora o similares.

El flujo de aire ambiental A, pasados la rejilla de protección frente a las condiciones meteorológicas, la pantalla contra la entrada de cuerpos extraños y el filtro, normalmente presenta una velocidad que varía entre aproximadamente 10 metros / segundo y aproximadamente 20 metros / segundo, más normalmente 10 metros / segundo aproximadamente. El aire se mueve desde el área B al área C mientras generalmente mantiene su velocidad. El aire entra en el área D, que es la sección de cámara impelente de entrada de la turbina de gas. La cámara impelente de entrada 19 presenta la forma de una boca de campana, en esta realización, para permitir la aceleración del aire. La cámara impelente de entrada 19 no está limitada a una forma de boca de campana y pueden

emplearse otras formas. Pueden disponerse puntales (no se muestran) a lo largo de la cámara impelente de entrada 19 antes de la cara de entrada del compresor E y las palas del compresor 12. En la cara de entrada del compresor E, la velocidad del aire normalmente varía entre aproximadamente 0,4 mach y aproximadamente 0,6 mach, más típicamente una velocidad que es aproximadamente la mitad de la velocidad del sonido o aproximadamente 180 m / s. El aire es acelerado para obtener la alta velocidad requerida por el compresor para realizar el trabajo de compresión. Las relaciones normales de compresión de aire varían entre aproximadamente 9:1 y aproximadamente 25:1. Una vez dentro del compresor, la velocidad del aire se reduce en función de la mayor densidad resultante de la compresión. El aire comprimido se suministra a continuación a la cámara de combustión. Cuando pasa al interior de la cámara de combustión, las velocidades son normalmente menores de 100 m / s, aunque también pueden proporcionarse otras velocidades, según se desee.

La potencia del motor de la turbina de gas se aumenta generalmente incrementando la densidad del aire, y de este modo la masa de aire, inyectando un líquido en la máquina para gestionar el flujo másico. El líquido es normalmente agua, pero puede estar suplementado con alcohol o anticongelante para rebajar el punto de congelación del líquido. Además de aumentar el flujo másico de aire, el agua proporciona beneficios medioambientales tales como emisiones reducidas. La cantidad de agua inyectada en el flujo másico de la turbina se basa en un modelo de control programado. El modelo de control se determina utilizando un modelo de ciclo y un análisis de la dinámica de fluido computacional (CFD).

En referencia a la fig. 2, el sistema normalmente comprende (a) una unidad de bomba 201 que comprende al menos una bomba de velocidad variable, tal como una bomba de velocidad con un diseño de desplazamiento positivo, para aumentar una presión del agua; (b) una

unidad de control 202 conectada a la unidad de bomba 201 mediante una primera alimentación de señal 204, que controla la velocidad / el funcionamiento de la unidad de bomba 201, con lo cual la unidad de control 202 emplea análisis de plataforma de ciclo "cycle deck" y de la dinámica de fluido computacional predeterminados para formar un modelo de control basado en al menos un parámetro definido que comprende condiciones meteorológicas ambientales, la geometría de la turbina, el campo de velocidad del movimiento del aire y especificaciones de componentes particulares de la turbina; (c) una unidad de lavado conectada a la unidad de bomba 201 mediante una tubería de alimentación, comprendiendo la unidad de lavado al menos una boquilla y al menos una válvula conectada a la unidad de bomba mediante la tubería de alimentación y a la al menos una boquilla mediante un conducto y controlar un caudal de agua que está siendo suministrado a la al menos una boquilla, estando la al menos una boquilla de la unidad de lavado adaptada para emitir un pulverizado de agua atomizada para impactar sobre y humedecer al menos una pala del compresor, obteniendo de este modo una liberación de material contaminante de la al menos una pala del compresor; y/o (d) al menos una unidad de inyección de agua que comprende al menos una boquilla y al menos una válvula conectada a la unidad de bomba mediante la tubería de alimentación y a la al menos una boquilla mediante un conducto y que está adaptada para controlar un caudal de agua que está siendo suministrado a la al menos una boquilla, la al menos una boquilla de la unidad de inyección de agua inyecta un pulverizado de agua atomizada en un chorro de aire del conducto de entrada de la turbina, aumentando de este modo el flujo másico del chorro de aire, en el cual la salida de potencia del motor de la turbina de gas aumenta.

Una unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas 203 (representada en la fig. 2) está conectada a la unidad de control 202 mediante una señal 205, en la que las condiciones ambientales que

afectan al rendimiento de la turbina de gas pueden medirse y presentarse a la unidad de control 202 a partir de un modelo desarrollado utilizando un modelo de plataforma de ciclo "cycle deck" y para el análisis de la dinámica de fluido computacional para establecer una base para el programado de la cantidad apropiada de agua para suministrar un nivel diana de saturación del aire de entrada. Las condiciones ambientales comprenden factores medioambientales que pueden influir en el funcionamiento de la turbina de gas, incluyendo, aunque sin limitarse a, temperatura, humedad y presión del aire. En una realización, cada uno de temperatura, humedad y presión del aire se monitorizan. La unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas 203 (no se muestran los detalles) comprende un termómetro de bulbo seco y un dispositivo de medición de la humedad del aire, en un ejemplo de realización. En otras realizaciones alternativas, la unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas 203 puede comprender un termómetro de bulbo seco y un termómetro de bulbo húmedo. En otra realización alternativa, la unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas 203 puede comprender un dispositivo de medición de la presión barométrica. Para mediciones de la presión ambiental, la unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas puede comprender otros componentes y/o combinaciones de componentes bien conocidas por los expertos en la materia para monitorizar y/o medir condiciones meteorológicas ambientales. La información meteorológica es procesada por la unidad de control 202, donde la unidad de control 202 suministra al operador información operacional clave tal como la cantidad de agua de evaporación permisible, riesgo de formación de hielo, etc.

La unidad de bomba 201 puede comprender una única bomba (si la unidad de bomba 201 está diseñada apropiadamente para ese servicio), una bomba de velocidad variable (donde la velocidad está controlada por la frecuencia y donde la frecuencia apropiada es establecida por un controlador de frecuencia) o múltiples bombas

paralelas, por ejemplo, normalmente 5 bombas en algunas realizaciones, cada una con diferentes capacidades de flujo. Al accionar una, dos o más bombas en diferentes combinaciones, se consigue una gama muy amplia de capacidades de bomba. Las bombas también pueden ser un diseño de desplazamiento positivo con un transmisor para indicar el flujo a la unidad de control 202 para un control en bucle.

La fig. 2 representa la unidad de bomba 201 (no se muestran los detalles) que comprende una bomba para pre-llenar la red de aumento de potencia utilizando baja presión y una bomba para bombear agua a una alta presión para el suministro de inyección de agua programada para el aumento de la potencia. La bomba de pre-llenado de baja presión se utiliza para hacer al aumento global de sólidos con agua a todo un suministro de agua constante al comienzo del aumento de potencia y evitar, de este modo, la sobretensión. El agua presurizada que emana de la unidad de bomba es introducida en una tubería de alimentación (también llamada cabecera de tubo). La cabecera de tubo actúa como un distribuidor del agua a alta presión a diferentes usuarios tales como el sistema de refrigeración evaporativa, el sistema de lavado, el sistema de refrigeración intermedia del compresor, y el sistema de refrigeración de la llama de la cámara de combustión. La unidad de bomba puede comprender una bomba de tipo de desplazamiento accionada por un motor de CA eléctrico controlado por frecuencia, en el cual la frecuencia controla la velocidad de la bomba. Como alternativa, la unidad de bomba puede comprender un motor tal como un motor de DC, en el cual la corriente del motor controla la velocidad de la bomba. Otras unidades de bomba adecuadas son bien conocidas por los expertos en la materia. En algunas realizaciones, la bomba eleva la presión del agua a un máximo de aproximadamente  $80 \times 10^5$  PA (aproximadamente 80 bares), normalmente aproximadamente  $35 \times 10^5$  PA (aproximadamente 35 bares), más normalmente aproximadamente  $70 \times 10^5$  PA (aproximadamente 70 bares), aunque, tal como debe entenderse, también pueden proporcionarse otros

valores cuando se desee. La capacidad máxima de la bomba se establece en relación con el flujo de aire estimado de la turbina de gas. La capacidad de la bomba se conforma a un tamaño según la relación del flujo de agua y el flujo másico de aire, donde el flujo de aire es el numerador y el flujo de agua el denominador. En algunas realizaciones, la relación normalmente varía entre aproximadamente 0,3 y aproximadamente 0,5 cuando el agua se expresa como litros / minuto y el flujo de aire como kg / segundo; en otras realizaciones, los intervalos de relación pueden ser diferentes.

Además, para fines de lavado, la utilización de agua calentada (por ejemplo, para el lavado del compresor) y productos químicos (por ejemplo, para su utilización como detergentes de lavado o como inhibidores de la corrosión del compresor una vez completado un periodo de funcionamiento) puede ser ventajosa. Por lo tanto, la unidad de bomba 201 puede incluir además depósitos y calefactores (es decir, para suministrar agua calentada) así como una unidad de inyección de productos químicos para inyectar productos químicos en el agua.

La unidad de bomba 201 puede conectarse a una unidad de recogida de agua y una unidad de procesamiento de agua (es decir, capaz de purificar agua) 206 mediante un conducto 209, dado que el agua residual emana del motor de la turbina de gas durante el lavado y/o el aumento de potencia. La unidad de procesamiento de agua 206 puede comprender filtros de separación de partículas y filtros de desionización. Por ejemplo, el agua residual puede estar en forma de vapor de agua a través del apilado o puede producirse en forma condensada, donde en el caso de lavado en estado apagado, el agua de lavado se desbordará fuera del sumidero de descarga del compresor del motor de la turbina de gas. Esta agua residual contiene cualquier material contaminante liberado así como aceites, grasas e iones metálicos procedentes del motor de la propia turbina de gas. Esta agua es normalmente peligrosa y preferentemente debe recogerse y tratarse o liberarse a un sumidero

controlado. El agua también puede aparecer en el conducto de aire de entrada cuando se realiza la refrigeración por pulverización evaporativa. Esta agua puede ser recogida por la unidad de recogida de agua y ser tratada en la unidad de procesamiento de agua 206. Como alternativa, la  
5 unidad de procesamiento de agua 206 también puede procesar agua sin utilizar de una fuente de agua (no se muestra en las figs.) suministrada a través del conducto 207. El agua purificada se introduce en la unidad de bomba 201 a través del conducto 209. El agua residual tratada puede ser reciclada y reutilizarse para lavado, proporcionando de este modo un  
10 sistema de bucle cerrado sin emisiones de agua. Además, el agua reutilizada reduce el consumo total de agua.

La unidad de procesamiento de agua 206 purifica el agua a calidad de agua “desmineralizada” de modo que el agua es adecuada para su inyección en la trayectoria de la masa de aire de la turbina de gas donde  
15 los sólidos disueltos totales varían, en algunas realizaciones, entre aproximadamente 1-5 ppm. Los sistemas purificadores de agua adecuados son conocidos por los expertos en la materia.

La unidad de bomba 201 está controlada por una unidad de control 202. La unidad de control 202 puede estar controlada desde una sala de control o desde un panel mediante la unidad de bomba 201, según los  
20 ejemplos. La unidad de control 202 comprende controles manuales así como controles programables que permiten el funcionamiento de la unidad de bomba 201 mediante una alimentación de señal 204. La unidad de control 202 incluye un medio de almacenamiento 218. El medio de  
25 almacenamiento 218 puede incluir una memoria de acceso aleatorio (RAM) y/o una memoria no volátil tal como memoria de solo lectura (ROM). Un experto en la materia comprende fácilmente que un medio de almacenamiento puede incluir diversos tipos de dispositivos físicos para almacenamiento temporal y/o persistente de datos incluyendo, aunque sin  
30 limitarse a, dispositivos en estado sólido, magnéticos, ópticos y de combinación. Por ejemplo, el medio de almacenamiento puede

implementarse utilizando uno o más dispositivos físicos tales como DRAM, PROMS, EPROMS, EEPROMS, memoria flash, y similares. El medio de almacenamiento 218 puede comprender además un producto de programa informático que incluye partes de código de software para realizar las etapas del método, según realizaciones, cuando el producto de programa informático es ejecutado en el dispositivo informático, por ejemplo, controlando un grado de apertura de una válvula para, a su vez, controlar un caudal de agua que está siendo suministrado a al menos una boquilla e implementar un programa de inyección de agua definido por la programación de plataforma de ciclo "cycle deck" y la transferencia de control de dinámica de fluido computacional para formar el modelo de control. Adicionalmente, la unidad de control 202 puede monitorizar el flujo programado en comparación con el flujo real suministrado. En el caso en el cual el flujo real esté por debajo de un nivel esperado, puede proporcionarse un aviso de boquilla bloqueada al operador. En el caso en el cual el flujo real sea mayor que el flujo programado, puede proporcionarse un aviso de comprobación de fugas al operador.

Cuando se requiere el funcionamiento del sistema de aumento de potencia, una bomba de pre-llenado puede ser activada por la unidad de control 202 para llenar una red de boquillas de inyección de aumento con agua. Esta etapa se realiza para evitar una etapa de potencia discontinua.

Adicionalmente la cabecera de tubo 20 y todos los conductos (por ejemplo, 28, 29 y 215) pueden comprender una manguera flexible de alta presión de tipo hidráulico, simplificando de este modo la instalación. Como alternativa, puede instalarse una tubería fija. Las válvulas (por ejemplo 24, 27, 210 y 216) pueden abrirse o cerrarse desde la sala de control u otras ubicaciones remotas. Como alternativa, las válvulas pueden abrirse o cerrarse de forma manual.

La unidad de control 202 también puede utilizarse para implementar análisis de transferencia de dinámica de fluido computacional (CFD). La CFD permite la predicción de (es decir, la formulación de un



modelo) la cantidad de agua que es necesario inyectar en el motor de la turbina de gas para saturar completamente o sobresaturar el aire. La CFD proporciona un modelo computacional que representa el sistema según realizaciones. Posteriormente, la dinámica del flujo de fluido a través del sistema puede analizarse y predecirse a la luz de uno o más de los parámetros definidos incluyendo, aunque sin limitarse a, las condiciones meteorológicas ambientales y parámetros específicos relativos a la turbina de gas (es decir, geometría de la turbina y el campo de velocidad del movimiento del aire) y aspectos de diseño limitantes de la carga de la turbina (es decir, palas del compresor, cubierta del motor, componentes de la cámara de combustión y elementos de trabajo de la trayectoria de gas caliente). La CFD proporciona un modelo de control que es interpretado e implementado por un controlador lógico programado (PLC) para ajustar el nivel de inyección de agua. Los parámetros o límites definidos pueden ser introducidos en el sistema según realizaciones de forma manual o automática mediante la utilización de diversos sensores y/o unidades de monitorización de las condiciones meteorológicas. La CFD proporciona flujo de fluido simulado y, de este modo, un nivel de rendimiento de la turbina de gas predicho, que corresponde al flujo másico de aire a través de la turbina. Como resultado del modelo generado, realizaciones pueden ajustar el nivel de agua inyectada de una manera continua o intermitente, de modo que la salida de potencia de la turbina de gas se optimice. El proceso de CFD básico comprende, en un ejemplo de realización, definir la geometría de la turbina de gas; determinar el volumen ocupado por el fluido (por ejemplo, vapor de agua) donde el volumen se divide en celdas discretas (donde la totalidad de las celdas forman una malla); definir las condiciones límite tales como las propiedades particulares del fluido utilizado (es decir, para aquellos procesos que experimentan cambios sustancialmente constantes respecto a los límites definidos, los límites iniciales normalmente están definidos); emplear algoritmos y ecuaciones (es decir, software informático o

producto cargable en un ordenador cargable en un sistema de computación digital) para calcular los resultados predichos; interpretar los resultados de predicción para formar un modelo.

5 Normalmente para la saturación completa, la inyección en la entrada de la turbina de gas es en forma de un pulverizado finamente dividido que presenta gotas cuyo tamaño varía entre aproximadamente 10 y aproximadamente 50 micrómetros, aunque, tal como debe entenderse, también pueden utilizarse gotas de otros tamaños donde se desee. Cuando se satura el aire, el modelo generado por CFD define el flujo másico de aire introducido en la turbina de gas para preservar la salida de potencia de la turbina de gas.

10 Como alternativa, los modelos pueden posibilitar la sobresaturación del aire, dando como resultado de este modo una mayor masa de aire que la que se encuentra con la saturación completa. En este caso, un modelo dinámico de fluido computacional adicional preferentemente considera la posición en el motor de la turbina de gas a la cual se inyecta el agua así como la carga específica de la máquina creada por el flujo másico de sobresaturación. Los puntos de inyección pueden incluir, aunque sin limitarse a, los aquí descritos asociados con refrigeración evaporativa, refrigeración intermedia del compresor, refrigeración de la llama de la cámara de combustión o lavado del motor, como ejemplos. Cuando se sobresatura el aire, el modelo define la masa de aire introducida en la turbina de gas mientras se definen los componentes de la turbina de gas para colocar restricciones de los niveles de inyección de agua, de modo que el flujo másico de aire está dentro de las limitaciones aceptables del diseño del motor de la turbina de gas. Posteriormente, las condiciones meteorológicas ambientales y las necesidades de carga de la turbina de gas pueden introducirse en el controlador lógico programado.

25 El controlador lógico programado actúa de acuerdo con el modelo de control para regular el flujo másico de aire a través del motor de la turbina de gas. Más específicamente, el controlador lógico programado

regula el flujo de agua para su utilización en aumento de la potencia y/o en lavado haciendo funcionar a la unidad de bomba 201 a una presión específica, y también regulando la boquilla o boquillas particulares utilizadas para cada fin. Además, para el aumento de potencia, al menos una boquilla se activa o se desactiva para conseguir el caudal apropiado de acuerdo con el modelo de CFD, de modo que coincida con la demanda de potencia y las condiciones meteorológicas ambientales. De este modo, el modelo de CFD y el controlador lógico programado posibilitan la saturación o la sobresaturación del aire. Cuando se inicia el aumento de potencia, la unidad de control 202 calcula el nivel de inyección de agua en base al flujo de aire calculado a partir de la predicción del modelo de ciclo. Este flujo de aire se utiliza a continuación para calcular el nivel de humedad relativa diana para definir la cantidad de agua a inyectar. El cálculo se cicla a continuación a medida que el agua se programa para permitir una convergencia de la tasa de inyección de agua a un flujo estable.

Una unidad del operador 300, tal como se representa en la fig. 3, puede instalarse en una sala de control y conectarse a la unidad de control 202 mediante una alimentación de señal 301. La unidad de control puede incluir un dispositivo de entrada que incluye, aunque sin limitarse a, un teclado 302, que permite al operador introducir comandos al sistema tales como, por ejemplo, comandos de control para la unidad de bomba 201. Un display, monitor o pantalla 304 puede utilizarse para presentar información relativa al funcionamiento de la unidad de bomba 201 tal como, por ejemplo, el historial temporal de los parámetros de funcionamiento o información sobre el estado de la bomba. Por consiguiente, el operador puede monitorizar el funcionamiento de la bomba así como diferentes parámetros de funcionamiento. Como alternativa, el display 304 puede ser una pantalla táctil que presenta, por ejemplo, una serie de teclas blandas dispuestas en la pantalla con el fin de presentar diferentes comandos en diferentes interfaces presentadas en

el display. La unidad del operador 300 puede comprender, además, el medio de almacenamiento (no se muestra) tal como los descritos anteriormente.

5 Tanto la unidad de lavado como la al menos una unidad de inyección comprenden al menos una boquilla y al menos una válvula. El sub-sistema de suministro de agua de la unidad de lavado puede crear agua desionizada desde un suministro potable y distribuirla en un depósito de contención de agua para su utilización como fluido de lavado o para el aumento de la potencia. Por ejemplo, la unidad de lavado puede  
10 emplear, aunque no se limita a, un sistema de ósmosis inversa que proporciona agua que presenta unos sólidos disueltos totales que varían, como ejemplo, entre aproximadamente 1-5 ppm. La unidad de lavado y al menos una unidad de inyección pueden estar instaladas en la turbina de gas como unidades separadas o la unidad de lavado también puede servir  
15 como una de la al menos una unidades de inyección. La al menos una boquilla (por ejemplo, de 1-10 boquillas) puede utilizarse para pulverizar agua al interior del compresor y al interior de la cámara de combustión. La al menos una boquilla puede estar situada dentro de la sección de aire de entrada y entre los puntales. Este posicionamiento de la boquilla puede  
20 reducir el humedecimiento de las paredes de la cámara impelente de entrada de la boca de campana 19 y los puntales. La al menos una boquilla puede acoplarse a un alimentador de anillo donde la abertura de la al menos una boquilla está orientada hacia el interior del motor, incluyendo instalada en el área del conducto de entrada, así como en el  
25 compresor y la cámara de combustión. Una manguera (por ejemplo, una manguera flexible de alta presión) puede estar conectada tanto al alimentador de anillo como a un recipiente de agua (es decir, el recipiente de agua puede incluir, aunque sin limitarse a, un recipiente apoyado en el suelo u otra fuente de agua apropiada), a partir de la cual el suministro de  
30 agua puede controlarse a distancia. Como alternativa, la manguera puede estar conectada a un vehículo estacionado en el suelo, con lo cual el

procedimiento de lavado puede controlarse a distancia desde diversas ubicaciones, por ejemplo el vehículo estacionado en el suelo o desde la sala de control de una planta de turbina de gas estacionaria.

5 Normalmente, la al menos una boquilla proporciona cantidades de agua finamente dividida al interior y a través de la turbina de gas, para lavar o incrementar el flujo másico. El agua puede dividirse finamente de modo que las gotas de agua siguen la misma trayectoria de flujo que el flujo másico. Cuando se lava, las gotas de agua siguen la misma trayectoria de flujo que la tomada por los contaminantes transportados por  
10 aire que han contaminado la turbina de gas.

Normalmente, la unidad de lavado funciona a una presión de aproximadamente 10 a aproximadamente  $80 \times 10^5$  PA (de aproximadamente 10 a aproximadamente 80 bares), y más normalmente de aproximadamente  $50 \times 10^5$  PA a aproximadamente  $80 \times 10^5$  PA (de  
15 aproximadamente 50 bares a aproximadamente 80 bares), aunque la unidad de lavado puede funcionar a cualesquiera otras presiones cuando se desee. Las gotas de pulverizado de agua según algunas realizaciones normalmente presentan un diámetro de aproximadamente 80 – 250  $\mu\text{m}$  (en base a una masa media) y velocidades que varían entre  
20 aproximadamente 40 – 240 metros / segundo (un caudal de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 240 litros / minuto). En otras realizaciones, los diámetros y/o velocidades de las gotas de pulverizado de agua pueden proporcionarse con diferentes valores según pueda desearse. Por ejemplo, a la al menos una boquilla de la unidad de lavado  
25 pueden suministrársele 0,1 litros de agua / segundo durante aproximadamente 30 segundos a una presión de aproximadamente  $70 \times 10^5$  PA (aproximadamente 70 bares), en la cual las gotas de agua presentan un tamaño (diámetro) de aproximadamente 150  $\mu\text{m}$ . En algunas realizaciones, normalmente el flujo de agua volumétrico total está  
30 en el intervalo de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 240 litros / minuto, mientras que en otras realizaciones el flujo de agua volumétrico

total puede suceder en diferentes intervalos. Cuando se utilizan varias boquillas en el proceso de lavado, el flujo volumétrico de agua se aplica para todas las boquillas conjuntamente. La Patente de Estados Unidos N° 5.868.860 de Asplund describe un ejemplo de la utilización de agua a alta presión para el lavado de compresores de una turbina de gas y se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

Normalmente, la al menos una unidad de inyección funciona a una presión de aproximadamente  $50 \times 10^5$  PA a aproximadamente  $160 \times 10^5$  PA (de aproximadamente 50 bares a aproximadamente 160 bares), normalmente de aproximadamente  $80 \times 10^5$  PA a aproximadamente  $140 \times 10^5$  PA (de aproximadamente 80 bares a aproximadamente 140 bares). Las gotas de pulverizado de agua normalmente presentan un diámetro de aproximadamente  $< 10$  a aproximadamente  $20 \mu\text{m}$ , más normalmente de aproximadamente  $< 10$  a aproximadamente  $15 \mu\text{m}$  y variando las velocidades de partícula de aproximadamente 20 metros / segundo a aproximadamente 80 metros / segundo. Por ejemplo, a la al menos una boquilla de la al menos una unidad de inyección pueden suministrársele 0,1 litros de agua / segundo durante aproximadamente 6 horas a una presión de aproximadamente  $120 \times 10^5$  PA (aproximadamente 120 bares), en la cual las gotas de agua presentan un tamaño (diámetro) de aproximadamente  $10 \mu\text{m}$ . Normalmente el flujo de agua volumétrico total está en el intervalo de aproximadamente 4 litros / minuto. Cuando se utilizan varias boquillas en el proceso de inyección, el flujo volumétrico de agua se aplica para todas las boquillas conjuntamente.

La pulverización o inyección del agua finamente dividida es indicativa del método utilizado para incrementar el flujo másico. La fig. 2 muestra la entrada de aire a la turbina de gas descrita en la fig. 1. La fig. 2 muestra la aplicación de un sistema de refrigeración evaporativa, un sistema de lavado, un sistema de refrigeración intermedia del compresor y una refrigeración de la llama de la cámara de combustión. El sistema de refrigeración evaporativa es un sistema de "nebulización" en el cual el

agua se pulveriza en la entrada de aire como una bruma de gotas finas (niebla) que se evapora. El sistema de lavado es un sistema para pulverizar agua en la entrada del compresor. El sistema de refrigeración intermedia del compresor es un sistema de "compresión en húmedo" para pulverizar agua en un chorro de alta densidad en una fase intermedia del compresor. El sistema de refrigeración de la cámara de combustión es un sistema para pulverizar agua al interior de la cámara de combustión.

En algunas realizaciones, la refrigeración evaporativa, la refrigeración intermedia del compresor, la refrigeración de la llama de la cámara de combustión o el lavado del motor se realizan rara vez según un programa fijado. Por ejemplo, a medida que la temperatura cambia, por ejemplo a la hora, la factibilidad para refrigeración evaporativa también cambia.

Un ejemplo de sistema de refrigeración evaporativa se muestra en la fig. 4. Una cabecera de tubo 20 está conectada a un conducto 23 a través de la válvula 24. Cuando la válvula 24 se abre, agua a alta presión se introduce en un soporte de la boquilla 21, que está instalado dentro del conducto y muy aguas arriba de la cara de entrada del compresor. El soporte de la boquilla 21 normalmente comprende un tubo que presenta múltiples boquillas que atomizan agua en un pulverizado 22 de finas gotas, por ejemplo, que normalmente varían entre aproximadamente 10 y aproximadamente 20 micrómetros, y que más normalmente varían entre aproximadamente 10 y aproximadamente 15 micrómetros. Las gotas son el resultado de la atomización, por ejemplo, normalmente a una presión de aproximadamente 80 a aproximadamente 140 bares. Las gotas son portadas / suspendidas con el chorro de aire y se evaporan antes de entrar en el compresor, ya que hay un tiempo de residencia suficientemente largo para que el aire se desplace desde la punta de la boquilla a la entrada del compresor. La evaporación intercambia al calor latente del agua por calor sensible del aire, de modo que la temperatura del aire es rebajada por la evaporación. Una temperatura del aire más

baja corresponde a una mayor densidad del aire, y por lo tanto, un mayor flujo másico que da como resultado una mayor salida de potencia del árbol. El caudal de agua requerido se establece mediante bomba de velocidad variable. La operación de refrigeración evaporativa se cierra cerrando la válvula 24. La Patente de Estados Unidos N° 6.718.771 de Kopko ilustra un sistema de refrigeración evaporativa que permite funcionamiento de la turbina de gas a altas temperaturas y se incorpora como referencia aquí en su totalidad. La cantidad de agua suministrada a las boquillas se determina según el modelo de control generado mediante análisis de la dinámica de fluido computacional y está regulado por el controlador lógico programado.

Un ejemplo de un sistema de refrigeración intermedia del compresor se muestra en la fig. 5. Este sistema es un sistema de compresión en húmedo, lo que significa que agua en forma de pequeñas gotas se evapora dentro del compresor durante el trabajo de compresión. El tiempo de retención para el aire a través de un compresor está en el intervalo de milisegundos. Durante este tiempo, las gotas se evaporan como resultado del tamaño inicial de las gotas. El proceso evaporativo es accionado por el rápido incremento de temperatura que resulta del trabajo de compresión. En el sistema del ejemplo, una cabecera 20 está conectada a un conducto 29 a través de una válvula 210. Cuando la válvula 210 se abre, se introduce agua a alta presión en al menos una boquilla 212. La al menos una boquilla 212 está instalada para inyectar agua al interior de la trayectoria de gas del compresor (por ejemplo, pueden estar instaladas boquillas para inyectar agua entre dos discos). La al menos una boquilla 212 atomiza el agua en un pulverizado 211 de pequeñas gotas, por ejemplo, que varían entre aproximadamente 10 y aproximadamente 50 micrómetros, y preferentemente en el intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 30 micrómetros. Los tamaños de las pequeñas gotas resultan de la atomización, preferiblemente a una presión de aproximadamente 10 a aproximadamente  $80 \times 10^5$  PA (presión



de aproximadamente 10 a aproximadamente 80 bares), aunque también puede utilizarse otra presión en PA (bárica) adecuada. Las pequeñas gotas se evaporarán antes de salir del compresor. La Patente de Estados Unidos N° 6.644.935 de Ingistov describe un ejemplo de ensamblaje de boquilla para inyección de agua entre fases del compresor, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad. La evaporación enfría el aire e incrementa de este modo la densidad del aire, lo que incrementa el flujo másico y da como resultado una mayor salida de potencia. Adicionalmente, la refrigeración del compresor da como resultado una menor temperatura de salida del compresor, lo que significa que el aire refrigerador es suministrado a la cámara de combustión. Este aire refrigerador a la cámara de combustión significa que puede quemarse más combustible mientras se mantiene una temperatura de quemado constante proporcionando de este modo un incremento de la salida de potencia. El caudal de agua requerido es establecido por la bomba de velocidad variable. Para apagar la compresión en húmedo, la válvula de operación 210 se cierra. Como alternativa, pueden instalarse boquillas para compresión en húmedo aguas arriba de la entrada del compresor. La operación principal será la misma que para las boquillas montadas entre fases según la descripción anterior. La cantidad de agua suministrada a la al menos una boquilla se determina según el modelo de control generado mediante análisis de la dinámica de fluido computacional y se regula mediante el controlador lógico programado.

Un ejemplo de un sistema de refrigeración de la cámara de combustión se muestra en la fig. 6. El sistema de refrigeración de la cámara de combustión comprende al menos una boquilla para inyectar gotas de agua en la cámara de combustión. El calor latente del agua se intercambia por calor sensible de la llama, suprimiendo de este modo la temperatura de la llama. Una cabecera 20 está conectada a un conducto 215 a través de una válvula 216. La válvula 216 se abre y permite el suministro de agua a alta presión a la al menos una boquilla 214. La al

menos una boquilla 214 atomiza el agua en un pulverizado 213. El pulverizado 213 comprende gotas cuyo tamaño normalmente varía entre aproximadamente 10 y aproximadamente 50 micrómetros, y más normalmente en el intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 30 micrómetros. Estas gotas resultan de la atomización a una presión de aproximadamente 100 a aproximadamente  $200 \times 10^5$  Pa (de aproximadamente 100 a aproximadamente 200 bares). Tal como debe entenderse, también pueden utilizarse gotas de tamaño y/o atomización a otras presiones alternativas según puede desearse. La llama evapora el agua para formar vapor. El vapor se expande a través de la turbina, contribuyendo de este modo al flujo másico y proporcionando un efecto de aumento de la potencia. Además, dado que la temperatura de la llama está moderada, más combustible puede quemarse mientras se mantiene una temperatura de quemado constante. El quemado de más combustible proporciona salida de potencia adicional. El caudal de agua requerido es establecido por la bomba de velocidad variable. Para apagar la refrigeración de la cámara de combustión, la válvula 216 se cierra. La cantidad de agua suministrada a la al menos una boquilla se determina según el modelo de control generado mediante el análisis de la dinámica de fluido computacional y se regula mediante el controlador lógico programado. La Patente de Estados Unidos N° 3.976.661 de Cheng es un ejemplo de los efectos del aumento de la potencia inyectando en la cámara de combustión y se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

En referencia ahora a la fig. 8, una característica adicional del sistema de aumento de potencia global y lavado es la utilización de un ordenador o registro de datos de PLC para monitorizar el cambio de rendimiento del aumento de potencia y/o del lavado con agua. Los datos de condiciones meteorológicas ambientales y rendimiento de la central energética son recogidos para permitir la preparación de datos de tendencia del rendimiento para mostrar las condiciones antes y después.

Estos datos pueden ser útiles para certificar el rendimiento económico y garantizar el funcionamiento apropiado y esperado del sistema de aumento de potencia y/o lavado. Utilizando estos datos, se pueden detectar condiciones de avería y se puede actuar sobre ellas. La transmisión de estos datos utilizando cualquier plataforma de comunicación adecuada, tal como una conexión a Internet por teléfono móvil común, se proporciona en el sistema de registro de datos.

Un sistema de red de inyección 900 puede estar conectado a la unidad de control 202. El sistema de red de inyección 900 puede prellenarse antes del aumento de potencia de la turbina de gas, que puede ser gestionado por la unidad de control 202. El sistema de red de inyección 900 puede ser una red de boquillas.

El sistema de red de inyección de aumento de potencia 900 puede contenerse utilizando un dispositivo de fijación 910, tal como se muestra en las figs. 9, 9a y 9b. El dispositivo de fijación 910 puede ser un soporte de la boquilla situado aguas arriba de una cara de entrada del compresor. El dispositivo de fijación 910 puede estar completamente contenido con una disposición de barra encajada fijada fuera de las paredes de la carcasa del filtro para impedir que se libere material extraño. Tal como se muestra en la fig. 9c, un sistema de soporte enchavetado 920 puede utilizarse para soportar el sistema de red de inyección 900. En una realización, el sistema de soporte enchavetado 920 puede introducir ventajosamente ventajas de coste mediante fabricación por tratamiento con chorro de agua a alta presión.

La abrazadera puede asegurar la captura completa de todos los elementos de la red. Una segunda abrazadera en la parte exterior de la pared de entrada de la carcasa del filtro captura las barras de soporte de la red. Para el aumento de la potencia hasta la saturación completa, algo de agua se condensa en las paredes de la carcasa del filtro. Para proteger al acero al carbono o acero galvanizado, las paredes de la carcasa del filtro pueden estar recubiertas con un recubrimiento resistente

al agua protector y el recubrimiento puede estar capturado con una baldosa resistente a la corrosión, tal como, por ejemplo, una baldosa de acero inoxidable. Las baldosas pueden mantenerse en su sitio con fijadores mecánicos conectados a través de la pared de la carcasa del filtro, tal como se muestra en la fig. 10. Un control del condensado adicional se proporciona con canalones de tamaño apropiado alrededor de estructuras en la entrada y la boca de campana de entrada. Estos canalones dirigen el agua hacia el suelo de la entrada donde un sumidero con un acumulador y detector del nivel permite drenar el condensado recogido. Estas características se ilustran en las figuras 10 y 11 como ejemplos de realizaciones ejemplares.

Los canalones son estructuras en forma de J que forman un círculo alrededor de la abertura de boca de campana al compresor o alrededor de estructuras dentro de la entrada como ejemplo de realización. Los canalones capturan el agua que fluye en las paredes de internas entrada de una manera que impide que el agua fluya al interior del compresor. Particularmente, el canalón dirige el agua al suelo de la entrada y hacia el sumidero de entrada. A medida que el agua se reúne alrededor del sumidero de entrada, el acumulador en el sumidero recogerá el agua fluida y cuando el nivel de fluido alcanza el nivel del sensor, el sensor activa la válvula solenoide para drenar el fluido acumulado.

Un método para aumentar la salida de potencia de un motor de turbina de gas comprende un conducto de entrada de la turbina y una turbina de gas que incluye una cámara de combustión y un compresor que presenta al menos una pala del compresor. El método comprende: (1) incrementar una presión del agua utilizando una unidad de bomba que comprende al menos una bomba de velocidad variable; (2) controlar una velocidad de la unidad de bomba utilizando una unidad de control conectada a la unidad de bomba mediante un alimentación de señal, en el cual la unidad de control regula el funcionamiento de la unidad de bomba según una plataforma de ciclo "cycle deck" predeterminado y el análisis de

la dinámica de fluido computacional en base a la introducción de al menos un parámetro definido para formar un modelo de control; (3) suministrar una cantidad de agua a: (a) una unidad de lavado conectada a la unidad de bomba mediante una tubería de alimentación, y/o (b) al menos una unidad de inyección conectada a la unidad de bomba mediante la tubería de alimentación; (4) controlar un caudal de agua que está siendo suministrado a la al menos una boquilla de la unidad de lavado o la al menos una unidad de inyección utilizando una válvula; (5) emitir un pulverizado de gotas de agua atomizada desde la al menos una boquilla de la unidad de lavado para impactar en y humedecer la al menos una pala del compresor, obteniendo de este modo una liberación de material contaminante de la al menos una pala del compresor, las gotas de agua atomizada inyectadas a una velocidad que es suficientemente alta para penetrar en tal chorro de aire producido durante el funcionamiento de tal motor; (6) inyectar un pulverizado de agua atomizada desde al menos una boquilla de la al menos una unidad de inyección de agua al interior de un chorro de aire del conducto de entrada de la turbina o en la turbina de gas, aumentando de este modo un flujo másico del chorro de aire, en el cual la salida de potencia desde el motor de la turbina de gas aumenta, en el cual normalmente y sustancialmente todas las gotas del pulverizado se evaporan antes de entrar en el compresor; y (7) monitorizar condiciones medioambientales utilizando una unidad de monitorización de las condiciones meteorológicas midiendo al menos uno de una temperatura con el dispositivo de termómetro de bulbo seco; medir una presión del aire; medir una humedad del aire; y medir una temperatura de termómetro de bulbo húmedo, en el cual las condiciones monitorizadas se comunican a la unidad de control mediante una segunda señal.

El método puede incluir además la etapa (8) de recoger el agua que emana del motor de la turbina de gas utilizando una unidad de recogida de agua conectada a la unidad de bomba mediante un conducto y purificar el agua utilizando una unidad de procesamiento de agua.

El método puede realizarse en estado apagado y estando situada la al menos una boquilla de la unidad de lavado aguas arriba del compresor y está dirigida al interior de una entrada del compresor. Desde esta posición, el agua puede inyectarse en la trayectoria de gas del compresor. Análogamente, al menos una boquilla de la al menos una unidad de inyección puede situarse adyacente a la cámara de combustión.

Como alternativa, un método puede realizarse en estado encendido, donde, por ejemplo, un sistema de lavado en estado encendido se describe a continuación. Durante el lavado en estado encendido, el motor está quemando combustible mientras el rotor gira a altas velocidades y el aire entra en el compresor a alta velocidad. Tal como se muestra en las figs. 2 – 6, un conducto 28 está conectado a una cabecera 20 mediante una válvula 27. Cuando la válvula 27 se abre, se introduce agua a alta presión en al menos una boquilla 25, en la cual el agua presenta una velocidad de salida de la boquilla de aproximadamente 40 metros / segundo. La al menos una boquilla 25 está instalada aguas arriba de la cara de entrada del compresor. La boquilla 25 atomiza el agua en un pulverizado 26. La boquilla 25 está dirigida esencialmente hacia la entrada del compresor. Este pulverizado a alta velocidad penetrará en el chorro de aire a alta velocidad. El pulverizado es transportado con el chorro de aire al interior del compresor. Dentro del compresor, las gotas impactan en la al menos una pala del compresor y la válvula, mojándolas de este modo. El humedecimiento de al menos una pala y la válvula libera el material contaminante, limpiando de este modo el compresor. La limpieza da como resultado un grosor de la capa límite reducido, que incrementa el flujo másico. El incremento de flujo másico incrementa la salida de potencia del motor. El pulverizado 26 comprende gotas en el intervalo de tamaño de aproximadamente 80 a aproximadamente 250 micrómetros, y preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 80 a aproximadamente 180 micrómetros. El tamaño de las gotas es el

resultado de la atomización a una presión de aproximadamente 10 a aproximadamente 80 bares. El caudal de agua requerido es establecido por la bomba de velocidad variable. Para apagar la operación de lavado, la válvula 27 se cierra.

5           Un sistema de lavado en estado apagado se describe a continuación. El mismo conjunto de boquillas en esta realización se utiliza para el lavado en estado apagado que para el lavado en estado encendido. Durante el lavado en estado apagado el motor no está quemando combustible. Un conducto 28 está conectado a una cabecera  
10           20 mediante una válvula 27. Cuando la válvula 27 se abre, se introduce agua a alta presión en al menos una boquilla 25. La al menos una boquilla 25 está instalada aguas arriba de la cara de entrada del compresor. La boquilla 25 está dirigida esencialmente hacia la entrada del compresor. La boquilla 25 atomiza el agua en un pulverizado 26. Dado que la al menos  
15           una boquilla está dirigida esencialmente hacia la entrada del compresor, las gotas de agua entran en el compresor. Estas gotas son de tamaño adecuado para impactar en la al menos una pala del compresor y la válvula, humedeciéndolas de este modo. El humedecimiento de las palas y las válvulas libera el material contaminante, limpiando de este modo el  
20           compresor. La limpieza da como resultado un grosor de la capa límite reducido cuando el motor está funcionando. Un grosor de la capa límite reducido incrementa el flujo másico. El incremento de flujo másico incrementa la salida de potencia del motor. El pulverizado 26 comprende gotas en el intervalo de tamaño de aproximadamente 80 a  
25           aproximadamente 250 micrómetros (en base a una masa media), y preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 80 a aproximadamente 180 micrómetros. El tamaño de las gotas es el resultado de la atomización a una presión de aproximadamente 10 bares a aproximadamente 80 bares. El caudal de agua requerido es establecido  
30           por la bomba de velocidad variable. Para apagar la operación de lavado una válvula 27 se cierra. Como alternativa, puede utilizarse un conjunto

diferente de boquillas para el lavado en estado apagado aunque la operación principal será tal como se ha descrito anteriormente.

Además, la utilización de agua reduce el consumo de combustible. El consumo reducido de combustible es el resultado de componentes de la turbina de gas tales como el compresor y la turbina que funcionan más eficientemente.

Un aspecto es la flexibilidad para encender y apagar sistemas según lo que sea más ventajoso operativamente. Es posible activar rápidamente un sistema y desactivar otro sistema cuando se desee tal como se muestra en los ejemplos.

Debe observarse que existen muchas modificaciones, permutaciones y equivalentes que pueden realizarse sin alejarse del espíritu de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

15



**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para proteger a un conducto de entrada de una turbina de gas (10) de la corrosión debida al humedecimiento del conducto de entrada mediante pulverizado de aumento de la potencia, comprendiendo el sistema:
- 5
- un canalón que captura el agua condensada que fluye por una pared de entrada interior del conducto de entrada;
- 10 un sumidero de entrada que recibe el agua condensada capturada desde el canalón;
- un acumulador situado dentro del sumidero de entrada que recoge el agua condensada capturada;
- un sensor de nivel situado en el acumulador que se activa cuando es alcanzado por el agua condensada capturada; y
- 15 una válvula de drenaje (S) que drena el agua condensada capturada cuando es activada por el sensor de nivel.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el sistema comprende además un recubrimiento resistente a la corrosión y/o una combinación de recubrimiento y baldosas resistentes a la corrosión ubicadas en el conducto de entrada.
- 20
3. El sistema de la reivindicación 1, en el que la válvula de drenaje (S) es una válvula solenoide.
- 25
4. El sistema de la reivindicación 1, en el que el canalón comprende una estructura en forma de J que forma un círculo alrededor de una abertura de estructuras con el conducto de entrada, en el que dichas estructuras dentro de la entrada comprenden una boca de campana que se abre al compresor.
- 30

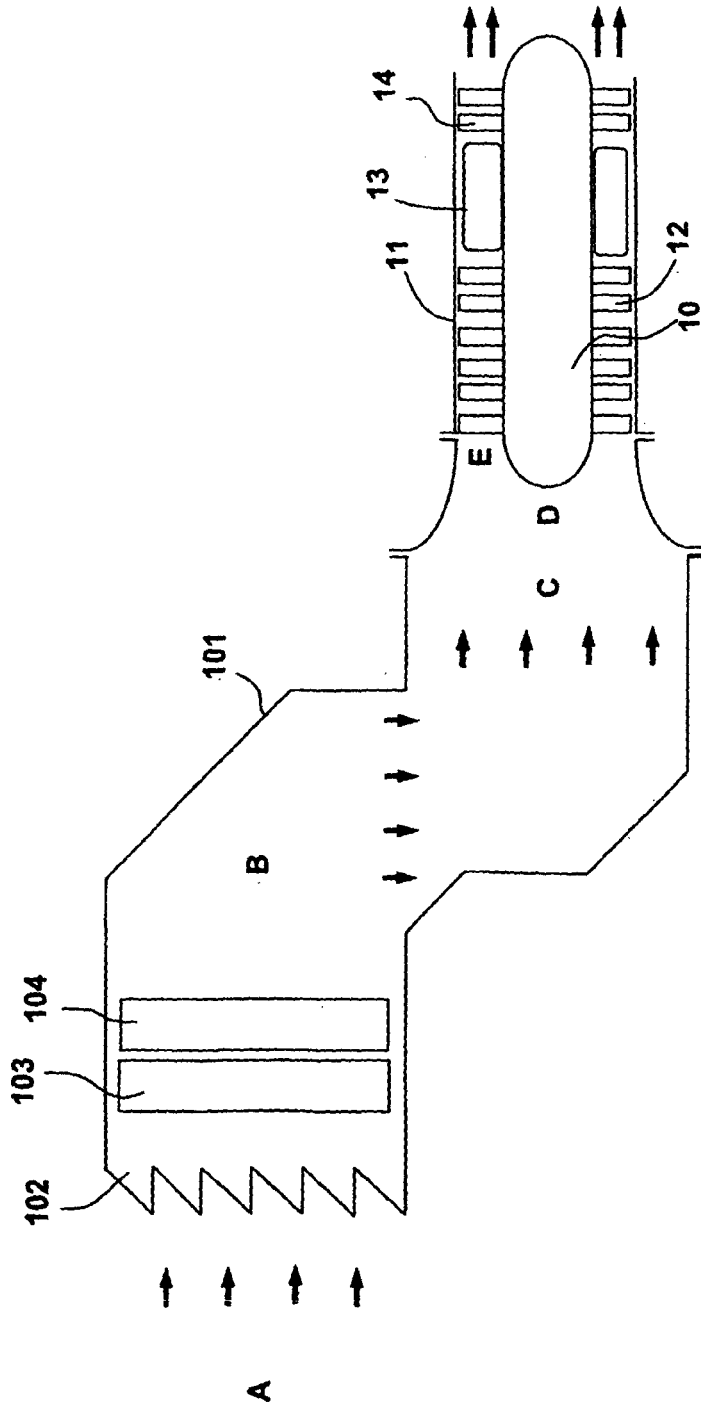


Fig. 1

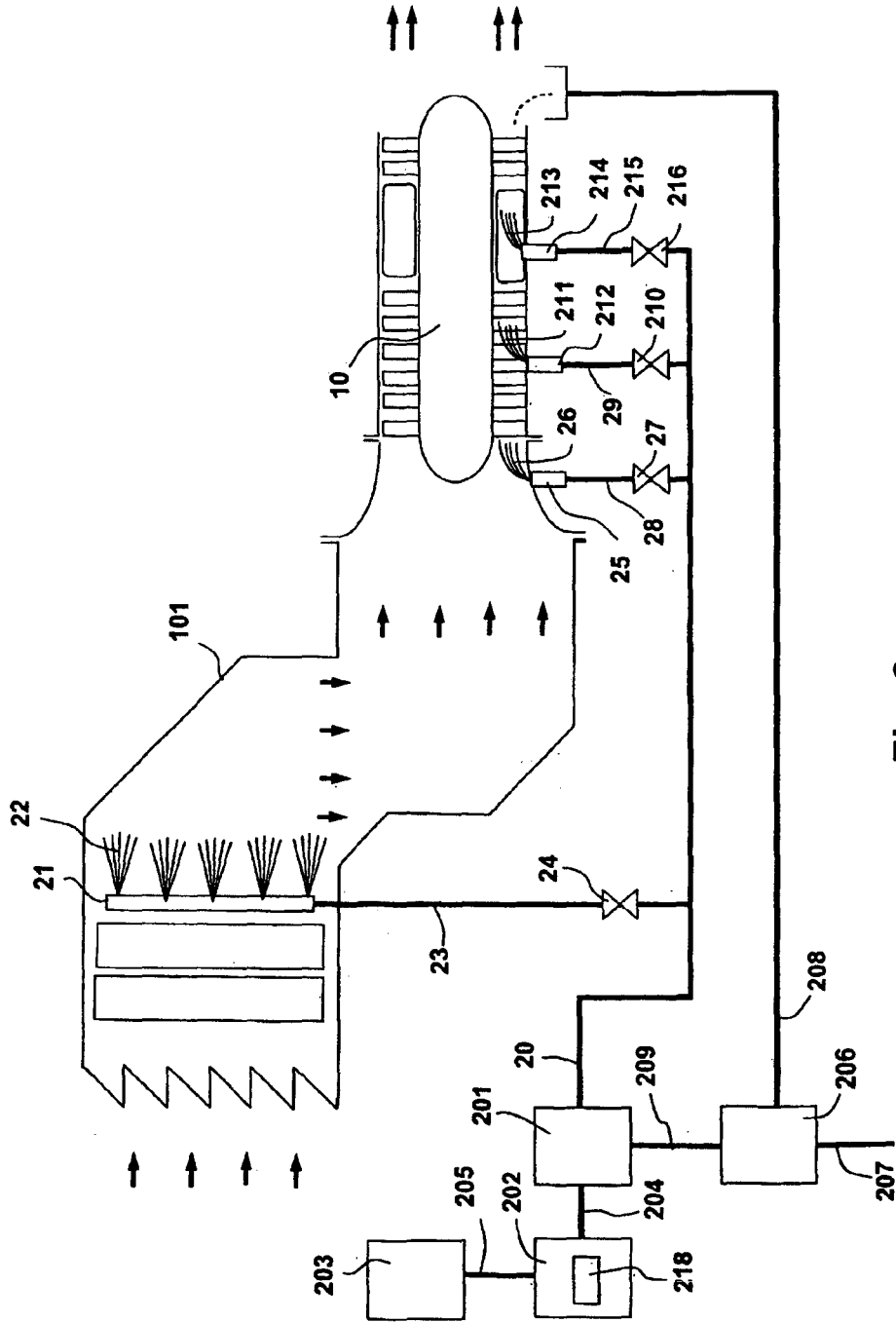


Fig. 2

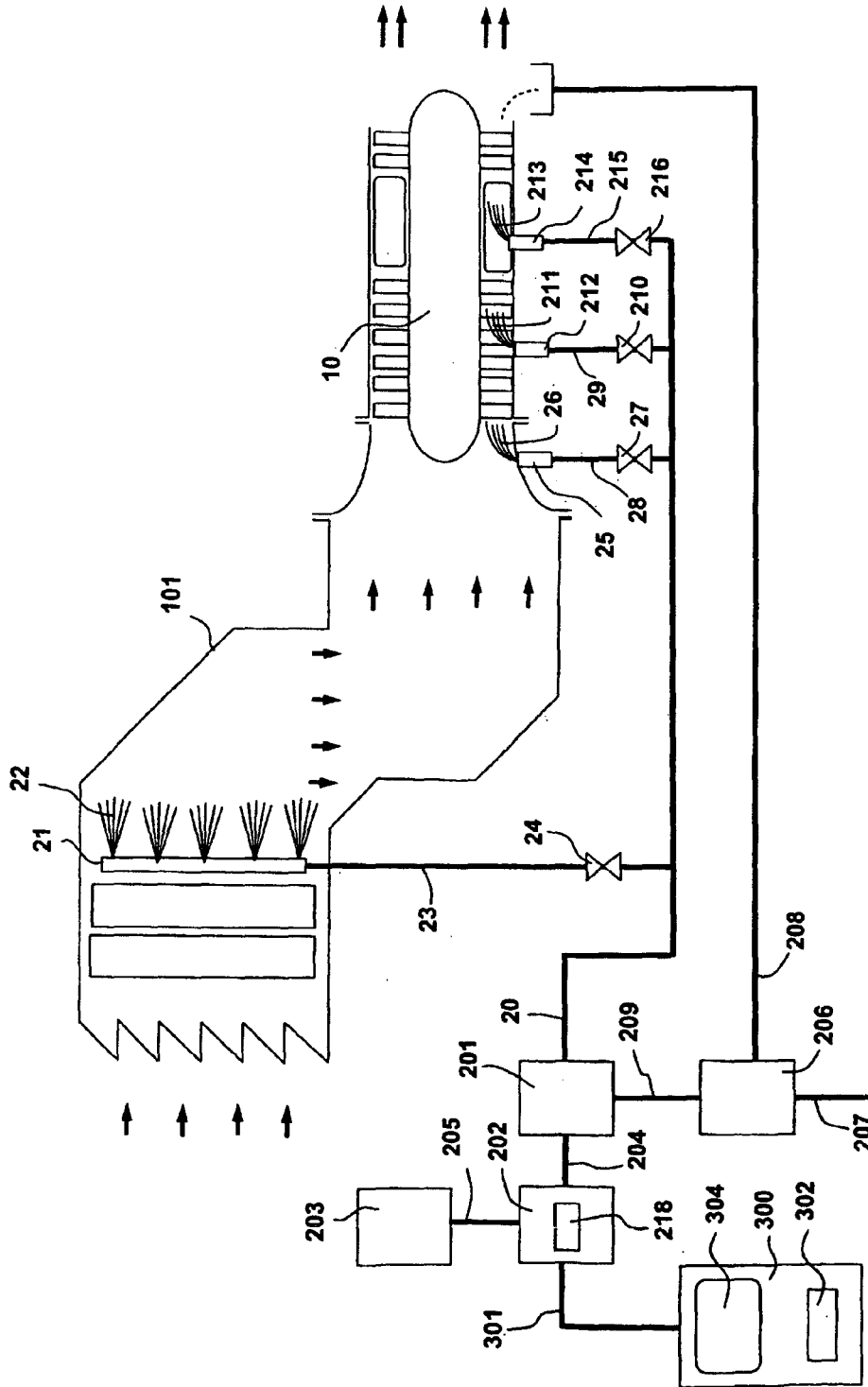


Fig. 3

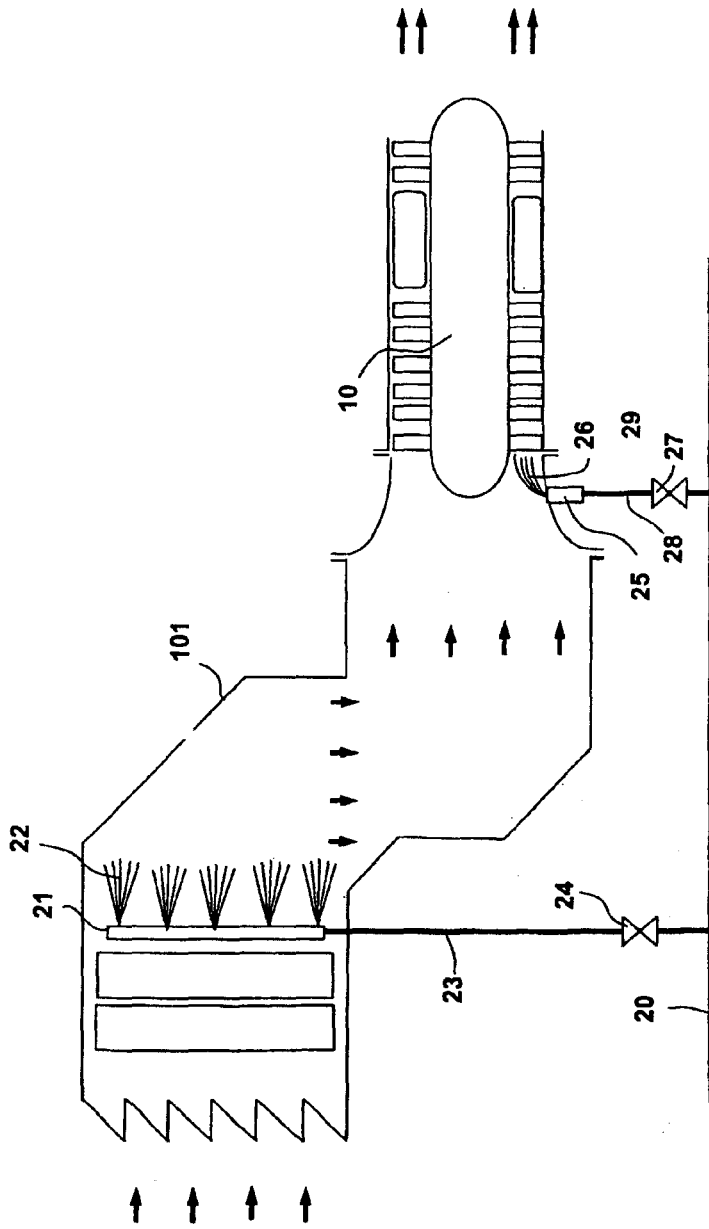


Fig. 4

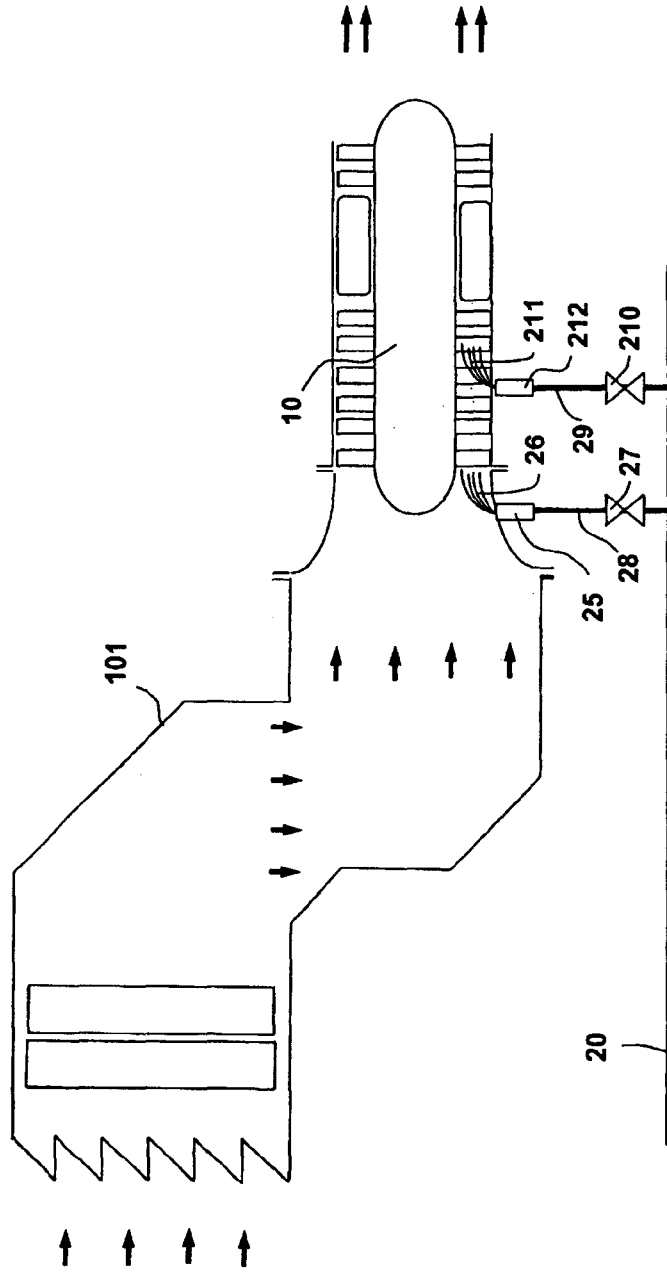


Fig. 5

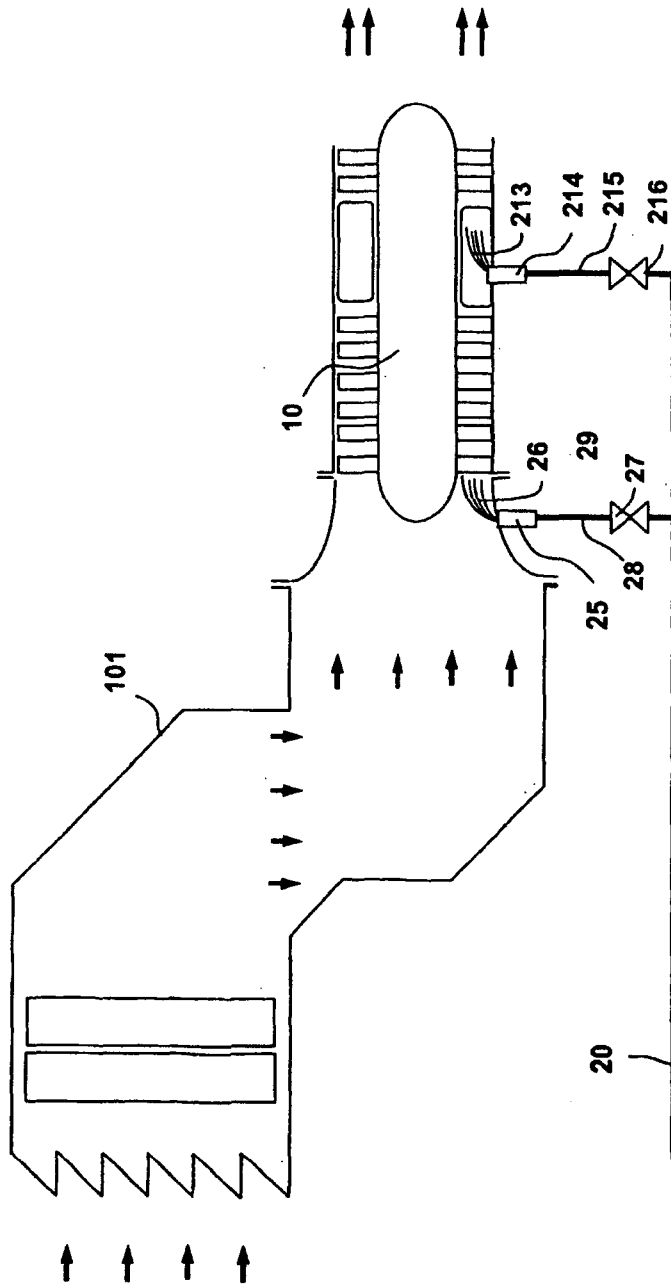


Fig. 6

# Sistema de lavado con agua que despliega un aumento de potencia bajo el control de un modelo CFD

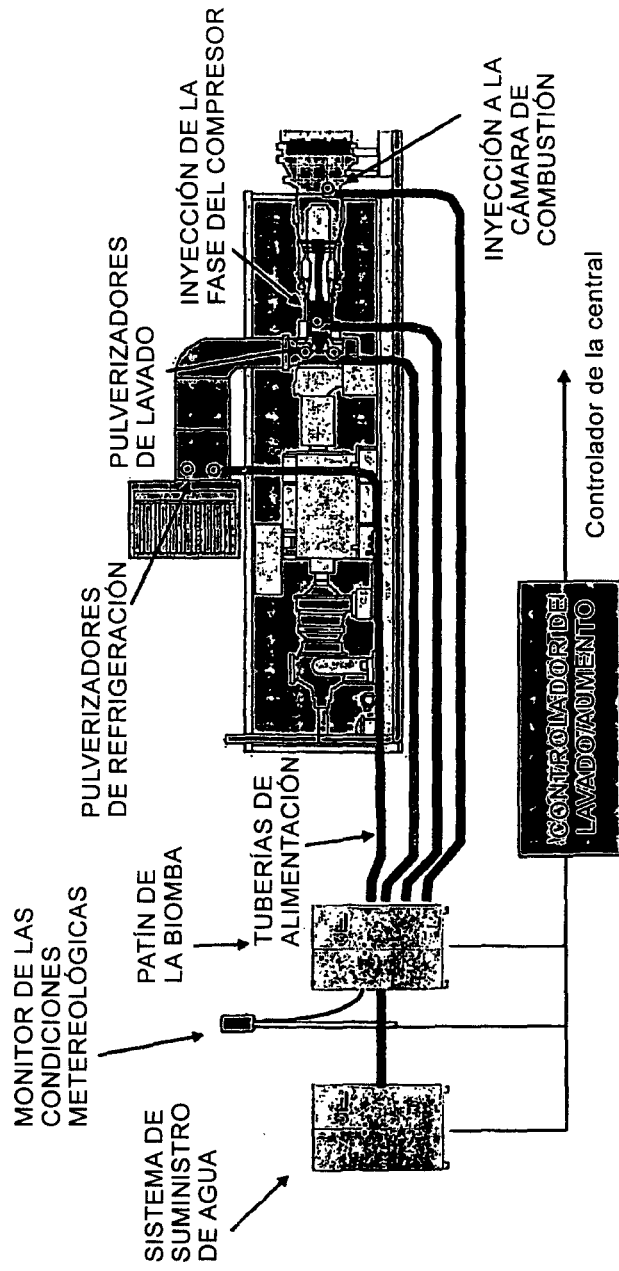


FIG. 7



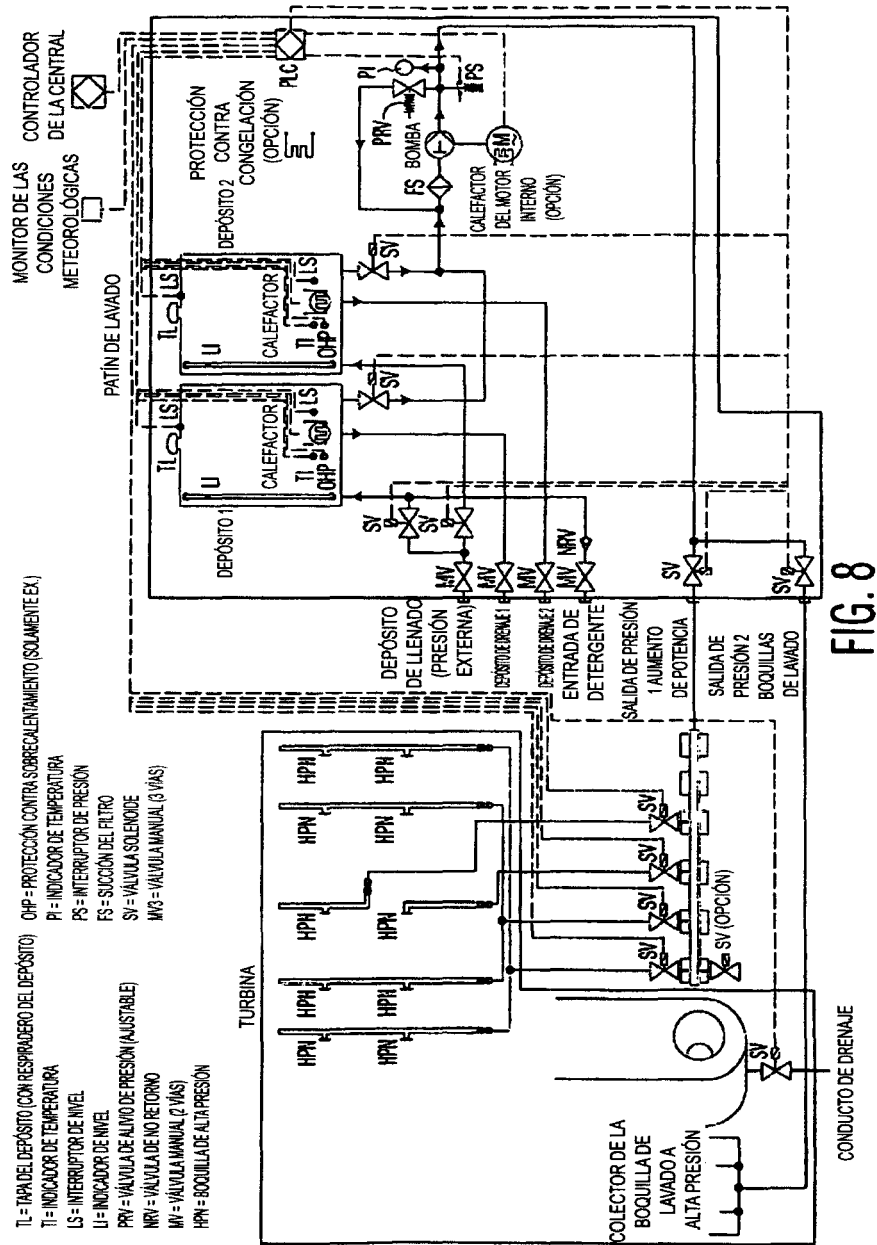


FIG. 8

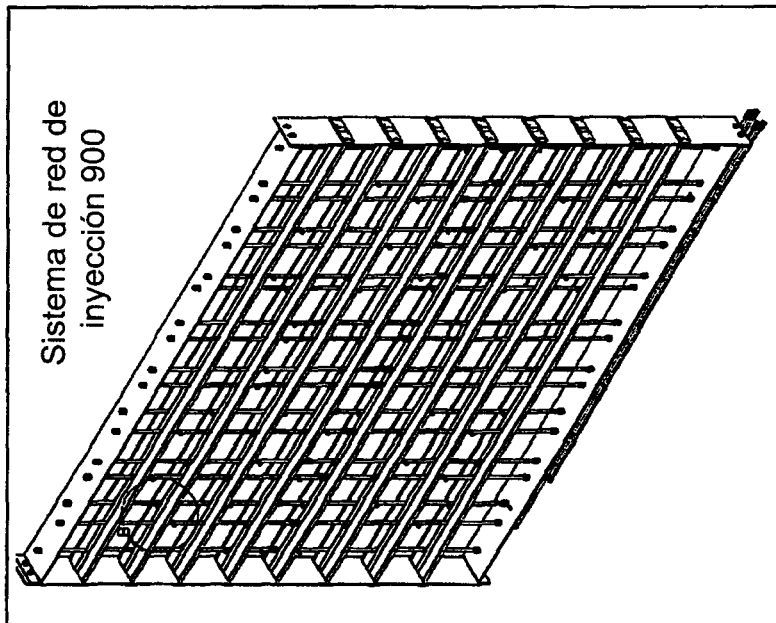
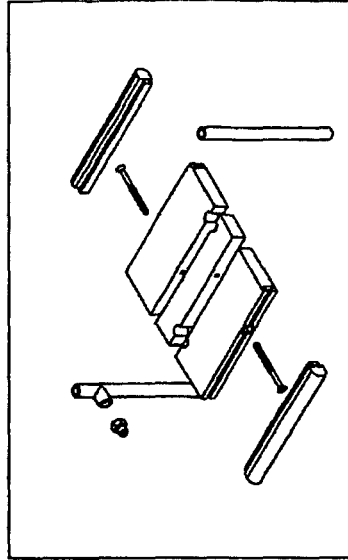


Fig 9

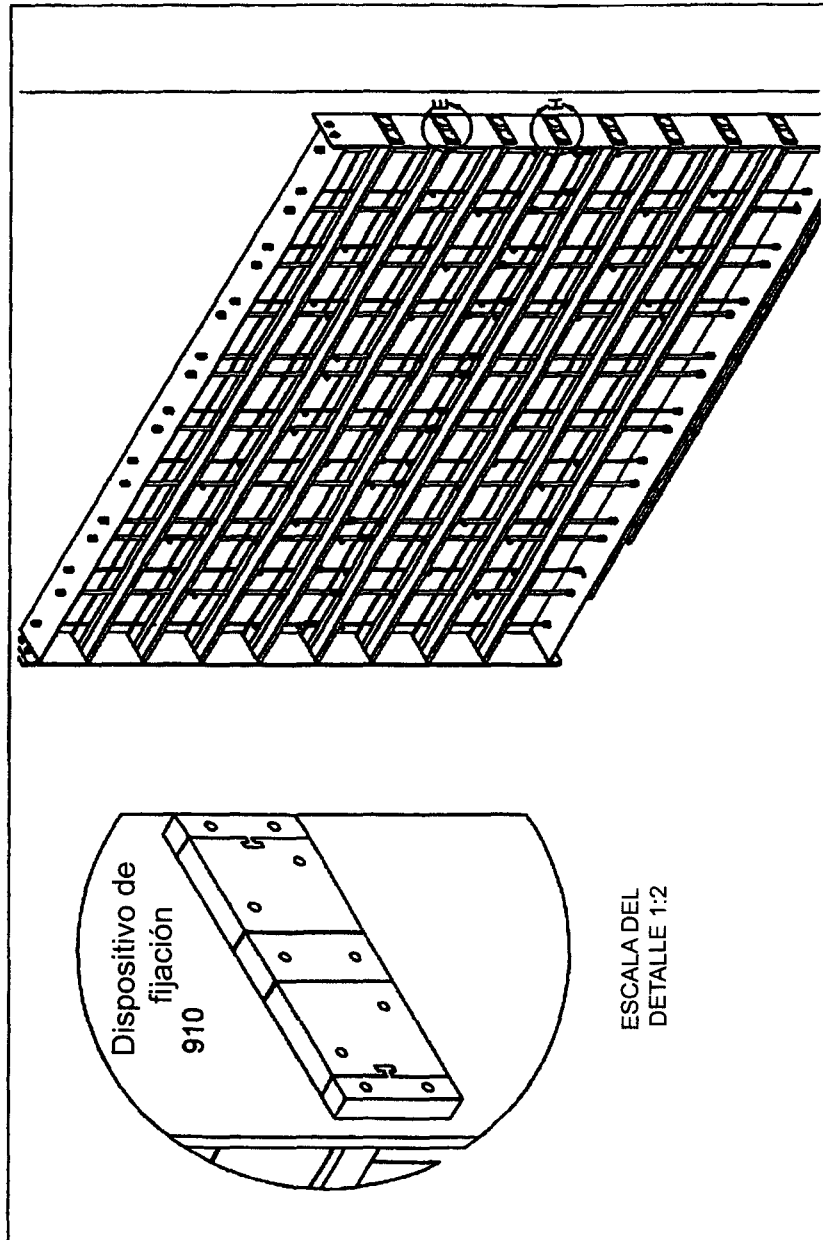


Fig 9a

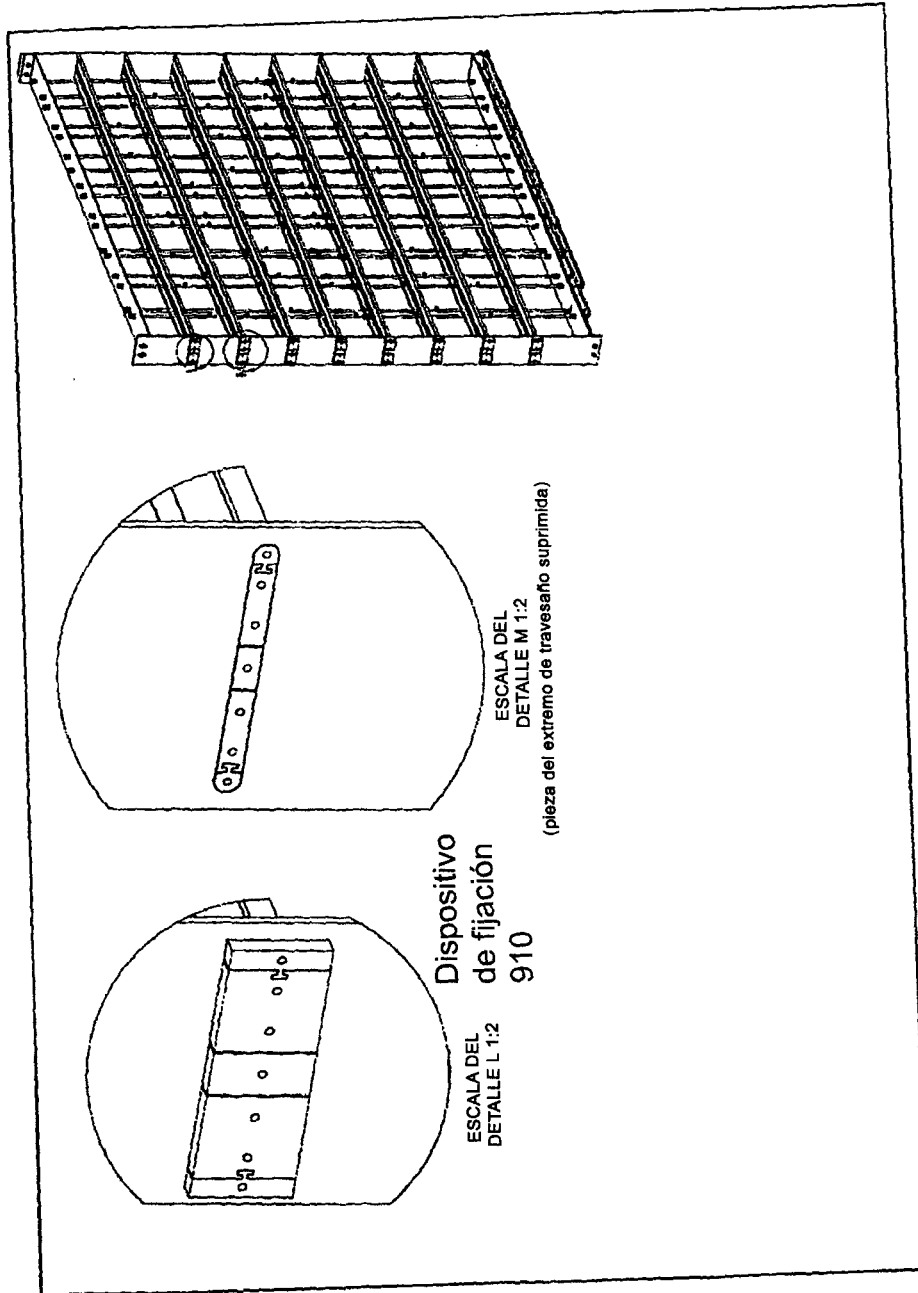
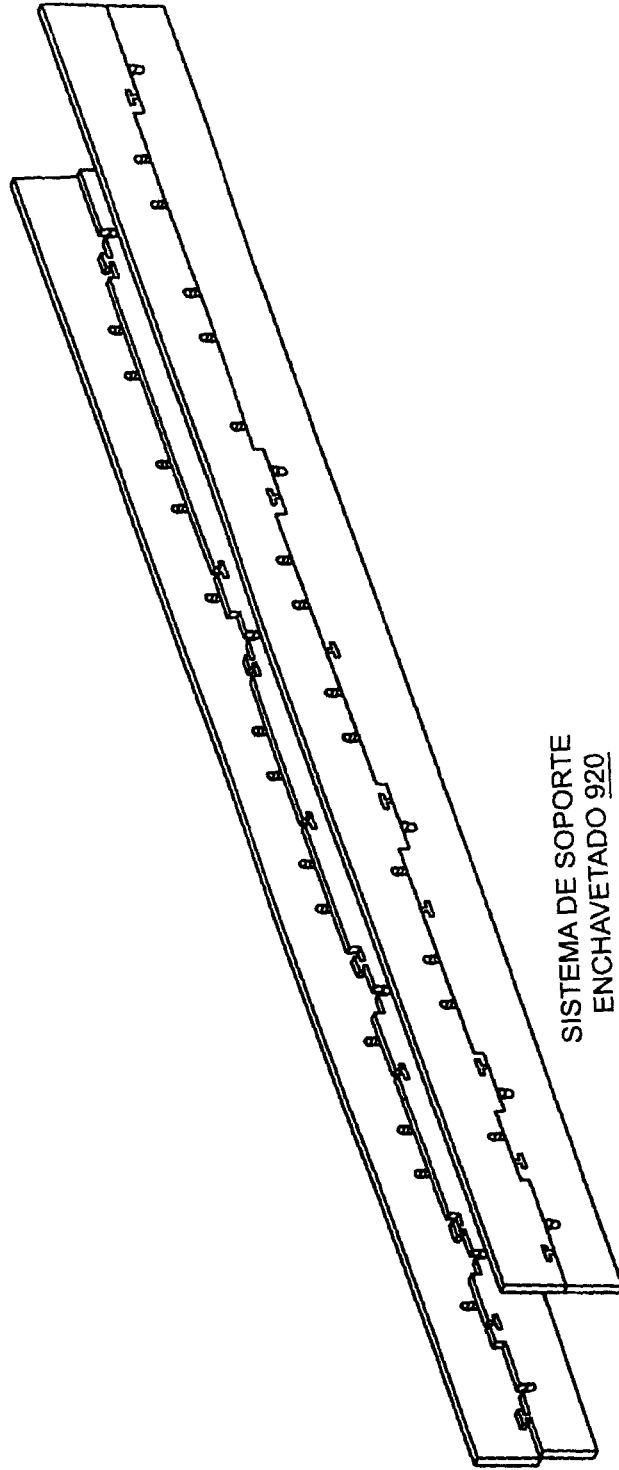


Fig 9B



SISTEMA DE SOPORTE  
ENCHAVETADO 920

FIG. 9C

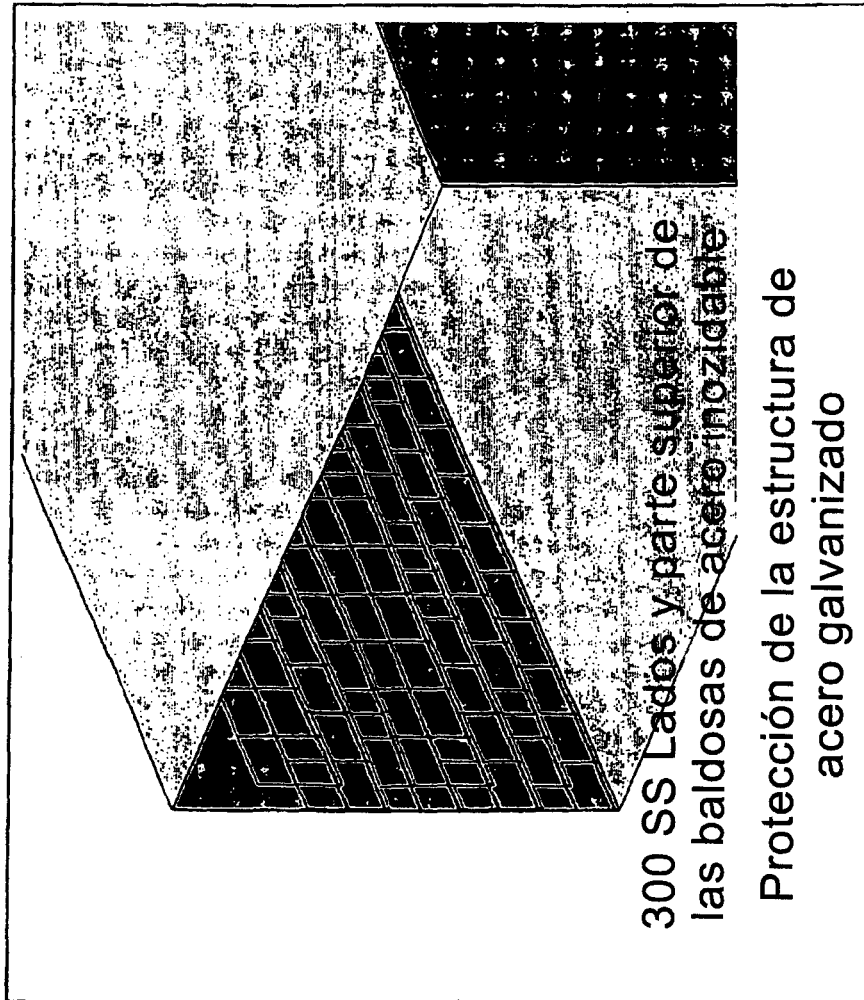


Fig 10

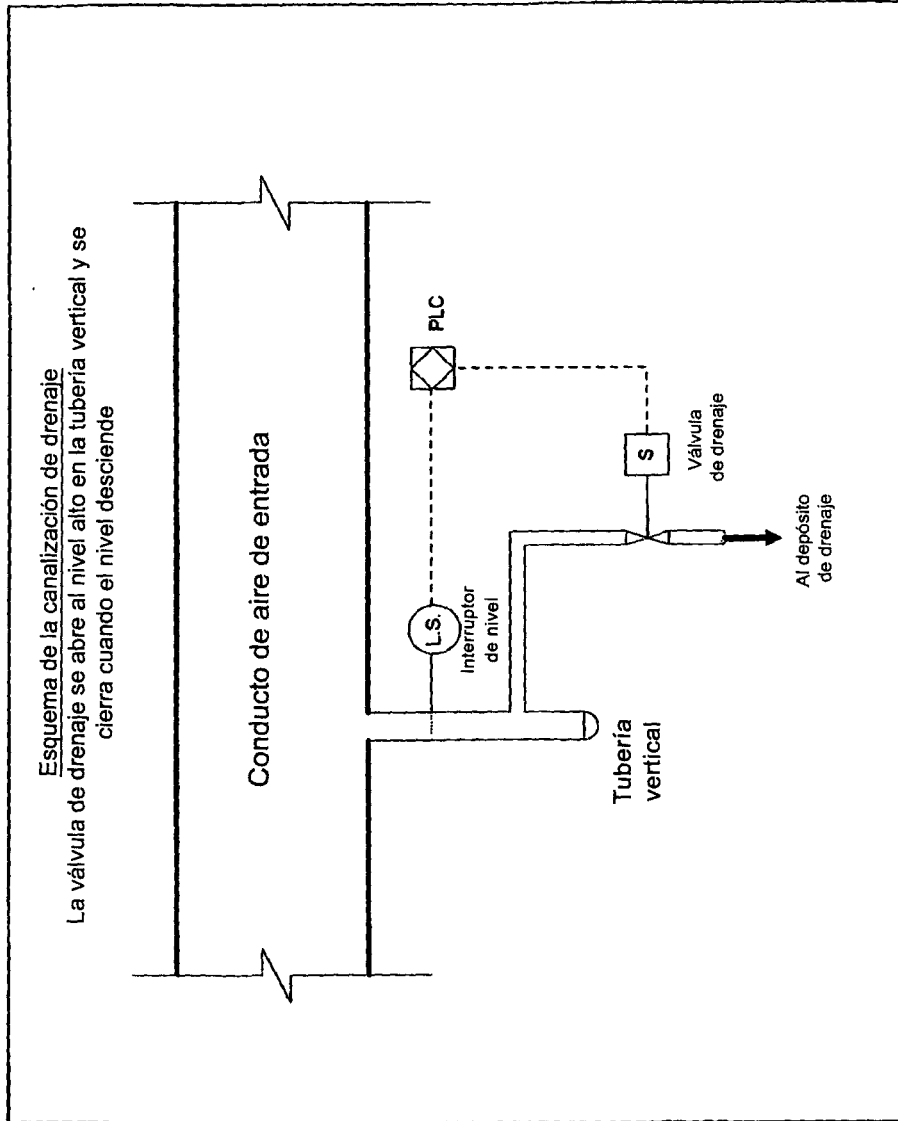


Fig 11

## **DOCUMENTOS INDICADOS EN LA DESCRIPCIÓN**

En la lista de documentos indicados por el solicitante se ha recogido exclusivamente para información del lector, y no es parte constituyente del documento de patente europeo. Ha sido recopilada con el mayor cuidado; sin embargo, la EPA no asume ninguna responsabilidad por posibles errores u omisiones.

### **Documentos de patente indicados en la descripción**

- JP 2000274206 A [0008]
- US 5868860 A, Asplund [0045]
- US 6718771 B, Kepka [0049]
- US 6644935 B [0050]
- US 3976661 A, Cheng [0051]