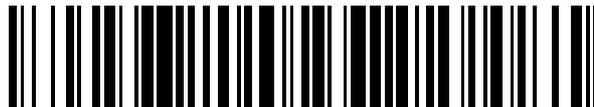


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 515**

51 Int. Cl.:

F41A 27/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2012 PCT/EP2012/060525**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2012 WO12168200**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2012 E 12725763 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2718657**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la compensación térmica de un tubo de arma**

30 Prioridad:

07.06.2011 DE 102011106199

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

25.10.2016

73 Titular/es:

**RHEINMETALL AIR DEFENCE AG (100.0%)
Birchstrasse 155
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**BRUNNER, DOMINIC y
MEIER, RAFFAEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 587 515 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

Dispositivo y procedimiento para la compensación térmica de un tubo de arma

5 La invención se refiere a un tubo de cañón de un arma, por ejemplo de un cañón revólver para su uso en la defensa antiaérea de base terrestre o marítima. En particular, esta invención se refiere a un tubo de cañón montado en una cuna de tubo y un soporte de tubo, prolongándose la cuna de tubo para la estabilización, el guiado y la amortiguación de oscilaciones en un soporte de tubo, que soporta o sostiene el tubo en varios puntos.

10 Un cañón comprende por regla general un bastidor inferior, una torreta y una cuna de tubo con soporte de tubo, en la que está montado el tubo (EP 1 154 219 A). En caso de irradiación solar, el lado superior de la cuna de tubo se expone a un aumento de temperatura mayor, mientras que el lado interior no expuesto a la irradiación solar solo experimenta un pequeño aumento de temperatura. La diferencia térmica resultante conduce a una dilatación térmica diferente entre el lado superior y el inferior de la cuna de tubo, de modo que, como resultado, un tubo con una determinada longitud l se desvía hacia abajo fuera del eje de tubo originario en un determinado ángulo δ en su extremo libre. Esta desviación depende en gran parte de los factores ambientales y atmosféricos e influye, a su vez, de manera significativa en la probabilidad de impacto del arma.

15 Tales diferencias térmicas pueden aparecer también lateralmente, por ejemplo cuando el arma experimenta irradiación solar al amanecer o anochecer principalmente por un lado o también por el viento, que enfría de manera más intensa el lado de cañón a barlovento que el lado a sotavento. Durante un uso real aparecen de manera combinada efectos de este tipo.

20 Con cada disparo se somete al tubo a los gases de explosión y al mismo tiempo se genera calor producido por rozamiento debido al rozamiento mecánico entre el tubo y el proyectil. Esto conduce a un aumento de temperatura del tubo. Este es en particular el caso cuando el arma se usa en tiro a ráfagas. Por tanto, el calor se concentra en el extremo de cierre del arma y en el lado superior de tubo, a donde se transmite el calor mediante convección. También este gradiente de temperatura condicionado por el disparo conduce a una desviación del extremo de tubo libre fuera de la posición teórica.

25 Las soluciones pasivas sencillas usan según la enseñanza del documento DE 30 05 117 una cubierta de protección expuesta directamente al tubo, no estando realizada la cubierta de protección de manera simétrica radialmente según la enseñanza más amplia del documento DE 199 04 417 para contrarrestar un calentamiento asimétrico.

30 El documento DE 1918 422 desvela una cubierta de protección térmica a partir de una cubierta metálica que rodea a poca distancia el tubo de cañón, funcionando la capa de aire que se encuentra entre el tubo de cañón y la cubierta metálica como aislamiento térmico. Estas soluciones son estáticas y no pueden reaccionar ante condiciones ambientales variables.

35 Cubiertas de protección de doble pared conducen según la enseñanza del documento WO 97 / 47 939 o el documento US 4.753.154 a un fluido de trabajo entre las dos superficies de cubierta a lo largo de las mismas para mejorar la disipación de calor del disparo. También estos sistemas funcionan sin regulación y de manera meramente pasiva.

40 El documento DE 32 19 124 así como el documento GB 2.328.498 desvelan elementos de calentamiento activos colocados directamente sobre el tubo de arma. Las tiras de calentamiento paralelas al eje de tubo compensan en exceso efectos de temperatura exteriores, en tanto que calientan el tubo a una temperatura que está a aproximadamente 10°C por encima de la temperatura ambiental media. La desviación del tubo de la posición normal se determina, por ejemplo, a través de procedimientos ópticos. Por ello, este procedimiento es muy costoso desde el punto de vista energético y al mismo tiempo muy lento; los procedimientos ópticos son susceptibles a la carga mecánica del sistema al emitir el disparo.

45 El ascenso de temperatura condicionado por el disparo se mide según el documento DE 44 33 627 por un termoelemento, que se inserta en la pared del espacio de carga por cada agujero ciego. Por un lado, se altera la estabilidad mecánica mediante el agujero; por otro lado, no puede registrarse ningún gradiente de temperatura por la longitud de tubo.

50 El resumen japonés JP 7-91891 desvela una medición activa de la deflexión del tubo mediante sistemas ópticos y al mismo tiempo una compensación de la flexión del tubo a través de un cilindro hidráulico que actúa en ambos extremos del tubo de arma. Este procedimiento es muy costoso. Además, solo puede tener lugar una compensación en el plano que se forma mediante el eje de tubo y el eje central del cilindro hidráulico. Por tanto, no es posible ninguna compensación general en acimut y elevación.

La invención tiene por objetivo proporcionar un dispositivo y un procedimiento mediante los que sea posible una compensación sencilla y de bajo coste de un curvado de tubo inducido térmicamente también durante la emisión del disparo.

55

El objetivo se soluciona mediante las características de la reivindicación 1 en lo que respecta al dispositivo y la reivindicación 6 en lo que respecta al procedimiento. En las reivindicaciones dependientes se muestran configuraciones ventajosas.

5 De manera conocida, el tubo de arma se inclina hacia abajo ante la irradiación solar. Esta deformación está provocada por diferencias de temperatura entre el lado superior e inferior del soporte de tubo y la cuna. El efecto del soporte de tubo y el efecto de la cuna pueden considerarse en principio como problemas independientes; no obstante, para determinar la inclinación de tubo total deberían superponerse.

10 Por tanto, la invención se basa en la idea de usar sensores de temperatura y conseguir, por tanto, un sistema para correlacionar la temperatura. El sistema es, a este respecto, técnicamente capaz de establecer las diferencias de temperatura entre el lado superior e inferior del soporte de tubo (de los sensores enfrentados) así como entre el lado derecho e izquierdo del soporte de tubo (de los sensores enfrentados). El cálculo de la inclinación de tubo se lleva a cabo por medio de las diferencias de temperatura. La compensación de la inclinación de tubo se produce, por tanto, a través del valor de inclinación, produciéndose la compensación mediante modificación de la orientación del tubo en acimut y/o elevación. Al mismo tiempo, puede integrarse una supervisión de los sensores de temperatura y de la caja de datos.

15 La función de compensación de temperatura se usa como parámetro adicional en el control de arma y, en particular, en el cálculo de acimut y elevación del arma. Con ello puede compensarse una desviación del tubo condicionada por la temperatura directamente mediante los servomotores del arma. Con ello, el procedimiento de acuerdo con la invención es muy rápido; regula a la velocidad habitual de hasta varios 10° por segundo.

20 Al mismo tiempo, el procedimiento puede usarse durante el disparo. No es necesario pasar el arma de un estado preparado para el disparo a un estado de mantenimiento no preparado para el disparo, para realizar la compensación del tubo. Con ello, aumenta la vida útil del arma.

25 En cuanto al dispositivo de acuerdo con la invención solo han de realizarse unas pocas modificaciones técnicas. De manera esencial, por lo que respecta al hardware es suficiente la instalación de sondas de temperatura así como su conexión a la caja de datos. Por tanto, el dispositivo es muy económico.

La compensación del tubo no induce nuevos pares de flexión o tensiones en el tubo. Con ello, se aumenta la vida útil del arma.

30 El fallo de sensores individuales puede compensarse a través de un modelo matemático, ya que puede partirse de una distribución de temperatura constante en la cuna de tubo y el soporte de tubo (verificación de plausibilidad). El algoritmo de evaluación contiene, no obstante, niveles de funcionamiento degradado diferentes para el caso en que fallen varios sensores. Con ello, el sistema es especialmente estable frente al fallo de datos de sensor individuales.

De conformidad con la invención, se registra la evolución temporal de la función de correlación de temperatura y se almacena para trabajos de mantenimiento posteriores en el ordenador del cañón. De esta manera, puede registrarse la carga térmica del cañón a posteriori o pueden detectarse errores en el algoritmo de cálculo.

35 De manera correspondiente a los intervalos de temperatura habituales en el ámbito militar, los sensores y la caja de datos están diseñados para un funcionamiento operativo, habitualmente de -46°C a +120°C. En este intervalo de temperatura se llevan a cabo las mediciones con una resolución y precisión suficientemente altas. La resolución y la precisión se desprenden del modelo matemático usado; una resolución de 0,1°C y una precisión de 0,2°C han demostrado ser suficientes en la práctica.

40 La presente idea se caracteriza, por tanto, por:

- procedimientos de medición muy sencillos con sondas de temperatura convencionales; el sistema es económico y estable,
- redundancias en las sondas con gran seguridad de funcionamiento del sistema frente al fallo de sondas de medición individuales,
- 45 • compensación muy rápida de la deformación del tubo a través de accionadores de cañón,
- posibilidad de uso durante el disparo, también en caso de tiro a ráfagas,
- compensación de errores de acimut así como de errores de elevación debidos a la deformación del tubo inducida térmicamente,
- ninguna alteración mecánica del tubo o del apoyo del tubo por medios de medición.

50 La invención se explicará en mayor detalle mediante un ejemplo de realización con dibujo. Muestran:

la Figura 1, una torreta según el estado de la técnica,

la Figura 2, la torreta con el dispositivo de acuerdo con la invención en la cuna de tubo y el soporte de tubo, la Figura 3, una representación simplificada de la disposición de los sensores de la Figura 2, la Figura 4, una representación de diagrama de bloques del procedimiento.

5 La Figura 1 muestra un cañón revólver 10 convencional con una torreta 1, un bastidor inferior 2, una cuna de tubo 3, así como un soporte de tubo 4 en prolongación de la cuna de tubo 3. El soporte de tubo 4 se compone esencialmente de un bastidor tubular de rejilla (no representado en mayor detalle) y, al igual que la totalidad del cañón 10, puede estar recubierto con una cubierta de protección (no representada en mayor detalle).

10 Según la Figura 2, se dota un cañón 10 de este tipo de varios sensores de temperatura p1-pn, preferentemente un total de 16, en la zona de la cuna de tubo 3 y del soporte de tubo 4. Mediante los 16 sensores (p1-p16) se mide la temperatura en el soporte de tubo 4 (doce sensores) y en las paredes de cuna 3 (cuatro sensores). Unas cajas de enchufe 5 reúnen las señales de los sensores de temperatura p1-p16 procedentes del soporte de tubo 4 y de la cuna 3 y las transmiten por conexiones de datos 6 a la caja de datos 7, donde se digitalizan las señales analógicas de los sensores de temperatura. A continuación, la caja de datos 7 envía los datos a través del enlace Ethernet 8 al GCU 9 (DVS). El GCU, por tanto, compensa la deformación mediante una desviación con respecto al horizonte (adaptación del valor de inclinación). La caja de datos 7 comprende un convertidor de analógico a digital y un servidor con Ethernet.

20 A continuación se describe la disposición de los sensores en la cuna de tubo y el soporte de tubo así como la conexión de los componentes. Partiendo de la Figura 3, se definen cuatro planos esencialmente en perpendicular al eje de tubo, encontrándose un plano E4 preferentemente en la cuna de tubo y tres planos E1-E3 preferentemente en el soporte de tubo. Los planos portan respectivamente cuatro sensores de temperatura (por ejemplo, PT 100) conocidos en principio a partir del estado de la técnica, que están dispuestos preferentemente en la zona de las esquinas de los planos. El primer plano E1 en las proximidades de boca de tubo porta los cuatro sensores p1-p4, el siguiente plano en dirección a la cuna de tubo E2 porta los sensores p5-p8, etc. Los sensores están conectados a través de líneas de datos 6 con la caja de datos 7. La caja de datos 7 digitaliza las señales analógicas de los sensores de temperatura y envía los datos de temperatura a través de un enlace de datos 8 al GCU 9. Con ayuda de esta disposición es posible medir la distribución de temperatura en la cuna de tubo 3 y el soporte de tubo 4.

25 Los valores de las sondas de temperatura p1-p16 se digitalizan y se transmiten al equipo de procesamiento de datos (GCU 9). Al mismo tiempo, se comparan con los valores depositados respectivos del tubo 11. En cuanto a la desviación del tubo inducida por la temperatura se ha elaborado un modelo matemático, que con parámetros de optimización establece la relación entre los valores de temperatura de las sondas de medición p1-p16 y la totalidad de la desviación del tubo.

30 El desarrollo del procedimiento de acuerdo con la invención está representado de manera sintética en la Figura 4. Para el experto en la materia es evidente sin esfuerzos adicionales a partir del algoritmo general representado en la misma cómo tendría que estar configurada la compensación del error de acimut o una forma híbrida de ambos, de modo que puede prescindirse aquí de una indicación explícita. La invención se refiere de igual manera a la compensación del error de acimut. Los parámetros de ponderación numéricos a, b, g, o bien se proporcionan de antemano al sistema (GCU) o bien se determinan al calibrar e instalar el cañón 10 y se transfieren al modelo matemático.

35 Los valores de temperatura se polinomizan para obtener una observación en longitud para la representación del error de tubo. El GCU 9 obtiene de la caja de datos 7 valores de temperatura T con en cada caso un índice para el sensor en cuestión. Con ello se determinan diferencias de temperatura medias en elevación de cada plano de sensor E1 a E4 del soporte de tubo y de la cuna. De manera paralela se determina si los sensores son aptos para funcionar y cuántos lo son y suministran valores plausibles.

De

$$T_{E1_dif_El} = \frac{(T_{E1_arriba_derecha} + T_{E1_arriba_izquierda})}{N_{E1_numero_sensores_superiores_correctos}} - \frac{(T_{E1_abajo_derecha} + T_{E1_abajo_izquierda})}{N_{E1_numero_sensores_inferiores_correctos}} [^{\circ}C]$$

45

a

$$T_{E4_dif_El} = \frac{(T_{E4_arriba_derecha} + T_{E4_arriba_izquierda})}{N_{E4_numero_sensores_superiores_correctos}} - \frac{(T_{E4_abajo_derecha} + T_{E4_abajo_izquierda})}{N_{E4_numero_sensores_inferiores_correctos}} \quad [^{\circ}C]$$

se obtienen las diferencias de temperatura en los planos E1 a E4. La inclinación del tubo V para cada plano de sensor se obtiene a partir de la aplicación de la siguiente correlación, siendo a y b parámetros de adaptación numéricos. Se obtienen:

5 de

$$V_{E1_tubo_P_El} = a_{R_El} \cdot T_{E1_dif_El} + b_{R_El} \quad [rad]$$

a

$$V_{E3_tubo_P_El} = a_{R_El} \cdot T_{E3_dif_El} + b_{R_El} \quad [rad]$$

y

$$V_{E4_tubo_P_El} = a_{W_El} \cdot T_{E4_dif_El} + b_{W_El} \quad [rad]$$

10

A continuación se pondera la totalidad de la inclinación de tubo determinada para cada plano de sensor E1-E4. De esta manera se simplifica la supervisión de plausibilidad para garantizar la modularidad para calcular la totalidad de la inclinación del tubo (en caso de que falle un plano de sensor). Se obtiene:

$$V_{tubo_R_P_El} = V_{E1_tubo_P_El} \cdot g_{1_El} + V_{E2_tubo_P_El} \cdot g_{2_El} + V_{E3_tubo_P_El} \cdot g_{3_El} \quad [rad]$$

15 y

$$V_{tubo_W_P_El} = V_{E4_tubo_P_El} \cdot g_{4_El} \quad [rad]$$

con los parámetros de ponderación g que tienen que adaptarse numéricamente.

20 En una forma de realización adicional se tiene en cuenta adicionalmente la inercia inherente del sistema. Esta se origina por que las sondas de medición p1-p16 pueden mostrar cambios de temperatura esencialmente más rápido de lo que puede compensarse este gradiente en el tubo 11 y el soporte de tubo 4 o la cuna de tubo 3. Para tener en cuenta el retardo de medición en el tiempo, se añade una denominada componente D al control. Esta se compone de la primera derivada numérica de la componente P mencionada anteriormente del soporte de tubo 4 y de la cuna 3.

$$\frac{\Delta V_{tubo_R_P_El}}{\Delta t} = \frac{(V_{tubo_R_P_El}(t_n) - V_{tubo_R_P_El}(t_{n-1}))}{t_n - t_{n-1}} \quad [rad/min]$$

25 y

$$\frac{\Delta V_{tubo_W_P_El}}{\Delta t} = \frac{(V_{tubo_W_P_El}(t_n) - V_{tubo_W_P_El}(t_{n-1}))}{t_n - t_{n-1}} \quad [\text{rad/min}]$$

Esto se multiplica por los parámetros D.

$$V_{tubo_R_D_El} = \frac{\Delta V_{tubo_R_P_El}}{\Delta t} \cdot D_{R_El} \quad [\text{rad}]$$

y

$$V_{tubo_W_D_El} = \frac{\Delta V_{tubo_W_P_El}}{\Delta t} \cdot D_{W_El} \quad [\text{rad}]$$

5

siendo los parámetros D, a su vez, parámetros de ajuste numéricos. La totalidad de la inclinación del tubo se determina a partir de la suma de las componentes P y las componentes D del soporte de tubo y de la cuna.

$$V_{tubo_El} = V_{tubo_R_P_El} + V_{tubo_W_P_El} + V_{tubo_R_D_El} + V_{tubo_W_D_El} \quad [\text{rad}]$$

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para la compensación térmica de un tubo de arma (11) de un cañón (10) con al menos un tubo de arma (11), que está montado en una cuna de tubo (3) así como, en prolongación de la cuna de tubo (3), en un soporte de tubo (4), estando integrados varios sensores de temperatura (p1-p16) en la cuna de tubo (3) y el soporte de tubo (4), que están conectados a través de líneas de datos (6) con una caja de datos (7) y la caja de datos (7) con un equipo de procesamiento de datos (9), calculando el equipo de procesamiento de datos (9) una inclinación de tubo por medio de diferencias de temperatura y pudiendo actuar para la compensación térmica sobre actuadores para modificar la orientación del tubo de arma (11).
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** están integrados 16 sensores de temperatura (p1-p16), siendo posibles variaciones en el número.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** se definen planos, preferentemente cuatro planos (e1-E4), esencialmente en perpendicular al eje de tubo, encontrándose preferentemente un plano (E4) en la cuna de tubo (3) y preferentemente tres planos (E1-E3) en el soporte de tubo (4).
- 15 4. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado porque** los sensores de temperatura (p1-p16) están dispuestos en la zona de las esquinas de los planos (E1-E4).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el soporte de tubo (4) es a modo de armazón.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los actuadores son servomotores del propio cañón, con los que el tubo de arma (1) puede orientarse en acimut y/o elevación.
- 20 7. Procedimiento para la compensación térmica de un tubo de arma (11) de un cañón (10) con al menos un tubo de arma (11), que está montado en una cuna de tubo (3) así como, en prolongación de la cuna de tubo (3), en un soporte de tubo (4), con las etapas:
- medir la temperatura mediante sensores de temperatura (p1-p16) en la cuna de tubo (3) así como del soporte de tubo (4),
 - determinar la diferencia de temperatura entre el lado superior e interior y el lado derecho e izquierdo de la cuna de tubo (3) así como del soporte de tubo (4),
 - calcular la inclinación de tubo por medio de las diferencias de temperatura obtenidas,
 - compensar la inclinación de tubo mediante modificación de la orientación del tubo de arma (11).
- 25
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** se determinan diferencias de temperatura de cada plano de sensor (E1 a E4) del soporte de tubo (4) y de la cuna de tubo (3) en elevación y/o acimut.
- 30 9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado porque** la desviación del tubo condicionada por la temperatura se compensa directamente mediante actuadores, tales como servomotores del propio cañón del arma.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado porque** un fallo de sensores de temperatura (p1-p16) individuales se compensa a través de un modelo matemático.
- 35 11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** el algoritmo de evaluación contiene diversos niveles de funcionamiento degradado para el caso de que fallen varios sensores de temperatura (p1-p16).
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizado porque** también se tiene en cuenta la inercia inherente del sistema.
- 40 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 12, **caracterizado porque** se registran evoluciones temporales de la función de correlación de temperatura.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado porque** se almacena(n) la(s) evolución/evoluciones temporal(es) para trabajos de mantenimiento posteriores también de manera legible en el ordenador del cañón.

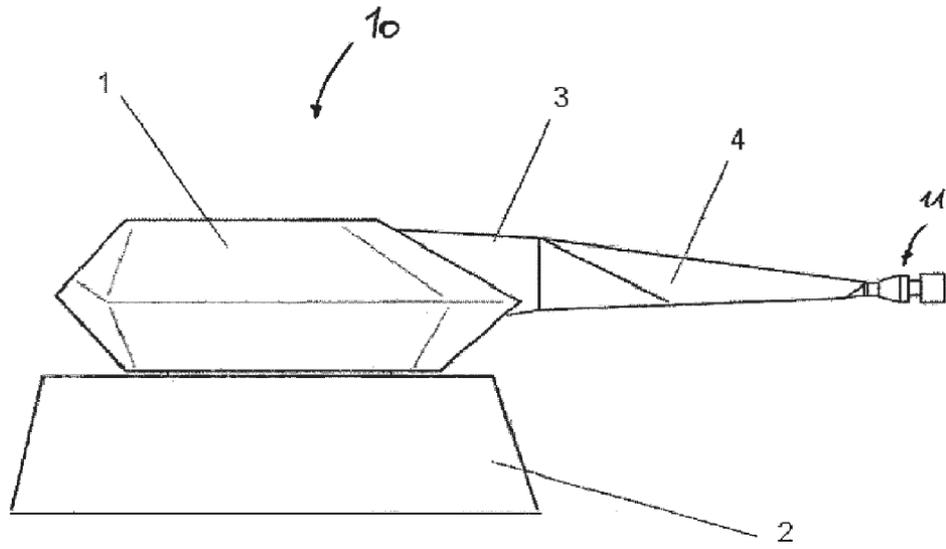


Fig. 1

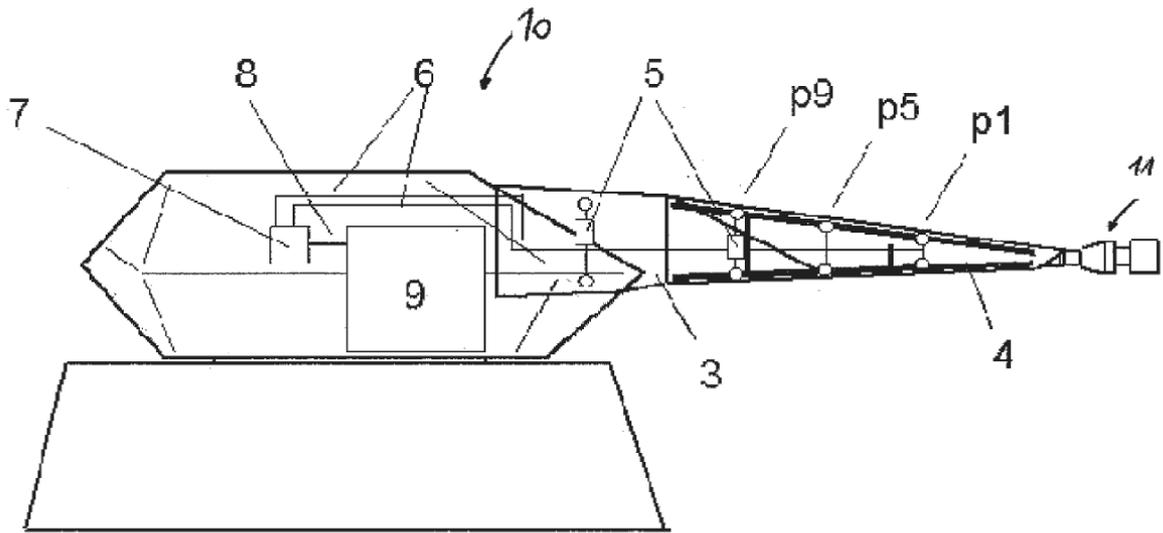


Fig. 2

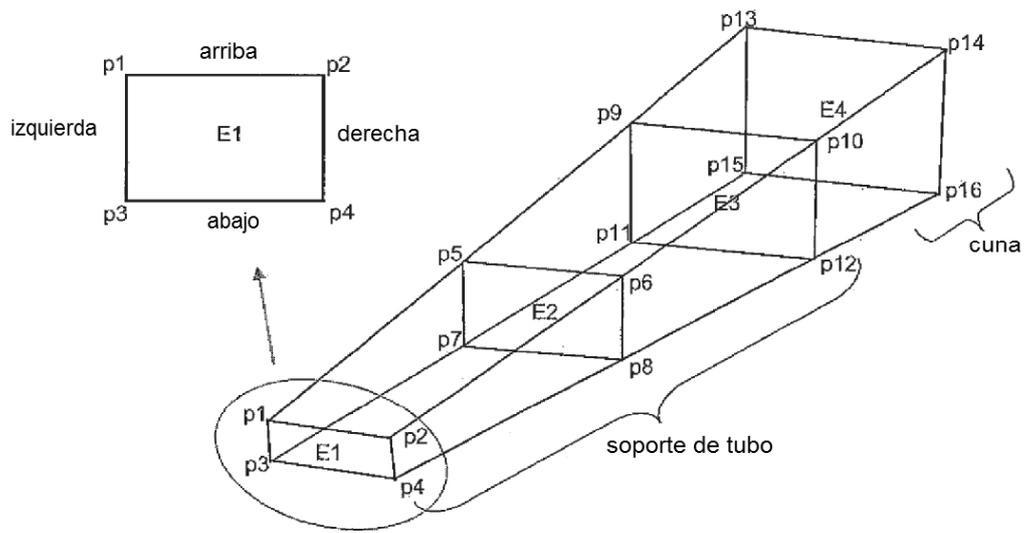


Fig. 3

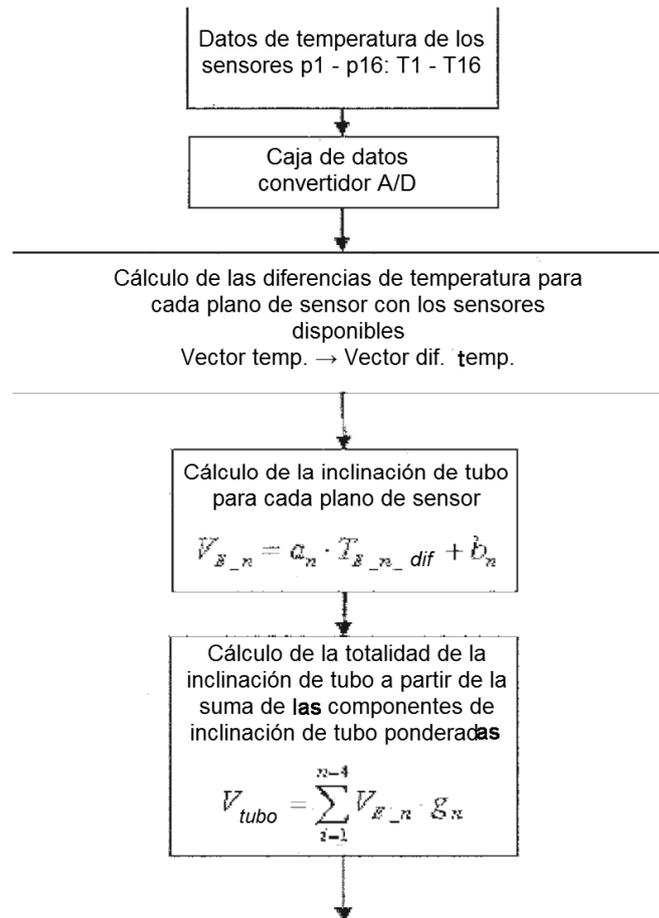


Fig. 4