

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 584**

51 Int. Cl.:

F04D 15/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2012 E 12382344 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2015 EP 2562424**

54 Título: **Método y equipo de control de un sistema de distribución de líquido, multipunto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.07.2015

73 Titular/es:

**GIDELMAR, S.A. (100.0%)
Orinoco 5198
Montevideo, UY**

72 Inventor/es:

BICA CAFFERA, GABRIEL ALEJANDRO

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

ES 2 541 584 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).

DESCRIPCION

Método y equipo de control de un sistema de distribución de líquido, multipunto

5 **Sector de la técnica**

La presente invención concierne en general, en un primer aspecto, a un método de control de un sistema de distribución de líquido multipunto y en particular, a un método que comprende controlar la presión de suministro de líquido para una pluralidad de puntos de consumo que pueden requerir diferentes presiones de suministro.

10 En un segundo aspecto la presente invención comprende un equipo de control adaptado para implementar el método del primer aspecto de la presente invención.

15 La invención proporciona una estrategia inteligente que hace posible adaptar automáticamente el régimen de funcionamiento de una bomba centrífuga y ajustar las prestaciones de la misma a las necesidades diversas de distintos puntos de consumo (demanda variable), ofreciendo en cada momento una presión adecuada a dicho punto o puntos de consumo y además permitiendo un uso optimizado de recursos hídricos y energéticos.

Antecedentes de la invención

20 La preocupación por el ahorro hidráulico y el ahorro energético, está motivando nuevos sistemas de presurización y distribución de agua doméstica con el objetivo de obtener un mayor ahorro económico.

Algunas invenciones anteriores divulgan sistemas y/o métodos para presurización o control de bombas de agua.

25 La US2005095150A1 describe una bomba centrífuga multi-etapa que incluye un microcontrolador que implementa una serie de algoritmos para controlar la operación de la bomba, variando la velocidad de rotación de su motor, en función de diversos parámetros, tal como la altura de impulsión, la velocidad de rotación del motor de la bomba, la presión de suministro, y presencia o ausencia de suministro, la temperatura, etc.

30 La US 6464464 B2 concierne a un controlador de parámetros operativos, tales como el flujo, velocidad o presión de una bomba centrífuga, que incluye una memoria donde se encuentran registrados datos indicativos de una o más condiciones operativas, uno o más sensores fijados a la bomba para detectar una condición operativa y generar una señal indicativa de la misma, y un procesador que ejecuta un algoritmo que utiliza los datos registrados y la señal generada por el sensor para generar a su vez una señal de control representativa de un factor de corrección a aplicar a la bomba, que por ejemplo es relativo a una variación en la velocidad de rotación del motor de la bomba.

35 La EP1286240B1, describe un procedimiento para la obtención de una curva de altura de impulsión versus caudal [HInstalación(Q)], o de consumo eléctrico versus caudal [PInstalación(Q)], descriptiva de los valores de consigna de una instalación para la regulación de la capacidad de impulsión de una bomba accionada por un motor eléctrico cuya velocidad de giro está regulada, en donde se detecta por medio de un sensor de presión diferencial instalado en el punto de consumo una magnitud física representativa de la momentánea capacidad de impulsión de la bomba y se alimenta un regulador con una señal eléctrica proporcional a esa magnitud física como valor real, mediante cuyo regulador se regula la velocidad de giro del motor eléctrico y con ella la capacidad de impulsión de la bomba con ayuda de la curva descriptiva de los valores de consigna de la instalación.

45 En la EP1286240B1 se propone la obtención de la curva descriptiva de los valores de consigna que tome en consideración al menos por tramos, las pérdidas de la instalación en función del caudal impulsado, mediante la apertura de uno o más puntos de consumo, cada vez, la detección de un parámetro funcional de servicio del punto de consumo, la variación de la potencia momentánea de la bomba hasta que el parámetro de servicio del consumidor adquiere un valor prefijado, y la obtención, en el momento en que se adquiere dicho valor prefijado, de una pareja de parámetros de la bomba que sea representativa de la capacidad momentánea de impulsión de la bomba (tales como H y Q ó P y Q), y el almacenamiento de esos valores. Finalmente se realiza el cálculo de una función mediante un procedimiento matemático de trazado de curvas a partir de los valores guardados de las parejas de parámetros de la bomba, y el almacenamiento de esa función como curva [HInstalación(Q), PInstalación(Q)] descriptiva de los valores de consigna de la instalación.

55 La US 5540555 describe un sistema de distribución de líquido multipunto que incluye como mínimo una bomba principal y una bomba secundaria de velocidad variable, mediante el cual se controla la presión de suministro de líquido para una pluralidad de puntos de consumo que requieren diferentes presiones de suministro tomadas como presiones de consigna para dicho control, y que incluye una pluralidad de sensores de presión dispuestos en parte o en todos dichos puntos de consumo para medir remotamente la presión de suministro y variar los valores de las presiones de consigna en función de las presiones medidas, variando la velocidad de la bomba secundaria en función de dichos valores de presiones de consigna.

Exposición de la invención

5 La invención proporciona una alternativa al estado de la técnica explicado mediante un sistema de distribución de líquido inteligente que permite adapte el régimen de funcionamiento y las prestaciones ofrecidas por una bomba centrífuga, en cada momento, a las necesidades de demanda ofreciendo una presión adecuada según el origen geométrico del punto de consumo y permitiendo facilitando al usuario modificar (dentro de unos márgenes preestablecidos) las condiciones del suministro, eligiendo un determinado nivel de prestaciones.

10 La invención tiene como objetivo lograr, mediante el método, sistema de control de distribución de líquido y bomba centrífuga propuestos lograr un ahorro de líquido bombeado y de energía al hacer trabajar a la bomba centrífuga en un régimen, mínimo, adecuado para proporcionar una presión suficiente en los puntos de consumo, incrementando con ello la durabilidad de la instalación de distribución de líquido.

15 A tal efecto se aporta un método de control de un sistema de distribución de líquido, multipunto, que, según técnica convencional, comprende:

20 ajustar el régimen de trabajo del motor de una bomba centrífuga del sistema de distribución de líquido determinando una presión de suministro de líquido para alimentar una pluralidad de puntos de consumo que pueden requerir diferentes presiones de suministro, tomadas como presiones de consigna de la bomba, y

medir la presión de suministro en al menos un punto de dicho sistema de distribución de líquido y variar los valores de dichas presiones de consigna en función de la presión medida.

25 De acuerdo con los principios de esta invención el referido punto del sistema de distribución donde se realiza la citada medida de presión es un punto previo a dichos puntos de consumo, por el que circula el líquido bombeado dirigido hacia dichos puntos de consumo y preferentemente es un punto interior de la bomba o contiguo a la misma, por ejemplo situado en una conducción de salida en la proximidad de la misma.

30 El método de la invención comprende realizar secuencialmente las siguientes etapas:

a) adquisición permanente de una serie sucesiva de valores de presión (P_i) de suministro medidos en dicho punto previo;

35 b) en respuesta a una variación de presión detectada en dicho punto previo como resultado de dichas medidas de la etapa a), variar, de manera sucesiva, la velocidad de rotación de la bomba para compensar dicha variación de presión;

40 c) detectar que al menos dos de dichos valores de presión (P_{i1}), (P_{i2}), medidos en dicho punto previo, evolucionan en ascenso o descenso en respuesta a dicha variación de la velocidad de rotación de la bomba, y obtener (en un diagrama de altura de impulsión caudal) una curva de demanda, calculando los coeficientes de una función matemática, conocida, descriptiva de dicha curva de demanda que relaciona caudal y altura de impulsión de la bomba, realizando dicho cálculo de coeficientes a partir de dichos valores de presión medidos (P_{i1}), (P_{i2}) y de unos correspondientes valores de caudal, calculados;

d) determinar un punto de consumo que es igual al valor de la altura de impulsión obtenida al aplicar en dicha función matemática descriptiva de la curva de demanda de coeficientes calculados un valor de caudal igual a cero (intersección de dicha curva de demanda con el eje de ordenadas que refleja la altura de impulsión);

45 e) adoptar una velocidad de rotación de la bomba que proporciona una presión de consigna de la bomba, en función de dicho punto de consumo determinado en la etapa d), y

f) reiniciar las etapas b) a e) en caso de que se detecte otra variación de presión en dicha sucesión de valores medidos en la etapa a) (que se realiza en todo momento), indicativa de una alteración en la demanda.

50 La referida variación de velocidad de rotación de la bomba de la etapa b) será un incremento de velocidad si los valores de presión medidos (P_i) están por debajo de una presión de consigna inicial, o un decremento de dicha velocidad si dichos valores de presión medidos (P_i) están por encima de dicha presión de consigna inicial.

55 Por otro lado la referida función matemática descriptiva de una curva de demanda incluye como uno de los citados coeficientes una constante de apertura del punto de consumo, y la curva de demanda citada hace referencia a al menos una constante de apertura por punto de consumo.

60 El método prevé calcular cada uno de dichos valores de caudal de la etapa c) a partir del correspondiente valor de presión medido (P_i) y de una curva característica de la bomba seleccionada de entre una pluralidad de curvas características de la bomba una por velocidad de rotación, que relacionan altura de impulsión con caudal, conocidas, previamente registradas en el sistema (almacenadas por ejemplo en una memoria no volátil, accesible).

65 El citado cálculo de los correspondientes valores de caudal se basa en las leyes de semejanza que explican que el caudal es proporcional a la velocidad y la presión es proporcional a su cuadrado.

ES 2 541 584 T3

Así, para el cálculo del caudal (Q_c) a partir de la presión (P) y velocidad (v) actuales se realizan las siguientes acciones:

- 1 – Determinar las curvas características de velocidad más próximas $v_1 < v < v_2$.
- 2 – Calcular las presiones semejantes a la actual a las velocidades v_1 i v_2 (según las leyes de la semejanza):

$$P_1 = P * (v_1/v)^2$$
$$P_2 = P * (v_2/v)^2$$

- 3 – Encontrar los puntos más próximos dentro de la curva

$$v_1: \quad P_{1L} < P_1 < P_{1H}$$

$$v_2: \quad P_{2L} < P_2 < P_{2H}$$

- 4 – Leer de la matriz de puntos el caudal en los cuatro puntos encontrados:

Q1L: caudal a presión P1L i velocidad v1.

Q1H: caudal a presión P1H i velocidad v1.

Q2L: caudal a presión P2L i velocidad v2.

Q2H: caudal a presión P2H i velocidad v2.

- 5 – Calcular los caudales por interpolación (cuadráticas)

$$Q_1 = (Q_{1L}^2 + (Q_{1H}^2 - Q_{1L}^2) * (P_1 - P_{1L}) / (P_{1H} - P_{1L}))^{1/2}$$

$$Q_2 = (Q_{2L}^2 + (Q_{2H}^2 - Q_{2L}^2) * (P_2 - P_{2L}) / (P_{2H} - P_{2L}))^{1/2}$$

$$Q_c = Q_1 + (v - v_1) * (Q_2 - Q_1) / (v_2 - v_1)$$

De esta manera para cada uno de los valores de presión de la etapa c) (P_{i1}), (P_{i2}) (en los que se aprecia una tendencia en ascenso o descenso), y con ayuda de las velocidades de rotación y las curvas características de la bomba se obtiene un correspondiente caudal, haciendo posible por aplicación de la función matemática que expresa la relación caudal y presión, obtener una curva de demanda.

Para garantizar la precisión de los valores calculados se ha previsto asimismo adquirir unas medidas sucesivas de la presión de aspiración de la bomba, y la aplicación de una corrección de las medidas sucesivas de presión en dicho punto previo, tomando en cuenta el valor de la presión de aspiración medido.

De acuerdo con un aspecto preferido de la invención se propone utilizar varios haces o conjuntos de curvas características de la bomba, correspondientes a distintas condiciones de trabajo de dicha bomba, incluyendo al menos temperatura del motor de accionamiento de la bomba y tiempo de operación de la bomba, registradas en el sistema (igualmente almacenadas en una memoria, accesible). Con ello se consigue que los cálculos de caudal realizados sean más precisos y fiables al corresponderse con la situación operativa de la bomba en cada momento de su actuación.

De este modo las características de la bomba centrífuga serán introducidas por medio de un conjunto de curvas características a diferentes velocidades y a diferentes temperaturas de la bomba, adquiridas en laboratorio. Se pueden introducir los datos como un polinomio o como una matriz de puntos. En este último caso se realizarán interpolaciones lineales o cuadráticas entre los datos para poder conocer cualquier punto de la curva.

El método comprende realizar al menos dichas etapas a) a e) para la localización de dos o más de dichos puntos de consumo de la etapa d), de ubicación diferenciada.

De acuerdo con el método de control expuesto, si después de la determinación de dicho punto de consumo, o primer punto de consumo, en dicha etapa d) se detecta una caída en la presión de suministro en dicho punto común, el método comprende determinar que dicha caída de presión se ha producido por una de las siguientes causas:

i) porque se ha modificado el caudal del punto de consumo (en aumento o disminución) adoptando una segunda constante de apertura; o

ii) porque se ha añadido al menos un segundo punto de consumo, en este último caso suministrándose líquido a ambos puntos de consumo a través de dicho punto común, discriminando entre uno y otro caso a partir de la detección de un mismo o un distinto punto de consumo al obtener, según lo explicado, la nueva curva de demanda.

Conforme al método que se está describiendo, en el caso i), se obtiene y utiliza para variar la presión de consigna de la etapa e) una curva de demanda resultante asociada que combina las curvas de demanda del mismo punto de consumo para unas primera y segunda constantes de apertura

Por el contrario si produce la causa ii) en la etapa c) se determina una nueva curva de demanda a partir de los coeficientes de al menos la curva de demanda anterior y la diferencia de los caudales calculados en la nueva situación, a partir de las sucesivas lecturas de los valores de presión en dicho punto previo. Si se dispusiera ya de dos curvas anteriores de demanda obtenidas de situaciones anteriores de aplicación del método, se tomarían en consideración los coeficientes de dichas dos curvas de demanda anteriores conocidas, además de la diferencia de los caudales calculados en la nueva situación, respecto a la inmediata precedente.

5 Se ha previsto además que una vez identificado dicho punto de consumo, se puedan realizar de manera personalizada (es decir por intervención de un usuario) y actuando sobre la bomba centrífuga, unas tareas adicionales de monitorización y control de dicho punto de consumo, de manera local o remota para modificar las condiciones de suministro de dicho punto de consumo, en una extensión (gama de variación limitada) predeterminada. Con ello se consigue que un usuario pueda influir en el sistema adecuando sus prestaciones para alcanzar un determinado confort y pudiendo gestionar asimismo el ahorro energético e hídrico de la instalación.

10 Por último el método prevé aplicar además una corrección a la localización determinada en la etapa d) del punto de consumo, comprendiendo dicha corrección la medida de la intensidad de consumo de la bomba en cada instante y la utilización de unas curvas de potencia de consumo/caudal características de la bomba, conocidas, y previamente almacenadas en el sistema.

15 En un ejemplo de realización dicha corrección se aplica únicamente cuando los valores de caudal calculados están por debajo de un valor umbral predeterminado, es decir para valores de caudal por ejemplo inferiores a 1500 l/h.

La invención aporta igualmente un equipo de control para un sistema de distribución de líquido multipunto el cual aporta líquido a una pluralidad de puntos de consumo que requieren diferentes presiones de suministro, comprendiendo el sistema de control, según estructura en sí conocida, los siguientes elementos:

- 20 - un sensor de presión dispuesto para medir la presión de suministro en al menos un punto de dicho sistema de distribución de líquido;
- 25 - medios de control, en conexión con dicho sensor de presión y con unos medios de regulación de la velocidad de una bomba centrífuga de dicho sistema de distribución de líquido, configurados para controlar la presión de suministro de líquido para dicha pluralidad de puntos de consumo, actuando sobre dichos medios de regulación, tomando dichas diferentes presiones de suministro como presiones de consigna para dicho control, y para variar los valores de dichas presiones de consigna en función de la presión medida por dicho sensor de presión.

30 El equipo de control de acuerdo con esta invención está previsto para implementar el método propuesto explicado anteriormente y a tal efecto el punto del sistema de distribución donde se encuentra dispuesto el sensor de presión, es un punto previo (ventajosamente interior a la bomba o contiguo a la misma) a dichos puntos de consumo por el que circula el líquido dirigido a al menos parte de los mismos, y el sistema de control comprende al menos una memoria donde se encuentran registrados:

- 35 - dicha función matemática, conocida, descriptiva de una curva de demanda que relaciona caudal y altura de impulsión de la bomba, y
- una pluralidad de curvas características de la bomba, una por velocidad de rotación, que relacionan altura de impulsión con caudal en distintas condiciones de trabajo;

40 Por su parte dichos medios de control incluyen medios de procesado, tienen acceso a los valores registrados en dicha memoria y están configurados para:

- 45
- o controlar al sensor de presión para llevar a cabo la etapa a) del método;
 - o controlar dichos medios de regulación de velocidad de la bomba para realizar la etapa b) del método;
 - o realizar mediante dichos medios de procesado las etapas c) y d) del método utilizando al menos los valores medidos por el sensor de presión y los registrados en dicha memoria, que es al menos una; y
 - o realizar mediante dichos medios de procesado la etapa e) del método en función de la localización determinada en la etapa d).

Breve descripción de las figuras

50 Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

55 La Fig. 1 muestra sobre un diagrama caudal, altura de impulsión, la obtención de una curva de demanda 10 de acuerdo con los principios del método propuesto por esta invención, a partir de únicamente la adquisición de una serie sucesiva de medidas de la presión P_i de suministro a diferentes velocidades de giro de la bomba centrífuga, detección de una variación de presión (aquí una caída), modificación de la velocidad de rotación de la bomba para compensar dicha variación, detección de unos puntos P_{i1} , P_{i2} , en donde se produce una inflexión o cambio de tendencia (en el caso representado, en ascenso) y el cálculo de los caudales correspondientes utilizando para ello una serie de curvas características (11a, 11b, 11c, 11d, 11e, 11f), de la bomba, una por velocidad de rotación, que se grafían en la figura, según lo anteriormente explicado. La figura muestra igualmente como se llega a obtener un punto de consumo 12, para la situación mostrada, según lo detallado precedentemente.

La Fig. 2 ilustra en un diagrama presión (altura de impulsión) / caudal varias curvas de demanda 13a, 13b, 13c, 13e, en respuesta a distintas solicitaciones del sistema de distribución de líquido, teniendo tres de dichas curvas 13a, 13b, 13c, un punto de origen 14 o altura común (punto de consumo) y una cuarta un punto de consumo 15 distinto. En el diagrama se ha representado asimismo una de las curvas 11a características de una bomba centrífuga a frecuencia fija.

La Fig. 3 es ilustrativa de la obtención de una curva de demanda 18 aplicando el método propuesto cuando se dan situaciones de simultaneidad entre puntos de consumo de distintas plantas ilustrados a partir de unas curvas de consumo 16, 17 correspondientes.

Por último la Fig. 4 es una gráfica que ilustra en un diagrama caudal/tiempo distintos puntos de consumo de una vivienda caracterizados: 19 (fregadero: 20a agua caliente, 20b agua fría); 21 (lavabo), 22 (ducha), 23 (grifería), 24 (bidé), 25 (wc), observando la disparidad de condiciones de suministro que exigen.

Exposición en detalle de la invención

Se propone utilizar una bomba centrífuga con un motor síncrono CC tipo “sin escobillas” (brushless DC) (aunque es posible utilizar un motor del mismo tipo, de corriente alterna) con el fin de conocer la velocidad de forma exacta y evitar que el deslizamiento del motor afecte a los cálculos a realizar por medios computacionales (por ejemplo un microcontrolador integrado en una tarjeta).

El sensor de presión utilizado es un transductor digital calibrado a diferentes temperaturas y con un conversor analógico/digital de 14 bits, con el fin de obtener una resolución suficiente.

Los cálculos se han realizado en un tipo de coma flotante de 32 bits, para poder abarcar rangos muy grandes de números, teniendo en cuenta que en el cálculo de la altura se realiza un sumatorio de caudales elevados a la cuarta potencia.

Se han efectuado pruebas con una bomba centrífuga con una válvula de retención en la aspiración para facilitar la precisión en la lectura de presión de la instalación.

El sistema propuesto está planteado, en un ejemplo de realización preferencial entorno a un sistema de presurización doméstica de una vivienda unifamiliar y aplicado en un conjunto de bomba y variador de frecuencia para cubrir las necesidades de este tipo de vivienda. No obstante, este concepto es totalmente aplicable, e incluso más atractivo económicamente hablando, si se considera su aplicación en el sistema de presurización de un edificio de múltiples plantas donde las diferencias entre la presión máxima requerida para la planta superior y la requerida a plantas inferiores sean mayores.

El sistema de control propuesto es aplicable también a cualquier sistema de distribución de líquido industrial con variador de frecuencia el cual requiera operar a distintas presiones objetivo de forma automática sin necesidad de periféricos adicionales ni su costosa instalación.

Caracterización del sistema

En la Fig. 2 se observa la curva característica 11a de una bomba centrífuga a frecuencia fija. Esta curva característica relaciona el caudal (Q) y la presión (H):

$$H(Q) = a1 \cdot Q^3 + b1 \cdot Q^2 + c1 \cdot Q + d1 \text{ [mca]}$$

$$Q(H) = a2 \cdot H^3 + b2 \cdot H^2 + c2 \cdot H + d2 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Donde los valores de a, b, c y d son coeficientes que dependen de la bomba.

También se debe tener en cuenta la influencia de la variación de la velocidad de rotación (ω) de la bomba en la curva característica resultante que se relacionan según las leyes de semejanza.

$$n = \frac{\omega_1}{\omega_0} \dots \frac{\text{actual}}{\text{màxima}(50\text{Hz})}$$

$$Q_1 = a \left(\frac{H_1}{n^2} \right)^3 + b \left(\frac{H_1}{n^2} \right)^2 + c \left(\frac{H_1}{n^2} \right) + d$$

Análogamente, la curva de demanda (que define el punto de consumo) se puede caracterizar de forma similar, en la cual se relacionan las pérdidas de carga (ΔH) con el caudal (Q) que circula y se expresa formalmente de la siguiente forma:

$$\Delta H = O + K \cdot Q^2$$

La influencia del punto O (origen geométrico del punto de consumo) y el valor de K (constante de apertura del punto de consumo) pueden observarse en la figura 1.

Detección del origen

5 Para poder proporcionar la presión adecuada, es necesario conocer el valor de O, independientemente del valor de la constante de apertura.

10 Es posible determinar el valor del origen 12 (ver Fig. 1) si se dispone de los valores de presión y caudal en dos puntos P₁₁, P₁₂ de la curva del sistema, los cuales se consiguen haciendo trabajar la bomba a dos velocidades de rotación distinta y suficientemente próximas como para que no se note en el punto de consumo.

Si se miden las presiones (H) y se calculan los caudales a través de las relaciones definidas en la fase de caracterización del sistema se obtienen los valores de K y por consiguiente O.

$$K = \frac{H_2 - H_1}{Q_2^2 - Q_1^2} \qquad O = H_1 - K \cdot Q_1^2$$

15 Una vez determinado el origen geométrico 12 del punto de consumo se puede proceder a calcular la nueva presión consigna teniendo en cuenta la presión requerida por el CTE (código técnico de edificación) según:

$$P_{PC} = O + P_{CTE}$$

20 Con los procedimientos de control de un sistema actual de presión constante se lleva el sistema a funcionar a la presión óptima requerida según el origen geométrico 12 del punto de consumo.

25 El procedimiento de detección del origen adquiere complejidad cuando se dan situaciones de simultaneidad, entre puntos de la misma o distintas plantas, lo que requiere la definición de un protocolo de monitorización y control más complejo, según el procedimiento anteriormente explicada e ilustrado en la Fig. 3 para obtener la curva 18 a partir de unas curvas 16, 17, de demanda de dos puntos de consumo diferentes.

Con la posibilidad de detección del punto de consumo 12 incluso en situaciones de simultaneidad, el sistema ofrece unas prestaciones óptimas en cualquier situación posible de demanda.

30 Dado que las prestaciones en cuanto a caudales requeridos por el CTE son superiores a la media, es interesante poder dotar al sistema de modos automáticos de operación que permitan reducir el consumo. Se propone a tal efecto:

- Dos o más modos de operación a presiones reducidas que aportan un ahorro añadido a nivel hidráulico y energético
- Reducción aceptable de confort en el servicio
- Fácil activación/desactivación/cambio de modo

40 En los distintos modos de ahorro se ofrecen presiones inferiores que implican al mismo tiempo una reducción de consumo eléctrico y caudal adicionales a los ofrecidos a partir de la curva de demanda obtenida por aplicación del método de esta invención.

45 Asimismo se prevé que el usuario pueda aplicar un coeficiente de corrección a la presión deseada en el punto de consumo que suponga un incremento positivo o negativo en dicha presión, introduciendo a tal efecto un factor corrector (dentro de un rango delimitado) que se tendrá en cuenta, en adelante para el cálculo de las curvas de consumo ulteriores,

Caracterización de los puntos de consumo

50 Caracterizar un punto de consumo implica conocer su curva de demanda, es decir, el caudal proporcionado para cada valor de presión.

Se supone para ello que se cumple, según lo anteriormente expuesto, la relación $H = O + K Q^2$.

55 Como consecuencia de la naturaleza dinámica del sistema eléctrico/hidráulico, se obtendrá mucha más información si se utilizan todas las lecturas de presión y velocidad que se puedan obtener. Es decir, en lugar de intentar una localización sobre una curva concreta, se tomarán todos los puntos intermedios, De este modo las variaciones de presión son progresivas, sin saltos.

Cuando existen variaciones, es importante que cada lectura de presión se corresponda con la velocidad en el mismo instante. Para ello es preciso filtrar las lecturas y corregir los retardos para que los puntos sean coherentes. En este sentido conviene que los cambios en presión y velocidad se produzcan con una aceleración lo más constante posible.

5 Por otro lado y tal como se ha indicado anteriormente, el conjunto de puntos tanto se pueden tomar en sentido ascendente como descendente. Por tanto, cuando la presión esté por debajo de la consigna los puntos se tomarán de forma ascendente (de menor a mayor velocidad y presión) y cuando la presión esté por encima se tomarán de forma descendente (de mayor a menor velocidad y presión).

10 La precisión obtenida dependerá en gran medida del número de puntos utilizados. Esto depende tanto de la aceleración (como más lentas sean las variaciones, mejor) como del rango de variación de los puntos (cuando mas amplio, mejor) debiendo adoptar un compromiso que garantice el confort.

Cálculo de la altura y constante de apertura de cada punto de consumo

15 Se obtendrán los parámetros por medio de una regresión lineal entre la presión y el cuadrado del caudal (Q^2), ligados por la relación $Q = (a+b \cdot H)^2$.

20 Entonces, la altura será $O=a/b$ y la constante de apertura $K=b$

Se propone utilizar la relación $Q^2= a+b \cdot H$, en lugar de $H= a+b \cdot Q^2$, porque la regresión se realiza por medio del método de mínimos cuadrados, y en este caso interesa minimizar el error de caudal, principalmente para consumos bajos.

De este modo:

25
$$O= (\sum(H) \cdot \sum(H \cdot Q^2) - \sum(H^2) \cdot \sum(Q^2)) / (n \cdot \sum(H \cdot Q^2) - \sum(H) \cdot \sum(Q^2))$$

$$k= (n \cdot \sum(H \cdot Q^2) - \sum(H) \cdot \sum(Q^2)) / (n \cdot \sum(H^2) - \sum(H)^2)$$

30 Detección del cambio de condiciones del sistema o simultaneidad

El caudal previsto cuando existe un punto de consumo es Q_p en donde $(Q_p)^2= k \cdot (H-O)$, en donde k y O se han calculado mediante el método expuesto.

35 Si el caudal calculado es distinto del previsto (mayor o menor), ello significa que los puntos de consumo han cambiado y es necesario realizar una nueva regresión, pero tomando como a dato la variación de caudal respecto al previsto ($Q_c - Q_p$) con el fin de conocer la contribución del nuevo punto de consumo. Si se ha cerrado algún punto de consumo (caudal inferior), esta variación será negativa, y la k negativa resultante será indicativa de esta disminución.

Una vez obtenidos los nuevos resultados, se ha de decidir como se modifican los puntos de consumo:

- 40 a) Si se ha abierto un grifo adicional en un piso distinto de los anteriores, el valor de k será positivo y el punto O será distinto de cualquier punto de consumo calculado anteriormente. En este caso se añadirá un nuevo punto de consumo.
- 45 b) Si el grifo adicional que se ha abierto pertenece al mismo piso de un grifo anterior ya operativo, el valor de k será positivo y el valor de O será semejante al punto de consumo anterior. En este caso se modifica la constante de apertura de dicho punto de consumo. Opcionalmente si las alturas no son idénticas, es posible realizar una corrección realizando una media ponderada entre el O anterior y el nuevo.
- c) Si se cierra un grifo, ya sea parcialmente o totalmente, el valor de k será negativo. Ene este caso se reduce el valor de la constante de apertura del punto de consumo más próximo en altura, o bien se suprime el punto de consumo, dependiendo del caso.

50 Con referencia a la Fig. 4 que ilustra los resultados de un estudio en donde se muestran caracterizados distintos puntos de consumo, se indica que es factible llevar el sistema de control a un funcionamiento más óptimo, proporcionando cuotas de ahorro superiores, investigando distintos aspectos adicionales a los propuestos en las fases anteriores.

55

60

En particular se contempla realizar

- Identificación particular del punto de consumo para un aprovechamiento máximo de recursos hidráulicos y energéticos según demanda.
 - Control fugas
 - Monitorización en tiempo real
 - Control remoto
-
- Comunicación del sistema de control con un sistema domótico.

REIVINDICACIONES

- 1.- Método de un sistema de distribución de líquido, multipunto que comprende:
- 5 ajustar el régimen de trabajo del motor de una bomba centrífuga del sistema de distribución de líquido determinando una presión de suministro de líquido para alimentar una pluralidad de puntos de consumo que pueden requerir diferentes presiones de suministro, tomadas como presiones de consigna de la bomba, y
- medir la presión de suministro en al menos un punto de dicho sistema de distribución de líquido y variar los valores de dichas presiones de consigna en función de la presión medida,
- 10 donde dicho punto del sistema de distribución donde se realiza dicha medida de presión es un punto previo a dichos puntos de consumo, por el que circula el líquido bombeado, y donde el método comprende realizar secuencialmente las siguientes etapas:
- a) adquisición permanente de una serie sucesiva de valores de presión (P_i) de suministro medidos en dicho punto previo; y
- 15 b) en respuesta a una variación de presión detectada en dicho punto previo como resultado de dichas medidas de la etapa a), variar, de manera sucesiva, la velocidad de rotación de la bomba para compensar dicha variación de presión;
- estando el método caracterizado porque además comprende:
- c) detectar que al menos dos de dichos valores de presión (P_{i1}), (P_{i2}), medidos en dicho punto previo, evolucionan en ascenso o descenso en respuesta a dicha variación de la velocidad de rotación de la bomba, y obtener una curva de demanda (10) calculando los coeficientes de una función matemática, conocida, descriptiva de dicha curva de demanda que relaciona caudal y altura de impulsión de la bomba, realizando dicho cálculo de coeficientes a partir de dichos valores de presión medidos (P_{i1}), (P_{i2}) y de unos correspondientes valores de caudal, calculados;
- 20 d) determinar un punto de consumo (12) que es igual al valor de la altura de impulsión obtenida al aplicar en dicha función matemática descriptiva de la curva de demanda de coeficientes calculados un valor de caudal igual a cero;
- e) adoptar una velocidad de rotación de la bomba que proporciona una presión de consigna de la bomba, en función de dicho punto de consumo determinado en la etapa d), y
- 25 f) reiniciar las etapas b) a e) en caso de que se detecte otra variación de presión en dicha sucesión de valores medidos en la etapa a) indicativa de una alteración en la demanda.
- 30
- 2.- Método según la reivindicación 1, caracterizada porque dicha variación de velocidad de rotación de la bomba de la etapa b) es un incremento si los valores de presión medidos (P_i) están por debajo de una presión de consigna inicial, o un decremento si dichos valores de presión medidos (P_i) están por encima de dicha presión de consigna inicial.
- 35
- 3.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende calcular cada uno de dichos valores de caudal de la etapa c) a partir del correspondiente valor de presión medido (P_i) y de una curva característica de la bomba seleccionada de entre una pluralidad de curvas características de la bomba (11a, 11b, 11c, 11d, 11e, 11f), una por velocidad de rotación, que relacionan altura de impulsión con caudal, conocidas, previamente registradas en el sistema.
- 40
- 4.- Método según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende utilizar varios haces o conjuntos de curvas características de la bomba, correspondientes a distintas condiciones de trabajo de la bomba, incluyendo al menos temperatura del motor de accionamiento de la bomba y tiempo de operación de la bomba, registradas en el sistema.
- 45
- 5.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha función matemática descriptiva de una curva de demanda incluye como uno de dichos coeficientes una constante de apertura del punto de consumo, y dicha curva de demanda hace referencia a al menos una constante de apertura por punto de consumo.
- 50
- 6.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende realizar al menos dichas etapas a) a e) para al menos la localización de dos de dichos puntos de consumo de la etapa d), de ubicación diferenciada.
- 7.-Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque comprende además adquirir unas medidas sucesivas de la presión de aspiración de la bomba, y la aplicación de una corrección de las medidas sucesivas de presión en dicho punto previo, tomando en cuenta el valor de la presión de aspiración medido.
- 55
- 8.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque si tras la determinación de dicho punto de consumo (12), o primer punto de consumo, en dicha etapa d) se detecta una caída en la presión de suministro en dicho punto común, el método comprende determinar que dicha caída de presión se ha producido por una de las siguientes causas:
- 60 i) porque se ha modificado el caudal del punto de consumo adoptando una segunda constante de apertura; o
- ii) porque se ha añadido al menos un segundo punto de consumo, en este último caso suministrándose líquido a ambos puntos de consumo a través de dicho punto común,
- discriminando entre uno y otro caso a partir de la detección de un mismo o un distinto punto de consumo en la nueva curva de demanda.
- 65

- 9.- Método según la reivindicación 8, caracterizado porque en el caso i), se obtiene y utiliza para variar la presión de consigna de la etapa e) una curva de demanda resultante asociada que combina las curvas de demanda del mismo punto de consumo para unas primera y segunda constantes de apertura
- 5 10.- Método según la reivindicación 8, caracterizado porque si produce la causa ii) en la etapa c) se determina la nueva curva de demanda a partir de los coeficientes de al menos la curva de demanda anterior y la diferencia de los caudales calculados en la nueva situación, a partir de las sucesivas lecturas de los valores de presión en dicho punto previo.
- 10 11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque comprende, una vez identificado dicho punto de consumo, realizar de manera personalizada y actuando sobre la bomba, unas tareas adicionales de monitorización y control de dicho punto de consumo, de manera local o remota y modificar las condiciones de suministro del mismo, en una extensión predeterminada.
- 15 12.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque dicho punto previo de medida de presión es un punto interior de la bomba o contiguo a la misma.
- 20 13.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por aplicar además una corrección a la localización determinada en la etapa d) comprendiendo dicha corrección la medida de la intensidad de consumo de la bomba en cada instante y la utilización de unas curvas de potencia de consumo/caudal características de la bomba, conocidas, y previamente almacenadas en el sistema.
- 25 14.- Equipo de control de un sistema de distribución de líquido multipunto, por distribución de líquido, donde el sistema de distribución de líquido aporta líquido a una pluralidad de puntos de consumo que requieren diferentes presiones de suministro, y dicho equipo de control comprende:
- 30 - al menos un sensor de presión dispuesto para medir la presión de suministro en al menos un punto de dicho sistema de distribución de líquido;
- medios de control en conexión con dicho sensor de presión, que es al menos uno, y con unos medios de regulación de la velocidad de una bomba de dicho sistema de distribución de líquido, y configurados para controlar la presión de suministro de líquido para dicha pluralidad de puntos de consumo, actuando sobre dichos medios de regulación, tomando dichas diferentes presiones de suministro como presiones de consigna para dicho control, y para variar los valores de dichas presiones de consigna en función de la presión medida por dicho sensor de presión, que es al menos uno,
- 35 estando el sistema **caracterizado** porque implementa el método propuesto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, porque dicho punto del sistema de distribución donde se encuentra dispuesto dicho sensor de presión, es un punto previo a dichos puntos de consumo por el que circula el líquido dirigido a al menos parte de los mismos, y porque:
- el equipo de control comprende al menos una memoria donde se encuentran registrados:
- 40 - al menos dicha función matemática, conocida, descriptiva de una curva de demanda (10) que relaciona caudal y altura de impulsión de la bomba, y
- una pluralidad de curvas características de la bomba, una por velocidad de rotación, que relacionan altura de impulsión con caudal en distintas condiciones de trabajo;
- 45 y porque dichos medios de control incluyen medios de procesado, tienen acceso a los valores registrados en dicha memoria y están configurados para:
- o controlar al sensor de presión para llevar a cabo la etapa a) del método;
 - o controlar dichos medios de regulación de velocidad de la bomba para realizar la etapa b) del método;
 - o realizar mediante dichos medios de procesado las etapas c) y d) del método utilizando al menos los valores medidos por el sensor de presión y los registrados en dicha memoria, que es al menos una; y
 - o realizar mediante dichos medios de procesado la etapa e) del método en función de la localización determinada en la etapa d).

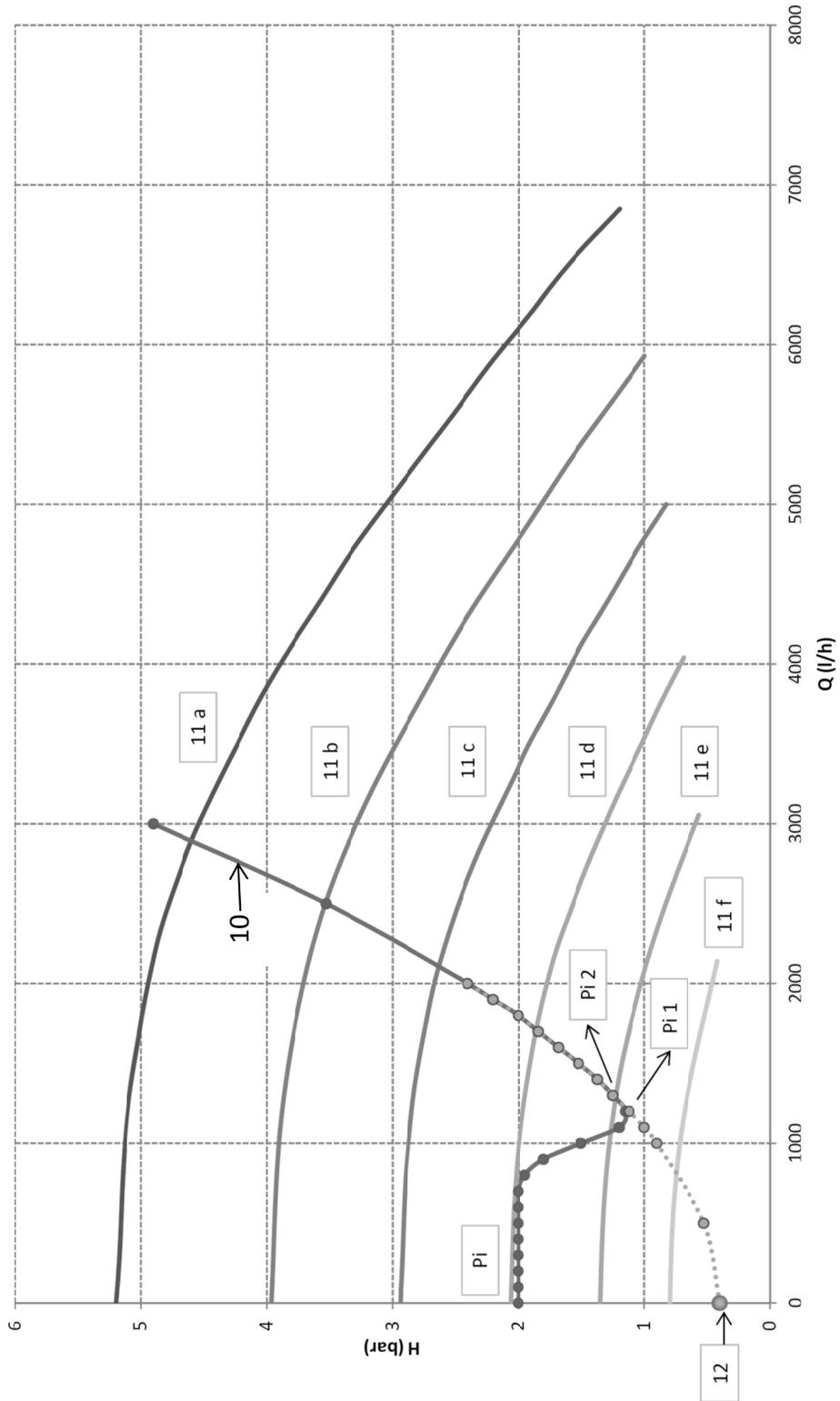


FIG. 1

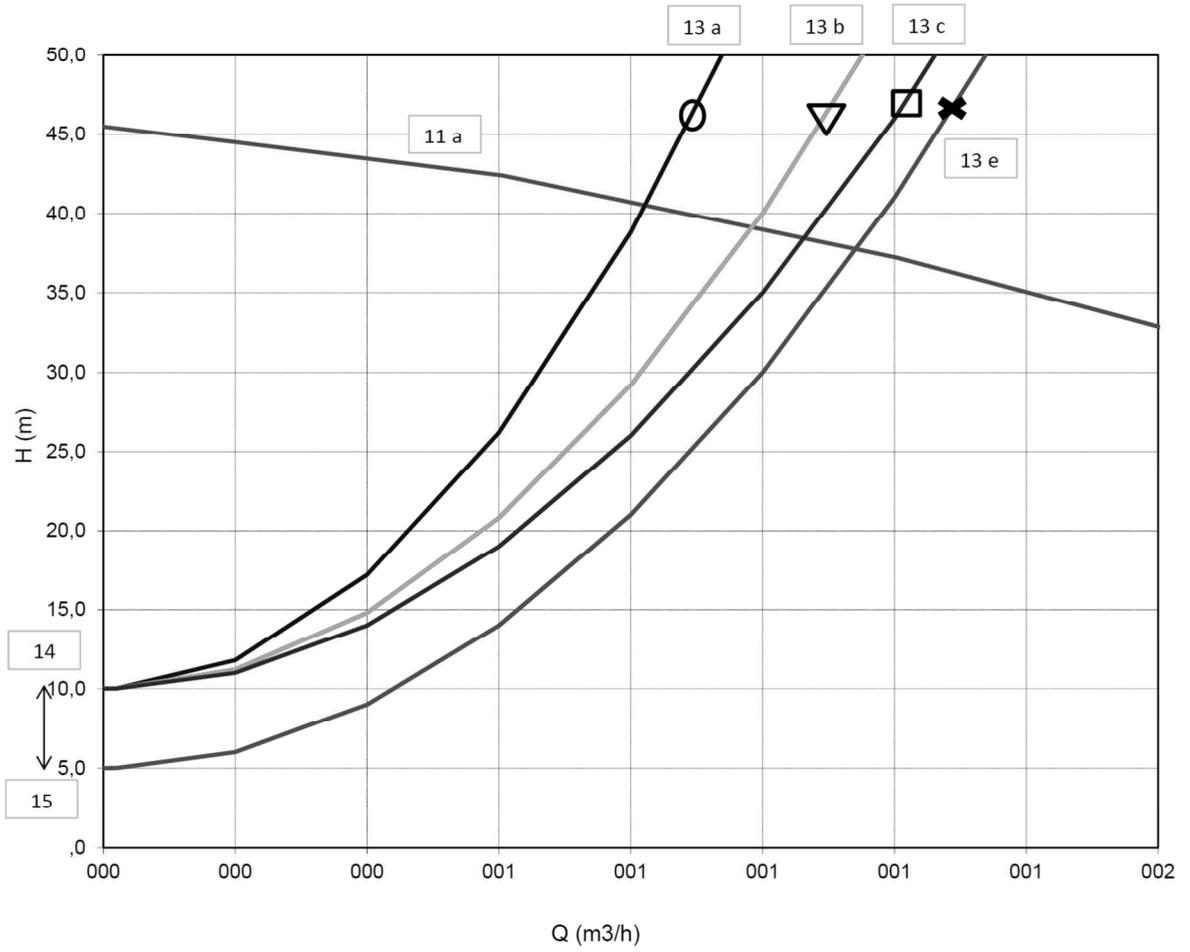


FIG. 2

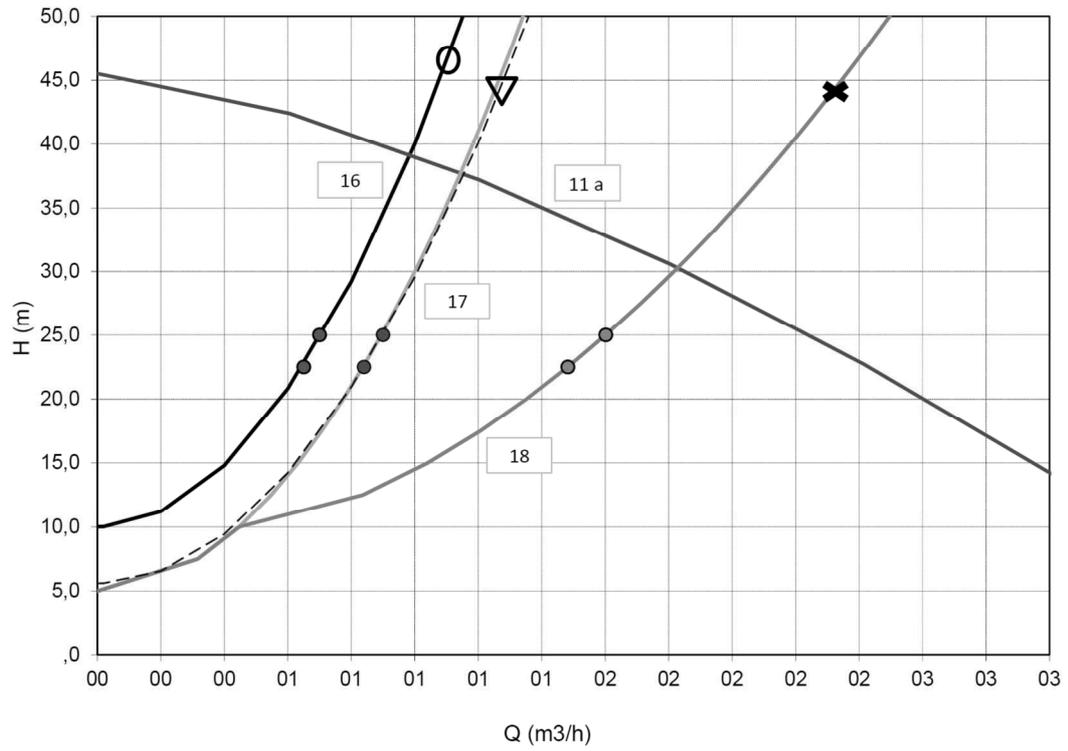


FIG. 3

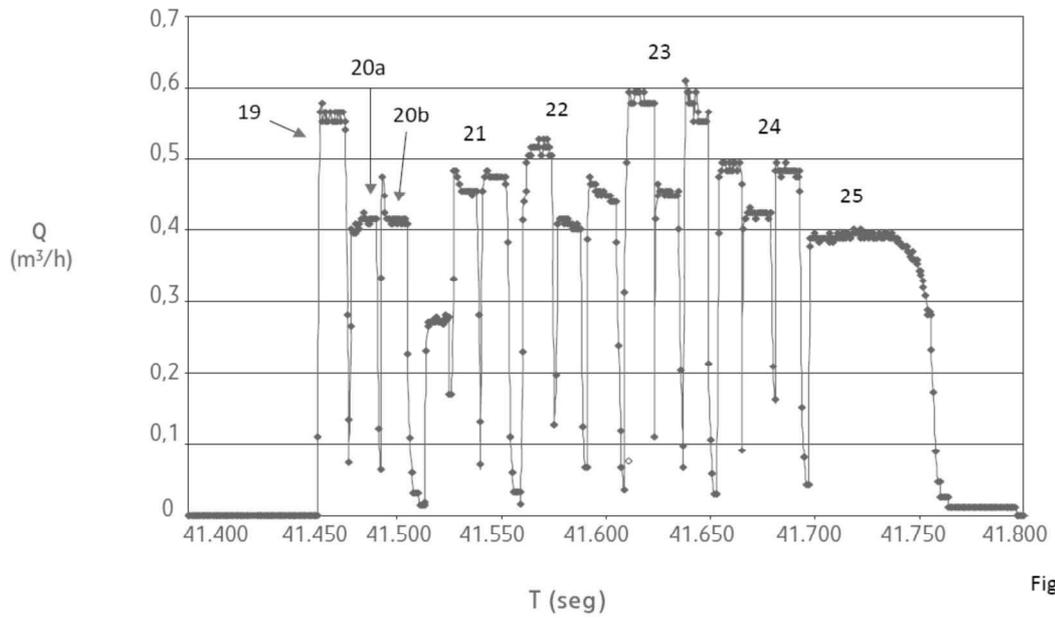


Fig. 4

FIG. 4