



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 309 961**

51 Int. Cl.:  
**F41G 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06742344 .2**

96 Fecha de presentación : **15.05.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1848953**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.10.2007**

54 Título: **Procedimiento para obtener una solución de dirección de tiro.**

30 Prioridad: **17.05.2005 DE 10 2005 023 739**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.12.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.12.2008**

73 Titular/es:  
**Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG.**  
**Krauss-Maffei-Strasse 11**  
**80997 München, DE**

72 Inventor/es: **Rothe, Hendrik y**  
**Schröder, Sven**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 309 961 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

Procedimiento para obtener una solución de dirección de tiro.

5 Es objeto de la invención un procedimiento para obtener una solución de dirección de tiro en presencia de un movimiento relativo entre un arma que dispara un proyectil y que puede moverse en azimut y elevación, y un objeto de blanco a impactar, con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

10 Como solución de dirección de tiro se calcula el par de valores de ángulo de azimut  $\alpha$  y ángulo de elevación  $\varepsilon$  a ajustar, con los cuales el punto de impacto del proyectil coincide con suficiente precisión y en el mismo momento, después del tiempo de vuelo del proyectil, con el lugar de ubicación del objeto de blanco.

15 El punto de partida de la invención es la dificultad de determinar el punto de impacto y el tiempo de vuelo de un proyectil disparado desde un arma móvil en azimut y elevación, es decir, resolver las llamadas ecuaciones diferenciales de movimiento de la balística exterior. El punto de impacto del proyectil y el tiempo de vuelo de éste dependen no sólo del ángulo de azimut y el ángulo de elevación ajustados, sino también de la munición empleada y de otras influencias tales como el viento y la temperatura. Debido al gran número y a la indeterminación de los parámetros no es posible en general calcular el punto de impacto del proyectil y el tiempo de vuelo de éste. Por este motivo, se aplican diferentes procedimientos de solución de ecuaciones diferenciales de movimiento, como, por ejemplo, la integración numérica, el empleo de tablas de disparo o aproximaciones. Es de destacar especialmente el Armaments Ballistic Kernel de la OTAN (NABK), el cual, empleando los parámetros de entrada, tales como ángulo de azimut, ángulo de elevación, munición y datos climatológicos, obtiene la trayectoria del vuelo del proyectil como una función del tiempo  $[x(t), y(t), z(t)]$ .

25 Los procedimientos citados proporcionan buenos resultados, pero solamente para el caso de que no se muevan ni el arma ni el objeto de blanco. Si se presenta un movimiento del arma, la trayectoria de vuelo del proyectil es influenciada por este movimiento. Si se presenta un movimiento del objeto de blanco, puede plantearse el caso de que el objeto de blanco ya no se encuentre en el punto de impacto del proyectil después del tiempo de vuelo de este proyectil.

30 Hasta ahora, la solución de dirección de tiro en el apuntamiento directo o indirecto en presencia de un movimiento relativo entre el arma y el objeto de blanco se obtiene de tal manera que se fija un gran número de pares de valores para azimut y elevación. Se resuelven entonces para éstos las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio de procedimientos correspondientes al estado de la técnica hasta que se haya encontrado la solución de dirección de tiro. El inconveniente en esta forma de proceder radica en que se tiene que fijar un gran número de pares de valores para azimut y elevación hasta que se haya encontrado la solución de dirección de tiro. El tiempo de cálculo así necesario para la reiterada solución de las ecuaciones diferenciales de movimiento dificulta una aplicación práctica del disparo con este procedimiento en presencia de un movimiento relativo cualquiera entre el arma y el objeto de blanco.

40 Se conoce por el documento DE 34 07 035 C1 una disposición de circuito para el cálculo de predicción a partir de las magnitudes de estado de objetos movidos.

El problema de la invención consiste en obtener con el menor número posible de soluciones de las ecuaciones diferenciales de movimiento una solución de dirección de tiro en el apuntamiento directo o indirecto en presencia de un movimiento relativo cualquiera entre el arma y el objeto de blanco.

45 La solución del problema se obtiene según la invención con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas se describen perfeccionamientos ventajosos.

Para la solución del problema, el procedimiento puede comprender ventajosamente las características siguientes:

50 En puntos marcados del arma y del objeto de blanco se fija un respectivo sistema de coordenadas  $(KS_{\text{arma}}, KS_{\text{blanco}})$ .

Cuando el proyectil abandona el cañón, se pone el tiempo  $t$  en un valor arbitrario, pero fijo  $t_{\text{fijo}}$ , por ejemplo  $t_{\text{fijo}} = 0$ .

55 Cuando el proyectil abandona el cañón, se pone el vector local del proyectil  $r_{\text{proyectil}}$  en un valor arbitrario, pero fijo  $r_{\text{fijo}}$ , por ejemplo  $r_{\text{fijo}} = 0$ .

El sistema de coordenadas  $KS_{\text{arma}}$  se convierte en el sistema inicial  $I^*$  fijo en el espacio para la obtención de la solución de dirección de tiro.

60 En la dirección del eje del ánima del cañón del arma se añade al vector de velocidad  $v_0$  el vector de velocidad de la boca del cañón  $v_M$  en el instante  $t = t_{\text{fijo}}$ , con lo que se obtiene la nueva velocidad inicial  $v_0^*$ . Se determina con relación a  $I^*$  el movimiento del objeto de blanco, representado por  $KS_{\text{blanco}}$ , con lo que se obtienen tanto un vector local del movimiento relativo  $r_{\text{rel}}$  como un vector dependiente del tiempo de la velocidad relativa  $v_{\text{rel}}$  con respecto a  $I^*$ .

65 El vector -obtenido con respecto a  $I^*$ - de la velocidad absoluta del viento  $v_w$  experimenta una corrección adecuada por medio del vector conocido del movimiento relativo  $v_{\text{rel}}$  entre el arma y el objeto de blanco para los cálculos balísticos, con lo que resulta un vector de la velocidad corregida del viento  $v_{w\text{corr}}$ .

## ES 2 309 961 T3

Se construye una función  $J(\alpha, \varepsilon)$  dependiente del ángulo de azimut  $\alpha$  y del ángulo de elevación  $\varepsilon$ , cuya función adopta un valor marcado  $J^*$ , por ejemplo un mínimo, un máximo o cero, cuando, después del tiempo de vuelo  $t_{\text{vuelo}}$ , coinciden con suficiente precisión los vectores locales -dependientes del tiempo, obtenidos con respecto a  $I^*$ - del proyectil y del objeto de blanco  $r_{\text{proyectil}}$  y  $r_{\text{rel}}$ .

Mediante procedimientos matemáticos adecuados se encuentra el valor marcado  $J^*$  de  $J(\alpha, \varepsilon)$  mediante el menor número posible de soluciones de las ecuaciones diferenciales de movimiento de la balística exterior.

En las figuras 1 y 2 se representa un posible ejemplo de realización de la invención. Muestran:

La figura 1, una representación esquemática de un sistema de arma y

La figura 2, un diagrama de desarrollo para obtener una solución de dirección de tiro.

La figura 1 muestra un sistema de arma en una representación esquemática, tal como éste se utiliza, por ejemplo, en un barco. Aparte del arma 1, este sistema presenta un accionamiento 2 de puntería en elevación y un accionamiento 3 de puntería en azimut, así como medios 4 de estabilización del arma. Asimismo, el sistema de arma presenta un ordenador 5 de dirección de tiro que controla algunas partes del sistema de arma. El ordenador 5 de dirección de tiro tiene, entre otros, el cometido de obtener la solución de dirección de tiro, es decir, determinar los valores para el ángulo de azimut y el ángulo de elevación de tal manera que se haga impacto en el objeto de blanco. En la figura 2 se ilustra el proceso de obtención de la solución de dirección de tiro. En lo que sigue se parte de la consideración de que se ha dado la orden de fuego por parte del responsable y se ha cargado el arma 1.

Los medios 4 de estabilización del arma tienen el cometido de compensar las influencias de los valores -medidos por sensores adecuados- de pitch, roll y yaw (cabeceo, balanceo y guiñada) originados por el oleaje o el movimiento propio del barco. En caso de que esté estabilizada el arma 1, se emite una señal "ESTABLE" y puede comenzar el proceso de puntería por medio del accionamiento 2 de puntería en elevación y el accionamiento 3 de puntería en azimut. Cuando el accionamiento 2 de puntería en elevación y el accionamiento 3 de puntería en azimut han alcanzado los valores de elevación y azimut prefijados por el ordenador 5 de dirección de tiro, estos accionamientos envían al ordenador de dirección de tiro las señales "LISTO". Este ordenador da entonces la orden "FUEGO" en el momento preseleccionado. Por motivos de simplicidad, el momento preseleccionado es el valor  $t = 0$  para los cálculos balísticos exteriores, pero en el instante de dar la orden de fuego por parte del responsable aquel momento está situado en un punto tan alejado en el futuro que quede tiempo suficiente para la obtención de los valores de azimut y elevación, el apuntamiento del arma 1 y eventualmente la estabilización de la misma.

En la figura 2 se representan los procesos que se desarrollan después de dar la orden de fuego en el ordenador 5 de dirección de tiro. Antes de que se comience a resolver por medio de integración numérica las ecuaciones diferenciales de movimiento de la balística exterior con ayuda del Armaments Ballistic Kernel de la OTAN (NABK) (Versión 6.0), se fijan las condiciones marginales siguientes:

Como ecuaciones diferenciales de movimiento de la balística exterior se aplican las de un modelo de masa puntual modificado (según STANAG 4355 de la OTAN).

Se fija el origen del sistema de coordenadas  $KS_{\text{arma}}$  en el punto medio de la boca del cañón del arma.

Se fija el origen del sistema de coordenadas  $KS_{\text{blanco}}$  en el punto de impacto deseado.

Cuando el proyectil abandona el cañón, se pone el tiempo  $t$  en el valor fijo  $t_{\text{fijo}} = 0$ .

Cuando el proyectil abandona el cañón, se pone el vector local del proyectil en el valor fijo  $r_{\text{proyectil}} = 0$ .

En la dirección del eje del ánima del cañón del arma se añade al vector de velocidad  $v_0$  el vector de velocidad de la boca del cañón  $v_M$  en el instante  $t_{\text{fijo}} = 0$ , con lo que se obtiene la nueva velocidad inicial  $v_0^*$ . Las velocidades  $v_M$  y  $v_0$  se determinan aquí con ayuda de medios técnicos adecuados y pueden considerarse como conocidas.

Se determina con relación a  $I^*$  el movimiento del objeto de blanco, representado por  $KS_{\text{blanco}}$ , con lo que se obtienen con respecto a  $I^*$  tanto un vector local del movimiento relativo  $r_{\text{rel}}$  como un vector -dependiente del tiempo- de la velocidad relativa  $v_{\text{rel}}$ . El punto inicial de  $r_{\text{rel}}$  está en el origen de  $I^*$ , es decir, en el punto medio de la boca del cañón en el instante  $t_{\text{fijo}} = 0$ .

Se añade al vector de la velocidad del viento  $v_W$  el vector de velocidad del movimiento relativo  $v_{\text{rel}}$  en el instante  $t_{\text{fijo}} = 0$ , con lo que resulta la velocidad corregida del viento  $v_{W\text{corr}}$ . La obtención de la velocidad  $v_{\text{rel}}$  puede efectuarse por medio de un radar Doppler o sensores optrónicos. La obtención de la velocidad  $v_W$  puede efectuarse por medio de sensores climatológicos adecuados.

Dado que  $I^*$  representa un sistema de coordenadas cartesianas con los ejes  $(x, y, z)$  y que, después del tiempo de vuelo del proyectil  $t_{\text{vuelo}}$ , los vectores  $r_{\text{proyectil}}$  y  $r_{\text{rel}}$  dentro del sistema  $I^*$  son iguales, resulta que:

## ES 2 309 961 T3

$$x_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) = x_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})$$

$$y_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) = y_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})$$

5

$$z_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) = z_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})$$

Puesto que sólo están disponibles las dos variables azimut  $\alpha$  y elevación  $\epsilon$ , se necesita una tercera variable, a saber, el tiempo de vuelo del proyectil  $t_{\text{vuelo}}$ , para poder resolver las ecuaciones anteriores. Por tanto, se prosigue la solución de las ecuaciones diferenciales de movimiento hasta que  $z_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) = z_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})$  o hasta que se cumpla con precisión suficiente:

10

$$\|z_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) - z_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})\| \leq \beta$$

15 en donde  $\beta$  es un pequeño valor positivo (tolerancia en altura).

Por tanto, el tiempo de vuelo del proyectil  $t_{\text{vuelo}}$  ya no es desconocido, es decir que el sistema ya no es indeterminado.

20 Se construye una función  $J(\alpha, \epsilon)$  dependiente del ángulo de azimut  $\alpha$  y del ángulo de elevación  $\epsilon$ , la cual adopta el valor marcado  $J^*$  igual a cero cuando, después del tiempo de vuelo  $t_{\text{vuelo}}$ , los vectores locales -dependientes del tiempo, obtenidos con respecto a  $I^*$ - del proyectil y el objeto de blanco  $r_{\text{proyectil}}$  y  $r_{\text{rel}}$  coinciden con suficiente precisión. Esta función se expresa como:

25

$$J \begin{pmatrix} \alpha \\ \epsilon \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{x}(\alpha, \epsilon) \\ \tilde{y}(\alpha, \epsilon) \end{pmatrix}$$

30 con

$$\tilde{x}(\alpha, \epsilon) = x_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) - (x_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}}))$$

$$\tilde{y}(\alpha, \epsilon) = y_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) - (y_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}}))$$

35

Los valores  $(\alpha^*, \epsilon^*)$  conducen a un punto cero de la función  $J(\alpha, \epsilon)$  y, por tanto, representan una solución de dirección de tiro.

40 Mediante procedimientos matemáticos adecuados se encuentra el valor marcado  $J^*$  de  $J(\alpha, \epsilon)$  con ayuda del menor número posible de soluciones de las ecuaciones diferenciales de movimiento de la balística exterior. Como procedimiento matemático para la determinación del punto cero se aplica el procedimiento de Newton-Raphson. Se emplean para ello las ecuaciones siguientes:

45

$$\bar{J} = \begin{pmatrix} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \epsilon} \\ \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \epsilon} \end{pmatrix}$$

50

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \epsilon \end{pmatrix}^{i+1} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \epsilon \end{pmatrix}^i - \bar{J}_i^{-1} \begin{pmatrix} \tilde{x} \\ \tilde{y} \end{pmatrix}^i$$

55

$$\bar{J}^{-1} = \frac{1}{\begin{pmatrix} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \epsilon} \\ \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \epsilon} \end{pmatrix}} \begin{pmatrix} \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \epsilon} & -\frac{\partial \tilde{x}}{\partial \epsilon} \\ -\frac{\partial \tilde{y}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \alpha} \end{pmatrix}$$

60

La figura 2 muestra esquemáticamente un diagrama de desarrollo para obtener una solución de dirección de tiro después de que se ha dado la orden de fuego [I]. En primer lugar, se resuelven [II] las ecuaciones diferenciales de movimiento de la balística exterior con valores iniciales  $\alpha_0$  para el ángulo de azimut y  $\epsilon_0$  para el ángulo de elevación por medio del NABK. El valor inicial  $\alpha_0$  resulta de la posición del arma y del objeto de blanco, y el valor inicial  $\epsilon_0$  resulta de la munición empleada y de la separación entre el arma y el objeto de blanco. Se archivan los valores obtenidos del punto de impacto del proyectil y del tiempo de vuelo de éste. Seguidamente, se realiza una integración adicional de las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio del NABK, si bien se varía [III] el valor de  $\alpha$  en

65

## ES 2 309 961 T3

la cuantía de un pequeño valor  $\delta\alpha$ . Se archivan también los valores obtenidos del punto de impacto del proyectil y del tiempo de vuelo de éste. A continuación, se realiza otra integración de las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio del NABK, si bien se varía [IV] el valor de  $\varepsilon$  en la cuantía de un pequeño valor  $\delta\varepsilon$ . Se archivan también los valores obtenidos del punto de impacto del proyectil y del tiempo de vuelo de éste. A partir de los resultados de cálculo  
5 archivados se pueden estimar las derivadas parciales de las coordenadas del blanco  $x_{\text{Serpenteo}}$  e  $y_{\text{Serpenteo}}$  según azimut y elevación por medio de una fórmula de diferencia de primer orden, cuyas derivadas forman [V] la matriz de Jacobi del problema. Después del cálculo de la inversa de la matriz de Jacobi se realiza [VI] el paso de Newton-Raphson según la ecuación indicada. Con los nuevos valores resultantes para el ángulo de azimut  $\alpha$  y para el ángulo de elevación  $\varepsilon$  se resuelven de nuevo [VII] las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio del NABK. Se puede  
10 insertar en la función J el punto de impacto del proyectil ahora obtenido para comprobar si se ha encontrado [VIII] un punto cero o al menos una aproximación suficiente. Por tanto, cuando el valor del funcional del blanco J es menor que un valor prefijado, tal como, por ejemplo, 10 metros, para cada coordenada  $x_{\text{Serpenteo}}$  e  $y_{\text{Serpenteo}}$ , se ha encontrado entonces [IX] la solución de dirección de tiro. Sin embargo, cuando el valor es mayor que el valor prefijado para una coordenada  $x_{\text{Serpenteo}}$  o  $y_{\text{Serpenteo}}$ , se realiza entonces [III] - [VIII] una iteración adicional hasta que se encuentre  
15 una solución de dirección de tiro. Por tanto, en el primer bucle se tienen que resolver cuatro veces las ecuaciones diferenciales de movimiento de la balística exterior y en cada iteración se tienen que resolver entonces tres veces estas ecuaciones. Se puede suponer que en general se tienen que realizar a lo sumo cuatro iteraciones hasta que se encuentre la solución de dirección de tiro, con lo que se suma el número de soluciones de las ecuaciones diferenciales de movimiento hasta un total de dieciséis. No obstante, un moderno ordenador de dirección de tiro necesita para ello  
20 solamente un breve tiempo de cálculo, de modo que con la aplicación del procedimiento se puede realizar la obtención de una solución de dirección de tiro en presencia de un movimiento relativo entre un arma que dispara un proyectil y un objeto de blanco que ha de ser alcanzado por éste.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para obtener una solución de dirección de tiro en presencia de un movimiento relativo entre un arma que dispara un proyectil y un objeto de blanco que ha de ser alcanzado por éste,

- en el que se puede regular el arma en el ángulo de azimut  $\alpha$  y el ángulo de elevación  $\varepsilon$ ,
- en el que se pueden determinar por medio de un procedimiento de solución de ecuaciones diferenciales de movimiento el punto de impacto del proyectil y el tiempo de vuelo de éste para valores prefijados del ángulo de azimut  $\alpha$  y el ángulo de elevación  $\varepsilon$ , así como para una munición prefijada y teniendo en cuenta influencias exteriores, especialmente teniendo en cuenta datos climatológicos,
- en el que se varían así frecuentemente el ángulo de azimut  $\alpha$  y el ángulo de elevación  $\varepsilon$  como parámetros de entrada del procedimiento de solución de ecuaciones diferenciales de movimiento hasta que, teniendo en cuenta la velocidad del arma y la velocidad del objeto de blanco, se encuentre una solución de dirección de tiro,
- en el que se emplea una función  $J(\alpha, \varepsilon)$  que adopta un valor marcado  $J^*$ , especialmente el valor cero, para el caso de que el ángulo de azimut y el ángulo de elevación representen una solución de dirección de tiro, y
- en el que se varían iterativamente el ángulo de azimut  $\alpha$  y el ángulo de elevación  $\varepsilon$  con dirección al blanco y empleando procedimientos matemáticos, especialmente por medio de procedimientos de búsqueda de un punto cero, de tal manera que se encuentre el valor marcado  $J^*$ .

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la función  $J(\alpha, \varepsilon)$  tiene la configuración siguiente:

$$J \begin{pmatrix} \alpha \\ \varepsilon \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{x}(\alpha, \varepsilon) \\ \tilde{y}(\alpha, \varepsilon) \end{pmatrix}$$

en donde se cumple que:

$$\begin{aligned} \tilde{x}(\alpha, \varepsilon) &= x_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) - (x_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})) \\ \tilde{y}(\alpha, \varepsilon) &= y_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}}) - (y_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})) \end{aligned}$$

con

- $x_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}})$ ,  $y_{\text{proyectil}}(t_{\text{vuelo}})$ : coordenadas x e y del proyectil para el tiempo de vuelo  $t_{\text{vuelo}}$  de éste
- $x_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})$ ,  $y_{\text{rel}}(t_{\text{vuelo}})$ : coordenadas x e y del objeto de blanco para el tiempo de vuelo  $t_{\text{vuelo}}$  del proyectil.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque como procedimiento matemático se emplea el procedimiento iterativo de Newton-Raphson, variándose en dirección al blanco el ángulo de azimut  $\alpha$  y el ángulo de elevación  $\varepsilon$  según la ecuación siguiente:

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \varepsilon \end{pmatrix}^{i+1} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \varepsilon \end{pmatrix}^i - \bar{J}_i^{-1} \begin{pmatrix} \tilde{x} \\ \tilde{y} \end{pmatrix}^i$$

con la matriz de Jacobi

$$\bar{J} = \begin{pmatrix} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \varepsilon} \\ \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \varepsilon} \end{pmatrix}$$

y

$$\bar{J}^{-1} = \frac{1}{\begin{pmatrix} \frac{\partial \bar{x}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \bar{y}}{\partial \epsilon} \\ \frac{\partial \bar{x}}{\partial \epsilon} & \frac{\partial \bar{y}}{\partial \alpha} \end{pmatrix}} \begin{pmatrix} \frac{\partial \bar{y}}{\partial \epsilon} & -\frac{\partial \bar{x}}{\partial \epsilon} \\ -\frac{\partial \bar{y}}{\partial \alpha} & \frac{\partial \bar{x}}{\partial \alpha} \end{pmatrix}$$

4. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por los pasos de procedimiento siguientes:

i. se resuelven las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio del procedimiento de solución de ecuaciones diferenciales de movimiento para un par de valores iniciales  $(\alpha_0, \epsilon_0)$ ,

ii. se resuelven las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio del procedimiento de solución de ecuaciones diferenciales de movimiento para un par de valores  $(\alpha', \epsilon)$ , con  $\alpha' = \alpha + \delta\alpha$ , es decir, con un ángulo de azimut variado con respecto al paso anterior, en particular ligeramente variado,

iii. se resuelven las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio del procedimiento de solución de ecuaciones diferenciales de movimiento para un par de valores  $(\alpha, \epsilon')$ , con  $\epsilon' = \epsilon + \delta\epsilon$ , es decir, con un ángulo de elevación variado con respecto al paso anterior, en particular ligeramente variado,

iv. se determina al menos aproximadamente la matriz de Jacobi,

v. se aplica el procedimiento de Newton-Raphson, que proporciona un nuevo par de valores  $(\alpha, \epsilon)$ ,

vi. se resuelven las ecuaciones diferenciales de movimiento por medio del procedimiento de solución de ecuaciones de movimiento para el nuevo par de valores  $(\alpha, \epsilon)$ , y

vii. se comprueba si se ha encontrado una solución de dirección de tiro, y para el caso de que no se haya encontrado ninguna solución de dirección de tiro, se prosigue iterativamente el procedimiento en el paso ii. de esta reivindicación.

5. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el procedimiento de solución de ecuaciones diferenciales de movimiento es asistido por el Armaments Ballistic Kernel de la OTAN.

6. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque en puntos marcados del arma y del objeto de blanco se fijan sendos sistemas de coordenadas  $KS_{\text{arma}}$  y  $KS_{\text{blanco}}$ .

7. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque, cuando el proyectil abandona el cañón del arma, se pone el tiempo  $t$  en un valor arbitrario, pero fijo  $t_{\text{fijo}}$ , especialmente  $t_{\text{fijo}} = 0$ .

8. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque cuando el proyectil abandona el cañón del arma, se pone el vector local del proyectil  $r_{\text{proyectil}}$  en un valor arbitrario, pero fijo  $r_{\text{fijo}}$ , especialmente  $r_{\text{fijo}} = 0$ .

9. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque se ajusta el sistema de coordenadas  $KS_{\text{arma}}$  con respecto al sistema inicial  $I^*$  fijo en el espacio.

10. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque se añade al vector de velocidad  $v_0$  en la dirección del eje del ánima del cañón del arma el vector de velocidad de la boca del cañón  $v_M$  en el instante  $t = t_{\text{fijo}}$ , con lo que resulta la nueva velocidad inicial  $v_0^*$ .

11. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque se determina con relación a  $I^*$  el movimiento del objeto de blanco, representado por  $KS_{\text{blanco}}$ , con lo que resultan con respecto a  $I^*$  tanto un vector local del movimiento relativo  $r_{\text{rel}}$  como un vector dependiente del tiempo para la velocidad relativa  $v_{\text{rel}}$ .

12. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque el vector obtenido con respecto a  $I^*$  para la velocidad absoluta del viento  $v_W$  experimenta una corrección adecuada para los cálculos balísticos por medio del vector conocido del movimiento relativo  $v_{\text{rel}}$  entre el arma y el objeto de blanco, con lo que resulta un vector de la velocidad corregida del viento  $V_{W\text{corr}}$ .

13. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque la obtención de la solución de dirección de tiro se realiza por medio de un ordenador de dirección de tiro.

14. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** porque el ordenador de dirección de tiro genera por medio de la solución de dirección de tiro obtenida unas señales de control que se alimentan a un accionamiento de puntería en azimut y a un accionamiento de puntería en elevación para reajustar el arma en azimut y elevación.

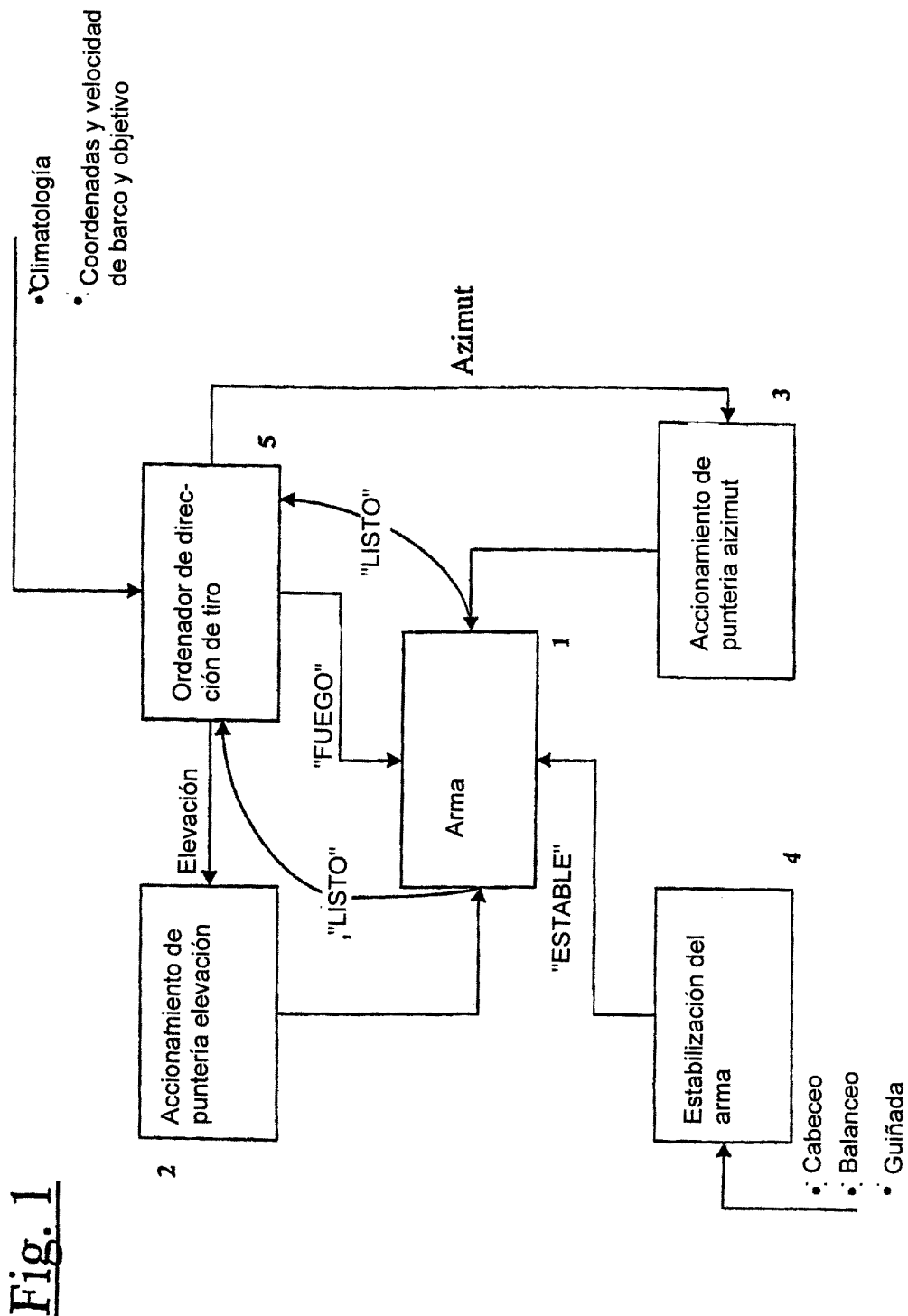


Fig. 2

