



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 139 490**

⑫ Número de solicitud: 009602405

⑤① Int. Cl.⁶: F01N 3/00
B01F 3/02

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫② Fecha de presentación: **30.10.1996**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.02.2000**

⑫③ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.02.2000

⑦① Solicitante/s:
UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
Campus Arrosadia, s/n (OTRI, Edificio El Sario)
31006 Pamplona, Navarra, ES

⑦② Inventor/es: **Blanco Ilzarbe, Jesús María**

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Cámara de mezcla para gases de escape calientes con aire frío.**

⑤⑦ Resumen:

Cámara de mezcla para gases de escape calientes con aire frío destinada a minimizar las pérdidas de carga y optimizar la mezcla de los gases para uniformizar las temperaturas de salida. Consiste en una cámara de forma aproximadamente paralelepípeda, de paredes rígidas, con dos entradas y una salida, de proporciones determinadas en función del diámetro de entrada (D) de los gases de escape calientes, en que el tubo de entrada del gas caliente se acopla en la cara posterior, de dimensiones $2D \times 3D$, el aire frío entra por el centro de la cara inferior, de dimensiones $2D \times 4D$, con un ángulo de entrada de 30° a contracorriente, y la salida de la mezcla de gases se produce por el lado opuesto al de entrada del gas caliente, por un acoplamiento troncopiramidal - troncocónico seguido de un tubo de diámetro $1,5D$.

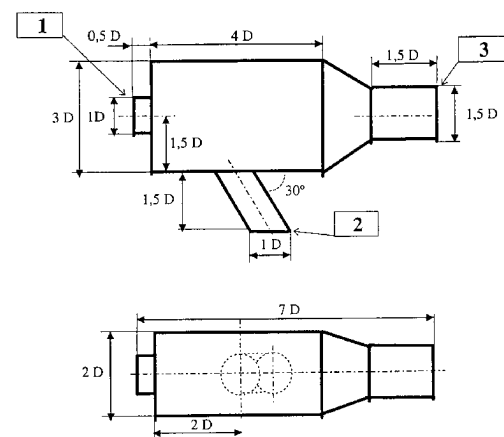


Figura 1.

ES 2 139 490 A1

DESCRIPCION

Cámara de mezcla para gases de escape calientes con aire frío.

5 **Sector de la técnica al que se refiere la invención**

La invención se refiere al sector de la ingeniería energética, especialmente al aprovechamiento de los gases de escape calientes, procedentes por ejemplo de turbinas de gas o motores alternativos, para alimentar quemadores de hornos industriales o equivalentes.

10 **Estado de la técnica anterior**

Uno de los principales problemas técnicos que presenta ese tipo de instalaciones es que deben mezclarse los gases de escape con otro gas, generalmente aire frío, presentando ambos gases diferentes propiedades termodinámicas (principalmente composición y temperatura), lo que conduce a pérdidas de carga debidas a los propios dispositivos necesarios para la mezcla, y a una deficiente mezcla de los gases manifestada en una estratificación de las temperaturas de salida.

Los mezcladores existentes en la actualidad para la realización de mezclas de gases a distintas temperaturas crean turbulencias y caídas de presión tales que suponen cuantiosas pérdidas de carga en la instalación. En resumen, estas pérdidas se suman a las debidas al resto de los elementos de los conductos, como son entronques, codos, etc., y es la turbina de gas o el motor alternativo quienes deben adaptarse en última instancia a esa situación funcionando con una mayor contrapresión para vencer dichas pérdidas.

Existen precedentes de uso de mezcladores de gases en instalaciones de cogeneración, según se muestra en el artículo de J.V. Albano et al, publicado en Febrero de 1992 en la revista "Oil and Gas Journal" páginas 55 - 60, en el cual se plantean varios sistemas de integración de turbinas de gas en una instalación de cogeneración que exigen el mezclado con aire fresco procedente de un sistema de aire auxiliar por no ser suficiente la propia turbina para suministrar el oxígeno necesario para la combustión en los quemadores de los hornos.

Estudios sobre pérdidas de carga en conductos con flujo turbulento como es el caso del artículo de M. D. Su et al, publicado en Diciembre de 1994 en la revista "ASME Journal of Fluids Engineering", Volumen 116, páginas 677 - 684, describen con detalle un modelo numérico adoptado por los autores para simular las pérdidas de presión en conductos rectangulares con flujo turbulento de alto número de torbellino, cuyos resultados fueron contrastados de forma satisfactoria con medidas experimentales.

Igualmente hay otros autores como P. Marjanovic et al, en cuyo artículo publicado asimismo en Diciembre de 1994 en la revista "ASME Journal of Fluids Engineering", Volumen 116, páginas 756 - 762, ponen de manifiesto las pérdidas de carga a través de ensanchamientos-estrechamientos bruscos en conductos con flujo turbulento. Los estudios se han realizado en dos dimensiones, llegándose incluso a cuantificar las pérdidas en función del ratio del área, es decir el cociente entre la sección de entrada y de salida del conducto.

G. Papadopoulos et al, describen más tarde en un artículo publicado en Marzo de 1995 en la revista "ASME Journal of Fluids Engineering", Volumen 117, páginas 17 - 23, el comportamiento del flujo turbulento en un conducto rectangular con ensanchamientos-estrechamientos bruscos de una forma completamente experimental sobre un sencillo modelo construido a tal fin por ellos mismos. Se introducen por primera vez visualizaciones del flujo turbulento en las zonas de creación de torbellinos implantando de esta forma el estudio en tres dimensiones que complementa a los estudios realizados hasta ahora en dos dimensiones. Según este artículo, han sido varios los autores que han realizado estudios sobre el particular.

Finalmente, existen mediciones de ondas de presión en los conductos de salida de turbinas de gas en instalaciones de cogeneración, con el objeto de ver su influencia en el funcionamiento de la propia turbina. Así, D.E. Jungbauer et al, en un artículo publicado en Abril de 1995 por la revista "ASME Journal of Engineering for Gas turbines and Power", Volumen 117, páginas 259 - 265, realizan mediciones con sondas de presión en el interior de conductos de gases de escape, constatando que el nivel sonoro aumenta considerablemente en ensanchamientos-estrechamientos bruscos y en uniones de conductos, lo cual implica un aumento de las pérdidas de carga en dichos elementos. Se pone de manifiesto la necesidad de reducir las pérdidas de carga localizadas en dichos elementos.

Explicación de la invención

La presente invención permite resolver el problema técnico planteado. Se refiere a una cámara de paredes rígidas de proporciones determinadas, con dos entradas y una salida, de tal modo que minimiza las pérdidas de carga y optimiza la mezcla de los gases, lo que se manifiesta por la uniformidad de las temperaturas de salida.

Se ha obtenido un diseño de cámara de mezcla que satisface los objetivos expuestos. La forma geométrica de esta cámara se asemeja a un paralelepípedo, en el cual entran dos conductos dispuestos sobre uno de los planos de simetría del conjunto, saliendo la mezcla por otro conducto. Los gases de escape de turbina de gas o de motor alternativo, según sea el caso, se introducen en la cámara por la entrada posterior, y el aire fresco procedente del sistema de aire auxiliar se introduce por la entrada inferior. La mezcla así efectuada va a parar por la salida a los quemadores. Las dimensiones de la cámara vienen determinadas en función del diámetro (D) del conducto de entrada del gas de escape, con un $\pm 10\%$ de margen de variación respecto a las proporciones especificadas, del modo siguiente:

- 1.- El tubo de entrada del gas de escape se acopla en el centro geométrico de la cara posterior de la cámara de mezcla, siendo esta cara rectangular y de dimensiones $3D \times 2D$, la dimensión mayor en posición vertical.
- 2.- La entrada de aire frío se produce por la cara inferior en su centro geométrico, cuyas dimensiones son $4D \times 2D$, con un ángulo de entrada de 30° sobre la horizontal, a contracorriente.
- 3.- La salida de la mezcla se produce sobre el mismo eje de entrada, en el lado opuesto, mediante un acoplamiento de tipo troncopiramidal de terminación troncocónica, cuya altura (longitud en el eje principal o de salida) es igual a D, seguido por un tubo de salida de diámetro $1,5D$ y longitud al menos $1,5D$.

Esta cámara así diseñada sirve por lo tanto para cualquier conducto en función de su diámetro, respetándose con un $\pm 10\%$ de margen de variación las proporciones detalladas.

Descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la descripción, se acompañan unos dibujos en los que se representa el diseño de la cámara de mezcla objeto de la invención, y la ubicación de la misma en un ejemplo general de instalación de hornos industriales.

La figura 1 representa las secciones vertical y horizontal de la cámara de mezcla, donde la entrada posterior (1) es la de los gases de escape procedentes de una turbina o motor alternativo, la entrada inferior (2) es la que introduce en la cámara el aire frío, y por la salida (3) pasan los gases ya mezclados hacia los hornos u otras utilizaciones. En la figura 1 se presentan las proporciones de la cámara en función del diámetro (D) de la entrada de los gases de escape (1), tal y como se ha detallado más arriba.

La figura 2 presenta la ubicación de la cámara de mezcla (4) dentro de una instalación que comprenda una turbina de gas o motor alternativo (5), que produce los gases de escape que se utilizan en la alimentación de uno o varios hornos industriales (7). El aire fresco que es mezclado en la cámara con los gases de escape es introducido en ella mediante un ventilador (6).

Modo de realización de la invención

Las altas temperaturas a las que se encuentran expuestas las conducciones ($400-650^\circ\text{C}$) así como el vapor de agua transportado por los productos de la combustión y el elevado número de horas/año que debe trabajar la instalación para ser rentable, son condiciones importantes a la hora de seleccionar los materiales. Debido a que el combustible utilizado es gas natural, los humos de escape no tienen en su composición ni óxidos de azufre ni cloruros cuya presencia es, generalmente, de efectos muy corrosivos a las temperaturas de trabajo mencionadas.

Se han tenido en cuenta tres aspectos fundamentales que afectan a la duración y prestaciones de la conducción: Resistencia a la temperatura, a la corrosión y al "Creep". Este último fenómeno se produce cuando un material, durante largos periodos de tiempo, se encuentra a una temperatura cercana a la mitad de su temperatura de fusión y está sometido simultáneamente a tensiones, que pueden ser incluso las propias tensiones internas debidas al proceso de fabricación.

ES 2 139 490 A1

Se consideran fundamentalmente los aceros al carbono aleados ya que otro tipo de aleaciones, como por ejemplo las de Al ó Mg no pueden superar temperaturas de 250 °C. Los aceros al carbono pueden trabajar a temperaturas cercanas a los 425 °C y dentro de este tipo los aceros ferríticos tienen la ventaja de tener un menor coste. Sin embargo cuando se excede de los 400 °C de temperatura, aparece el problema del “Creep” antes mencionado por lo que se hace imprescindible la adición de Molibdeno. Esto provoca que el acero tenga una ruptura frágil por lo que también se añade Cromo y/o Vanadio que tienen unos efectos muy beneficiosos frente a la corrosión.

A partir de temperaturas de 550 °C, la resistencia a la corrosión adquiere mayor importancia en la elección de los materiales. El camino usual para incrementar la escala de resistencia del acero es añadiendo Cromo y el mínimo necesario es del 8 % para temperaturas inferiores a 650 °C.

Los aceros al cromo ferríticos son más baratos que los aceros austeníticos (más aleados) pero estos últimos son capaces de tener una mayor resistencia al “Creep”. Los aceros inoxidable austeníticos están preparados para su uso en conducciones para tuberías de generación de potencia, intercambiadores de calor, etc.

La temperatura límite de uso para los aceros inoxidable austeníticos se encuentra en 750 °C, por lo que son aptos para los rangos de temperatura que aparecen en la instalación de cogeneración, como son 450 °C después de la turbina de gas.

Tras el estudio de las características de los diferentes materiales, el material elegido para las cámaras de mezcla de gases es el acero inoxidable austenítico y dentro de esta familia de aceros, los denominados AISI 304 y AISI 316, dependiendo de las posibilidades de suministro de los diferentes fabricantes de componentes. Como material base se utilizará el AISI 316 ya que como se ha indicado anteriormente su contenido en Mo lo hace más resistente al efecto “Creep”, cuya composición química se aprecia en el cuadro I.

TIPO	%C	%Mn	%Si	% Cr	% Ni	% P	%S	%Mo
304	0,08	2,00	1,00	17,0-19,0	8,00-10,0	0,045	0,03	-
316	0,08	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,03

Cuadro I: Composición química de dos aceros inoxidable austeníticos válidos.

Un efecto negativo que se puede dar en los aceros inoxidable austeníticos es el de la fragilidad que se produce cuando el acero se encuentra entre 475-830 °C y 43-48 % de contenido en Cr. En esas condiciones aparece la fase intermetálica Fe-Cr (fase σ) que es muy dura y extremadamente frágil. La adición de Ni hace que el contenido en Cr para que aparezca esta fase sea mayor. En este caso, con las concentraciones en Cr que poseen los aceros seleccionados, este efecto no se producirá.

Con el fin de evitar pérdidas energéticas se colocan también aislamientos térmicos. La Instrucción Técnica (I.T.I.C. 19 “Aislamiento Térmico de Instalaciones”), marca las pautas que han de seguirse para la protección de las instalaciones contra las pérdidas energéticas. Veamos las más importantes:

- Se deben aislar todos los aparatos, equipos y conducciones que contengan fluidos a una temperatura superior a 40 °C.
- Ha de conseguirse mediante los aislamientos y espesores elegidos, que la pérdida calorífica no supere el 1 % de la potencia calorífica que transporta el fluido.
- Hasta diámetros de las conducciones de 150 mm. es obligatorio el uso de coquillas para aislar las tuberías. Para diámetros mayores se utilizarán mantas ya que en el mercado no se comercializan coquillas de esas dimensiones.
- Para el caso de las ampliaciones de diámetro de las conducciones se empleará el espesor de aislamiento de la conducción de mayor diámetro.

Acorde con todo ello, el aislamiento elegido para nuestra cámara en este ejemplo de realización es la Manta SPINTEX 342-G-125 (Cristalería Española, S.A.) con velo de vidrio y aluminio como elemento protector del material aislante. Las principales características de este material se muestran en el cuadro II.

Densidad:	125 kg/m ³
Coefficiente de Conductividad Térmica:	0.06 W/m K (0.063 kcal/h m °C).
Temperatura de trabajo:	750 °C
Reacción al fuego:	No combustible (UNE 23.727)
Comportamiento al agua:	No hidrófilo.
Dilatación y contracción:	Material totalmente estable.
Corrosión:	No corrosivo frente a los metales.

Cuadro II. Características de la MANTA SPINTEX para la cámara.

Además de estas propiedades, posee otras comunes a los materiales de su gama, como son las que se muestran a continuación:

- Gran absorción acústica, que será importante para atenuar los ruidos que produce el flujo turbulento de gases a través de las conducciones
- Son compatibles con los aceros inoxidables austeníticos.
- Son inorgánicos, no permiten que en su interior se desarrollen microorganismos.
- No son atacables por ácidos y bases no concentradas.
- No experimentan reacciones exotérmicas.

Aplicación industrial

La aplicación industrial de esta cámara de mezcla se muestra fundamentalmente en todos aquellos procesos en los que interese realizar un mezclado de gases, como puede ser una instalación que requiera un control de temperatura del fluido como por ejemplo secaderos industriales, etc.

A continuación se ofrecen dos ejemplos simplemente a título ilustrativo de la aplicación industrial de la invención.

Ejemplo 1 de aplicación industrial

Funcionamiento en continuo realizando el proceso de mezcla.

Normalmente una instalación de cogeneración con turbina de gas en cabecera de hornos industriales está diseñada para que utilice como comburente los gases de escape de la misma. El porcentaje de oxígeno que transportan es superior al 13 % que exigen los quemadores. No obstante en alguna ocasión puede hacerse necesario aumentar la instalación por ejemplo incrementando el número de hornos a los que abastece dicha turbina bien sea por necesidades productivas o bien por turnos de producción. En estos casos puede ocurrir que la turbina siga o no siendo suficiente para suministrar el comburente para las nuevas necesidades.

En el caso de que lo sea, (turbina ligeramente sobredimensionada), se seguiría como hasta ahora, pero si la turbina no fuese ahora suficiente se podría optar por sustituirla por otra nueva que se adapte a las nuevas condiciones (lo cual resulta muy caro a priori debido al alto precio de estas máquinas) o bien se podría optar por realizar un mezclado continuo con aire procedente de un sistema de aire auxiliar de tal forma que se asegure el oxígeno necesario para la nueva situación.

Para instalaciones de cogeneración en cabecera de hornos funcionando con motores alternativos, el mezclado se debe hacer de forma continua ya que el porcentaje de oxígeno que transportan sus gases de escape dista mucho del valor antes mencionado. Es por ello una necesidad innata en este tipo de instalaciones.

Ejemplo 2 de aplicación industrial.

Período transitorio de parada de la turbina de gas.

En los casos en los que la turbina de gas deje de funcionar, bien sea por avería (parada no programada) o bien por mantenimiento (parada programada) y sea necesario que el resto de la instalación siga

funcionando para que la producción no se vea alterada, el sistema de aire auxiliar compuesto por un ventilador de aire, comenzará a funcionar una vez se ha detectado la parada de la turbina. Se pretende así que este elemento auxiliar sea ahora el que aporte el comburente para quemar el gas natural que llega a los quemadores. Este aire sustituye así a los humos ricos en oxígeno que generaba la turbina de gas en el funcionamiento normal de la instalación.

No obstante, durante el período que dura la parada de la turbina de gas y el arranque del ventilador, se realiza la mezcla de ambos gases con el objeto de mantener constante el oxígeno que llegue a los quemadores para que éstos no se vean afectados durante ese tiempo. Es por ello muy importante el correcto diseño del sistema de aire auxiliar para que se logre este objetivo.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

REIVINDICACIONES

1. Cámara de mezcla para gases calientes de escape con aire frío, **caracterizada** por ser de forma aproximadamente paralelepípeda, cuyas dimensiones relativas vienen definidas en función del diámetro del tubo de entrada del gas de escape, de tal modo que siendo D dicho diámetro,
- 1- el tubo de entrada del gas de escape se acopla en el centro geomético de la cara posterior de la cámara de mezcla, siendo esta cara rectangular y de dimensiones 3D x 2D, la dimensión mayor en posición vertical,
- 2- la entrada de aire frío se produce por la cara inferior en su centro geométrico, cuyas dimensiones son 4D x 2D, con un ángulo de entrada de 30°, sobre la horizontal, a contracorriente,
- 3- la salida de la mezcla se produce sobre el mismo eje de entrada, en el lado opuesto, mediante un acoplamiento de tipo troncopiramidal - troncocónico cuya altura (longitud en el eje principal o de salida) es igual a D, seguido por un tubo de salida de diámetro 1,5D y longitud al menos 1,5D, y
- 4- todas las proporciones indicadas como factores de D o como medida angular expresada en grados admiten un margen de variación del 10 por ciento.
2. Cámara de mezcla para gases calientes de escape con aire frío según reivindicación anterior, **caracterizada** por estar fabricada en cualquier acero o combinación de aceros de tipo austenítico, preferentemente los denominados AISI 304 y AISI 316.
3. Cámara de mezcla para gases calientes de escape con aire frío según reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por estar aislada con el fin de evitar pérdidas energéticas, de tal modo que cumple los requisitos de la Instrucción Técnica (I.T.I.C.19 "Aislamiento Térmico de Instalaciones"), preferentemente utilizando manta de tipo Spintex 342-G-125 con velo de vidrio y aluminio como elemento protector del material aislante, u otro sistema equivalente de aislamiento.

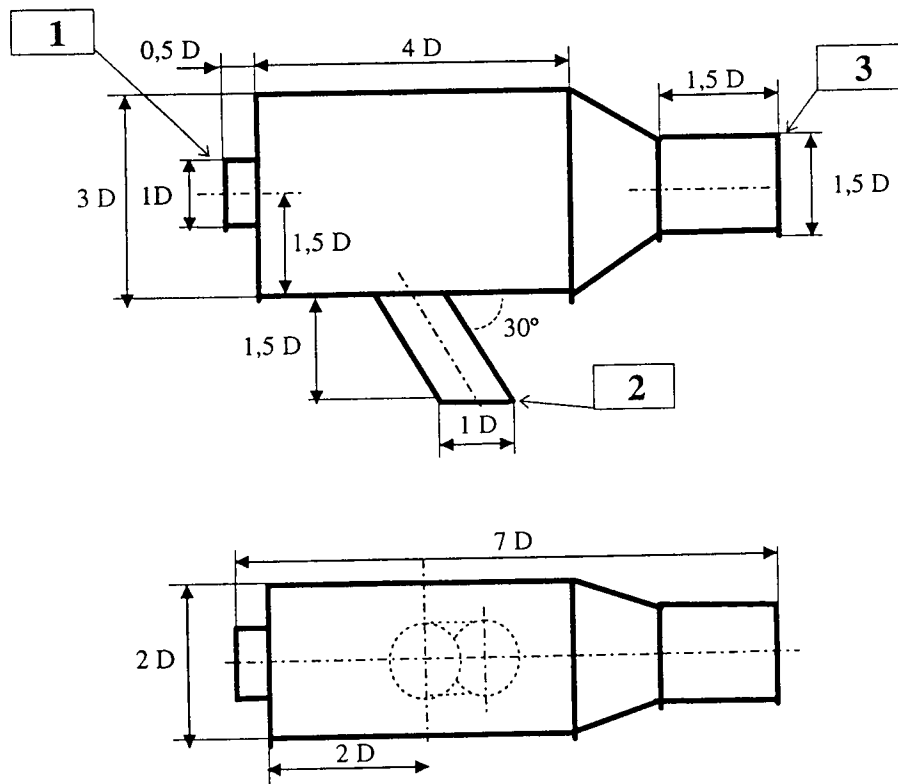


Figura 1.

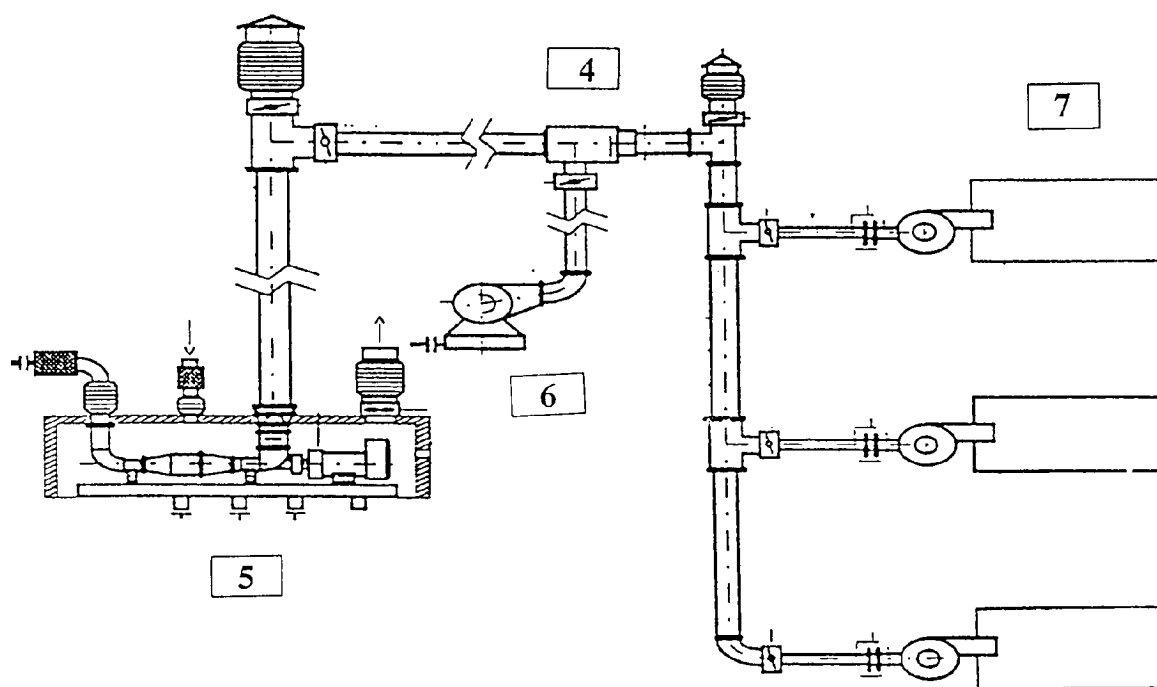


Figura 2.



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ⑪ ES 2 139 490
⑫ N.º solicitud: 009602405
⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 30.10.1996
⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑮ Int. Cl.⁶: F01N 3/00, B01F 3/02

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 4142606 A (VANDERZANDEN et al.) 06.03.1979	
A	DE 3232648 A1 (VITS-MASCHINENBAU) 08.03.1984	
A	US 5417053 A (UJI) 23.05.1995	
A	US 3567399 A (ALTMANN et al.) 02.03.1971	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
16.12.1999

Examinador
J. Galán Mas

Página
1/1