

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 902**

51 Int. Cl.:

G01S 7/02 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.12.2010 PCT/IL2010/001086**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2011 WO2011080737**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2010 E 10810799 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2519834**

54 Título: **Un sistema y procedimiento para detectar explosivos y armas ocultos**

30 Prioridad:

29.12.2009 IL 20301509

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

08.06.2017

73 Titular/es:

**ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES LTD. (100.0%)
Ben Gurion International Airport
70100 Lod, IL**

72 Inventor/es:

**MARIANER, SHLOMO;
GREENBERG, IGAL;
MAROM, ELI y
SHACHAM, ZEEV**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 615 902 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

Un sistema y procedimiento para detectar explosivos y armas ocultos

Campo de la invención

Esta invención se refiere a un sistema y procedimiento para detectar explosivos y armas ocultos.

5 Antecedentes de la invención

Las actividades terroristas se han convertido en un problema creciente en todo el mundo. Estas incluyen bombardeos suicida que portan explosivos, terroristas armados que portan varias armas ocultas, y también misiles y lanzacohetes de diferentes tamaños escondidos entre arbustos u otro tipo de vegetación.

Técnica relacionada:

10 El documento US 6,967,612 desvela "un sistema y procedimiento para la detección en parado de explosivos portados por humanos (HCE) es un sistema portátil que detecta automáticamente HCE hasta un alcance de 200 metros y en cuestión de segundos alerta a un operador de amenaza de HCE. El sistema solo tiene un radar, o tanto un radar como sensores de vídeo, un procesador multisensor, una consola de operador, pantallas portátiles, y un enlace de comunicaciones inalámbrico de banda ancha. El procesador recibe las entradas de radar y de vídeo y automáticamente rastrea y detecta todos los humanos en un campo de visión. Los datos de rastreo apuntan continuamente el radar de haz estrecho hacia un sujeto de interés, interrogando el radar repetidamente los objetos apuntados, produciendo un perfil de alcance de radar de multipolaridad para cada caso de interrogación. Los perfiles de alcance y las características asociadas se fusionan automáticamente a lo largo del tiempo hasta que se acumulan suficientes pruebas para respaldar una hipótesis de declaración de amenaza/no amenaza. Una vez se ha tomado una determinación, el sistema alerta a los operadores a través de una pantalla portátil y mitiga la amenaza si se desea".

25 El documento JP 2009 210332 describe un sistema para identificar un objetivo (tal como un arma de fuego), que comprende medios de obtención de imagen de radar multipolarización que forman una imagen de radar multipolarización realizando la transmisión y recepción en una pluralidad de canales de polarización, un medio de cálculo de potencia completa para emitir una imagen de potencia completa mediante el cálculo de la potencia completa relativa a cada imagen de la imagen de radar de multipolarización, y medios de cómputo para identificar el objetivo en función de una descomposición del autovalor de una matriz de covarianza y el cálculo de los parámetros entropía y alfa polarimétricos.

30 El documento "Supervised feature-based classification of multi-channel SAR images" de Borghys y col., describe un procedimiento para la clasificación supervisada de imágenes SAR polarimétricas.

El documento "Through-the-Wall Small Weapon Detection Based on Polarimetric Radar Techniques" de T. Dogaru y col., describe un enfoque basado en técnicas de radar polarimétrico para detectar ciertas armas a través de las paredes.

35 Existe una necesidad en la técnica para detectar enemigos que porten explosivos o armas a una distancia segura y proporcionar una alerta apropiada en el momento oportuno antes de que el explosivo y/o las armas se activen contra objetivos amigos, tales como civiles inocentes.

Existe otra necesidad en la técnica para detectar una amenaza tal como misiles o lanzacohetes escondidos (por ejemplo, ocultos entre los arbustos) y distinguir entre estos y rocas, árboles u otros objetos inofensivos detectados, facilitando así la destrucción o desarticulación de la amenaza.

40 Sumario de la invención

De conformidad con ciertas realizaciones, el radar de onda continua de frecuencia modulada (FMCW) coherente totalmente polarizado se usa para detectar y rastrear objetivos de interés. El uso del radar FMCW coherente facilita la generación de mapas de alcance Doppler en los que se detectan y rastrean los objetivos. La frecuencia de cada pulso aumenta linealmente y el espacio total cubierto es la denominada anchura de banda. Como bien es sabido, el FMCW posibilita separar los objetivos en diferentes alcances, donde la resolución de alcance es inversamente proporcional a la anchura de banda. Los pulsos consecutivos se procesan entonces para obtener la frecuencia Doppler (proporcional a la proyección de velocidad del objetivo en la línea de visión del radar). La resolución Doppler es inversamente proporcional al tiempo de integración (es decir, el número de pulsos procesados).

50 Volviendo a los mapas de alcance Doppler, para cada detección de un objetivo a lo largo de un rastreo se analizan las correlaciones entre los diferentes elementos de la matriz de dispersión de polarización. La naturaleza de estas correlaciones muestra que tiene características que posibilitan la identificación de presencia de explosivos o armas ocultas y otros objetivos de interés.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un sistema que incluye un radar FMCW coherente

totalmente polarizado, una tarjeta de analógico a digital (A2D) y de procesador digital de señal (DSP) en un PC y en una cámara de vídeo usados únicamente con fines de vigilancia. El sistema procesa los datos para obtener mapas de alcance Doppler, realiza la detección del objetivo y calcula las características polarimétricas del objetivo en tiempo real. Los datos se analizan y se enciende una bandera de alarma en función de los resultados del análisis.

5 Por consiguiente, se proporciona un procedimiento para detectar explosivos o armas escondidos, que comprende

(a) transmitir una señal en diferentes canales de polarización hacia un objeto, siendo dicha señal de radar una señal de onda continua de frecuencia modulada (FMCW) o pulsada o de onda continua (CW);

(b) recopilar la energía retrodispersada en diferentes canales de polarización desde el objeto;

10 (c) determinar los parámetros que dependen de al menos los canales de polarización de señal transmitida y los canales de polarización de energía retrodispersada, proporcionando una indicación si existen explosivos o armas escondidos en el objeto en función de dichos parámetros en el que dicha determinación de los parámetros estipulados en (c) incluye

15 i) la evaluación de las matrices de dispersión de polarización total de las células de alcance Doppler que pertenecen al objeto;

ii) el cálculo de la correlación entre los elementos de las matrices de dispersión de polarización de media en dichas células de alcance Doppler, dando lugar a una matriz de covarianza;

iii) el análisis de los resultados polarimétricos de la matriz de covarianza; los resultados polarimétricos incluyen el autovalor más grande y el autovector que le corresponde;

20 iv) la evaluación de las estadísticas de dichos autovalor y autovector a partir de varias detecciones del objeto;

v) la determinación, en función de la evaluación, de si se detectan explosivos o armas escondidos, y si es así:

vi) la generación de una indicación de que existen explosivos o armas escondidos en el objeto.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento en el que dichos diferentes canales de polarización son de polarización horizontal y de polarización vertical.

25 De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento en el que dicho objeto es un humano que porta explosivos y/o armas ocultos.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento en el que dicho objeto son arbustos y en el que dichos explosivos o armas están ocultos en los arbustos.

30 De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento en el que dicha transmisión es en polarizaciones circulares.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento que comprende además la obtención de imágenes de dicho objeto.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento configurado para usarse en una plataforma móvil para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto estacionario.

35 De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento configurado para usarse en una plataforma estacionaria para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto estacionario.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento en el que dicho objeto son arbustos.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento en el que dichos explosivos o armas incluyen misiles o lanzacohetes escondidos.

40 De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento configurado para usarse en una plataforma móvil para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto en movimiento.

De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento configurado para usarse en una plataforma estacionaria para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto en movimiento.

45 De conformidad con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema para detectar explosivos o armas escondidos, que comprende

un transmisor de radar configurado para transmitir una señal en diferentes canales de polarización hacia un objeto, dicho transmisor de radar estando configurado para transmitir una señal de onda continua de frecuencia modulada (FMCW) o pulsada o CW;

50 el receptor configurado para recibir la energía retrodispersada en diferentes canales de polarización desde el objeto;

un procesador configurado para determinar parámetros que dependen de al menos los canales de polarización de señal transmitida y de los canales de polarización de energía retrodispersada, proporcionando una indicación si existen explosivos o armas escondidos asociados con el objeto en función de dichos parámetros, en el que dicha determinación de los parámetros incluye

i) la evaluación de las matrices de dispersión de polarización total de las células de alcance Doppler que

pertenecen al objeto;

ii) el cálculo de la correlación entre los elementos de las matrices de dispersión de polarización de media en dichas células de alcance Doppler, dando lugar a una matriz de covarianza;

5 iii) el análisis de los resultados polarimétricos de la matriz de covarianza; los resultados polarimétricos incluyen el autovalor más grande y el autovector que le corresponde;

iv) la evaluación de las estadísticas de dichos autovalor y autovector a partir de varias detecciones del objeto;

v) la determinación, en función de la evaluación, de si se detectan explosivos o armas escondidos, y si es así:

vi) la generación de una indicación de que existen explosivos o armas asociados al objeto.

10 De conformidad con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema para detectar explosivos o armas escondidos, que comprende un

- un módulo transmisor/receptor polarimétrico que está configurado para alternar entre transmisiones de señal polarizada horizontales y verticales utilizando una antena de transmisor;
- un receptor configurado para recibir una señal retrodispersada y dividir la señal recibida en componentes verticales (V) y horizontales (H);
- 15 ▪ un A2D configurado para recibir dichos componentes verticales (V) y horizontales (H) a través de canales V y H y convertir las señales retrodispersadas en señales digitales;
- un procesador configurado para procesar las señales digitalizadas para determinar si el objeto oculta explosivos o armas.

20 De conformidad con ciertas realizaciones, se proporciona un procedimiento en el que dicho módulo es un módulo de onda continua de frecuencia modulada (FMCW) o pulsado o CW.

Breve descripción de los dibujos

Para entender la invención y ver cómo debería llevarse a cabo en la práctica, a continuación se describirá una realización preferente, únicamente a modo de ejemplo no limitante, en relación con los dibujos que acompañan, en los que:

25 La **figura 1** ilustra una disposición esquemática general de un sistema de conformidad con ciertas realizaciones de la invención;

la **figura 2** ilustra una arquitectura del sistema general, de conformidad con ciertas realizaciones de la invención;

la **figura 3** ilustra una secuencia de operación generalizada de un sistema de conformidad con ciertas realizaciones de la invención;

30 la **figura 4** es una representación gráfica que ilustra la utilización del umbral para identificar un humano armado; y

la **figura 5** es una representación gráfica que ilustra la utilización de la función de distribución acumulada para identificar un humano armado.

Descripción detallada de la invención

35 Pasando ahora a la figura 1, se muestra una disposición esquemática general de un sistema de conformidad con ciertas realizaciones de la invención. Como se muestra, una videocámara adaptada en un sistema **12** (impulsado a través de la fuente de alimentación **17**) que incorpora un sistema de radar transmisor/receptor configurado para transmitir un haz de onda continua de frecuencia modulada (FMCW) que cubre el objeto de interés entero o parte de este (en este ejemplo particular, una persona sospechosa **13** que potencialmente porta explosivos y/o armas ocultos). Un medio de formación de imagen (tal como una videocámara **11**) está alineado con el sistema de radar de operación mediante un motor de posicionamiento **14**. El sistema **12** se comunica con el ordenador **15** adaptado con capacidades DSP mejoradas para realizar el procesamiento pertinente de las señales reflejadas que se reciben por el receptor del sistema **12**, como se comentará con más detalle después. El ordenador **16** puede usarse, por ejemplo, para grabar en vídeo la escena y/o el análisis resultante (por ejemplo, la indicación de si se han descubierto 45 sustancias explosivas).

Obsérvese que de conformidad con ciertas otras realizaciones, se usa un radar pulsado o CW.

Teniendo esto en cuenta, se hace referencia a la figura 2, que ilustra la arquitectura del sistema generalizada de conformidad con ciertas realizaciones de la invención. Como se muestra, el sistema incluye una unidad **21** de fuente de alimentación acoplada a un módulo **22** transmisor/receptor polarimétrico FMCW que está configurado para alternar entre las transmisiones de haz polarizado horizontales y verticales (a través de una antena **23** de transmisor) hacia el objeto de interés. La antena **24** de receptor recibe la señal retrodispersada, se divide en vertical (V) y horizontal (H), se procesa en el módulo **22** y se introduce a través de dos canales V (**25**) y H (**26**) hacia un A2D **28** y DSP **29** en el ordenador **27**. El PC y el módulo DSP **29** asociado (que sirve para acelerar el cómputo) están configurados para procesar la señal digitalizada para determinar si el objeto oculta explosivos o armas, como se describirá con más detalle después. También se muestra una videocámara **201** acoplada a un monitor **202** de vídeo de PC portátil para vigilar y puede que apuntar a un objetivo específico. El objetivo puede ocultar explosivos o armas. La videocámara está alineada a la antena permitiendo la recepción de la imagen de vídeo del objeto que se ilumina por el haz de radar. De conformidad con ciertas realizaciones, los medios de formación de imagen (tal como 55

la videocámara especificada) no solo están configurados para vigilar el objeto de interés, sino que también pueden servir para apuntarlo (por ejemplo, con un haz de láser).

Ya que la señal transmitida es coherente, el procesamiento Doppler puede también realizarse generando así cuatro mapas de alcance Doppler (uno por cada combinación de polarizaciones de transmisión-recepción).

5 Obsérvese también que si el sistema de la figura 2 ilustra un radar estacionario designado para rastrear un objeto en movimiento (tal como un humano armado) o uno estacionario (por ejemplo, explosivos o armas, escondidos en, por ejemplo, arbustos), igualmente se aplica a una plataforma en movimiento (por ejemplo, un radar aerotransportado) designado para rastrear objetos estacionarios o en movimiento, *mutatis mutandis*. De conformidad con ciertas realizaciones los explosivos o armas pueden incluir misiles o lanzacohetes escondidos ocultos en, por ejemplo, arbustos.

A continuación se hace referencia a la figura 3, que ilustra una secuencia de operaciones de etapas de procesamiento de señal, de conformidad con ciertas realizaciones de la invención. Así,

15 en la etapa **31**, el procedimiento para detectar armas o explosivos ocultos comienza. En la etapa **32**, se generan y evalúan los mapas de alcance Doppler. En la etapa **33** el objetivo se detecta y rastrea en función de sus características energéticas y dimensionales (suma de intensidades en todos los canales de polarización). Después (**34**), se evalúan las matrices de dispersión de polarización de las células de alcance Doppler (RD, por sus siglas en inglés) que pertenecen al objetivo.

20 Después **35**, se calculan las correlaciones entre los elementos de las matrices de dispersión de polarización para obtener la matriz de covarianza, sus autovalores y sus autovectores, todo como se explicará con mayor detalle después.

Las etapas **31** y **35** especificadas se repiten mientras se rastrea el objetivo y se agrupan sus parámetros así como los resultados de las correlaciones de polarización para varios mapas (por ejemplo 50) dan lugar a la longitud del rastreo, por ejemplo en el último ejemplo 50.

25 En el caso en el que la longitud de rastreo excede de 50, entonces en la etapa **37** se evalúan las estadísticas de los autovalores' y autovectores' (de una manera que se comentará con mayor detalle después). En función del análisis, se toma una decisión y se proporciona una indicación **38** de si se ha detectado explosivo o arma oculto y, en caso afirmativo, se activan las medidas apropiadas **39** (tales como una alarma).

30 De conformidad con ciertas realizaciones la detección de los explosivos/armas ocultos puede sincronizarse con los medios de formación de imagen que pueden o bien vigilar el objeto objetivo, o bien apuntar al mismo en caso de detección.

Para entender mejor las etapas de cómputo descritas en relación con la figura 3, se hace referencia al siguiente comentario:

Así, en la etapa **34**, una vez que se ha detectado el objetivo, la matriz S de dispersión se define por la ecuación 1:

$$\begin{bmatrix} E_h \\ E_v \end{bmatrix}_{rec} = \begin{bmatrix} S_{hh} & S_{hv} \\ S_{vh} & S_{vv} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_h \\ E_v \end{bmatrix}_{tr} \quad (1)$$

35 donde el vector de transmisión está compuesto de la señal polarizada horizontalmente (señalada con E_h) y la señal polarizada verticalmente (señalada con E_v).

Las señales digitalizadas retrodispersadas recibidas están compuestas de una matriz de retrodispersión 2 x 2 con los siguientes elementos:

40 S_{hv} que representa la señal retrodispersada en el canal vertical (**25** de la figura 2) originada desde la señal polarizada horizontalmente transmitida. Obsérvese que en un humano armado este valor es relativamente alto en comparación con un humano desarmado. La razón subyacente es que, a diferencia del cuerpo humano, que tiende a dispersar el haz de radar incidente en la misma dirección (es decir, que el haz polarizado horizontalmente incidente estará sustancialmente retrodispersado en la dirección horizontal), los explosivos/armas ocultos tienden a dispersar el haz incidente también en otras direcciones. Así, por ejemplo, un haz polarizado horizontalmente se dispersará también en dirección vertical.

S_{hh} , que representa la señal retrodispersada en el canal polarizado horizontalmente (**26** en la figura 23) originada desde la señal polarizada horizontalmente transmitida;

45 S_{vh} , que representa la señal retrodispersada en el canal polarizado horizontalmente (**25** de la figura 2) originada desde la señal polarizada verticalmente transmitida. Obsérvese que en un humano armado este valor es relativamente alto en comparación con un humano desarmado.

S_w , que representa la señal retrodispersada en el canal vertical (**26** de la figura 2) originada desde la señal polarizada verticalmente transmitida.

La multiplicación del vector de transmisión por la matriz de retrodispersión resulta en el "vector recibido" compuesto de los elementos E_h y E_v de la ecuación 1.

- 5 De conformidad con la etapa **35**, ya que es de interés la correlación entre los elementos de la matriz S de dispersión sobre los grupos de células de alcance Doppler, es conveniente alternar a una notación vectorial como sigue (ecuación 2):

$$Z = \begin{bmatrix} S_{hh} \\ S_{vh} \\ S_{hv} \\ S_{vv} \end{bmatrix} \quad (2)$$

- 10 Así mismo, de conformidad con la etapa 35, la matriz de covarianza se presenta entonces con la ecuación (3), como sigue:

$$C = \langle Z \otimes Z^+ \rangle = \begin{bmatrix} S_{hh} \\ S_{vh} \\ S_{hv} \\ S_{vv} \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} S_{hh}^* & S_{vh}^* & S_{hv}^* & S_{vv}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle |S_{hh}|^2 \rangle & \langle S_{hh} S_{vh}^* \rangle & \langle S_{hh} S_{hv}^* \rangle & \langle S_{hh} S_{vv}^* \rangle \\ \langle S_{vh} S_{hh}^* \rangle & \langle |S_{vh}|^2 \rangle & \langle S_{vh} S_{hv}^* \rangle & \langle S_{vh} S_{vv}^* \rangle \\ \langle S_{hv} S_{hh}^* \rangle & \langle S_{hv} S_{vh}^* \rangle & \langle |S_{hv}|^2 \rangle & \langle S_{hv} S_{vv}^* \rangle \\ \langle S_{vv} S_{hh}^* \rangle & \langle S_{vv} S_{vh}^* \rangle & \langle S_{vv} S_{hv}^* \rangle & \langle |S_{vv}|^2 \rangle \end{bmatrix} \quad (3)$$

- 15 Obsérvese que cada elemento en la matriz de covarianza 4 x 4 incluye dos elementos seleccionados del grupo de S_{hh} , S_{hv} , S_{vh} y S_{vv} como se comentó en relación con la ecuación 1 anterior. Obsérvese también que "*" denota el conjugado complejo del número complejo y $\langle \rangle$ denota la media sobre todas las células relevantes. Así, asumiendo que un determinado haz polarizado horizontalmente incide en un objetivo humano, es probable que las señales retrodispersadas se reflejen desde algunos lugares del cuerpo humano. Se calcula la media de estas señales reflejadas multiplicadas y los valores de media $\langle |S_{hh}|^2 \rangle$, $\langle S_{hh}, S_{vh}^* \rangle$, $\langle S_{hh}, S_{hv}^* \rangle$, $\langle S_{hh}, S_{vv}^* \rangle$, $\langle S_{vh}, S_{hh}^* \rangle$, $\langle |S_{vh}|^2 \rangle$, $\langle S_{vh}, S_{hv}^* \rangle$, $\langle S_{vh}, S_{vv}^* \rangle$, $\langle S_{hv}, S_{vh}^* \rangle$, $\langle |S_{hv}|^2 \rangle$, $\langle S_{hv}, S_{vv}^* \rangle$, $\langle S_{vv}, S_{hh}^* \rangle$, $\langle S_{vv}, S_{vh}^* \rangle$, $\langle S_{vv}, S_{hv}^* \rangle$, y $\langle |S_{vv}|^2 \rangle$ se usan en la matriz de correlación.

- 20 Aún de conformidad con la etapa **35**, para analizar las propiedades de la matriz C de covarianza, se calculan los autovalores y sus autovectores. Como es bien sabido, la suma de los autovalores es $tr(C)$ (es decir, la energía total

reflejada desde el objetivo). El autovector correspondiente presenta los componentes relativos de las cuatro diferentes combinaciones de polarización de transmisión-recepción (TR).

De conformidad con ciertas realizaciones, los autovalores se normalizan (dividiendo la matriz C por su traza para obtener $tr(C) = 1$). Los autovalores V también se normalizan de tal manera que $|V| = 1$. Obsérvese que la matriz C tiene cuatro autovalores y cuatro autovectores correspondientes (uno para cada autovalor). De conformidad con ciertas realizaciones, solo se consideran el autovalor más grande y sus valores de autovector correspondientes. Por supuesto, la invención no está limitada por considerar los autovalores/autovectores de la manera especificada y tampoco por el uso de los valores más grandes de los mismos.

De conformidad con ciertas realizaciones, toda la información sobre las correlaciones polarimétricas está contenida en los autovalores y autovectores de la matriz C. La descripción de después elabora, de conformidad con ciertas realizaciones, como trazar diferentes materiales en el espacio autovalor-autovector.

Obsérvese que la invención no está limitada a las notaciones especificadas. Obsérvese también que la implementación de las etapas **34** y **35** no está limitada a la secuencia de los cálculos especificada.

La utilización de los autovalores y autovectores (como se comentó a modo de ejemplo anteriormente), para determinar si el objeto oculta armas y/o armamento (etapa **37** y **38**) se entenderá mejor en relación con las figuras 4 y 5 de abajo).

Pasando primero a la figura 4, esta ilustra los gráficos que representan un umbral que sirve para la identificación de si el objeto está armado o desarmado. La ordenada denota los autovalores normalizados mientras que la abscisa denota el porcentaje de población acumulativo. Como se ha explicado anteriormente, el autovalor normalizado para una persona desarmada es, teóricamente, 1. Sin embargo, en supuestos de la vida real, es probable que se encuentren ciertas desviaciones. Por consiguiente, considere X (por ejemplo 50) mediciones consecutivas (es decir, detecciones de objetivo). En cada medición, las señales de radar polarizadas horizontal y verticalmente se transmiten hacia el objeto, y las señales retrodispersadas se separan en componentes de polarización verticales y horizontales, y después se digitalizan y procesan para obtener el mapa RD y detectar los objetivos. Para cada objetivo, la matriz de covarianza apropiada y sus autovalores y autovectores se calculan de la manera comentada con detalle anteriormente, y se registran sus valores. Teóricamente, para una persona desarmada, un 100 % de la población (es decir, todas las mediciones X) deberían presentar un autovalor de casi 1. Esto se denota por el valor (x, y) **41** en la función de distribución acumulativa de una persona desarmada en la figura 4. Sin embargo, en ciertas mediciones, por ejemplo 5 mediciones, (es decir, el 10 % de las 50 mediciones totales) el autovalor es menor que 0,95. Esto se denota por el valor (x,y) **42** y está dentro del error estadístico esperado.

Pasando ahora al grafo discontinuo de la figura 4 que representa la función de distribución acumulativa del autovalor de un objeto armado donde, como se comentó con detalle anteriormente, existe una retrodispersión significativa en el canal polarizado transversalmente (es decir, transmitir una señal polarizada horizontalmente produce una significativa retrodispersión polarizada verticalmente y viceversa). Por consiguiente, el autovalor resultante es, en muchos casos (tal como, por ejemplo, en el 25 % de las mediciones, concretamente en 13 de las 50 mediciones) menor que 0,86 y para el 10 % menor que 0,76. Los últimos puntos se representan como los valores (x,y) **43** y **44** en la figura 4 en el grafo que representa una persona armada.

Obsérvese que la descripción en relación con la figura 4 enfocada principalmente a autovalores se reproduce más con fines ilustrativos, mientras que los resultados más precisos se consiguen analizando, no solo los autovalores, sino también los autovectores.

Pasando ahora a la figura 5, esta muestra una representación gráfica que ilustra la utilización de un umbral para identificar una persona armada. Los datos trazados son autovalores en la ordenada en comparación con autovectores en la abscisa. La línea **51** separa las mediciones de tal manera que los puntos por debajo de la línea (por ejemplo, **53**) indican una persona armada, mientras que los puntos por encima de la misma (por ejemplo, **52**) indican una persona sin armas.

Considerando, por ejemplo, 50 mediciones, cada punto representado en la figura 5 es a autovalor (ordenada), de tal manera que el 10 % de los autovalores de objetivos' evaluados en estas mediciones están por debajo de la misma y a autovector (abscisa) de tal manera que el 10 % de los autovectores de objetivos' evaluados en estas mediciones están por debajo de la misma. Así, considerando el valor (x,y) **52**, el valor de ordenada 0,89 denota que el 10 % de las mediciones (es decir, 5 de 50) tuvieron autovalores que cayeron por debajo de 0,89. El valor de abscisa de 0,54 indica que el 10 % de las mediciones (es decir, 5 de 50) tuvieron autovectores que cayeron por debajo de 0,54. Ya que las coordenadas de **52** (0,54; 0,89) son tales que este punto está por encima de la línea de separación **51**, este pertenece a una persona desarmada (como fue de hecho el caso). Pasando ahora al punto **53** de la figura 5, este punto está a autovalor 0,82 y a autovector 0,43, concretamente, en el 10 % de los objetivos examinados el autovalor estaba por debajo de 0,82 y similarmente el 10 % de los objetivos examinados tuvo autovectores menores que 0,43. Considerando que el punto **53** (0,43; 0,82) está por debajo de la línea **51**, este pertenece a una persona armada (de acuerdo con la configuración experimental).

De conformidad con ciertas realizaciones, es suficiente analizar un valor de 50 mediciones (por ejemplo, el **52** o **53**

comentados anteriormente). De conformidad con ciertas otras realizaciones puede aplicarse un cierto criterio a una pluralidad de tales puntos antes de llevar a cabo la conclusión, por ejemplo, requerir un conjunto de unos pocos puntos que se encuentran por debajo de la línea 51 para indicar la detección de una persona armada.

5 Esto se denota por el valor (x,y) 52 que indica que el 10 % de la población tiene un autovalor normalizado menor que 0,9.

En el caso de la detección, puede recurrirse a medios apropiados tales como una alarma, orientar medios de formación de imagen tales como una videocámara hacia el objeto detectado, varios medios de aniquilación y/u otros según el caso.

10 Obsérvese que los valores numéricos en las figuras 4 y 5 se proporcionan únicamente con fines ilustrativos y no reflejan necesariamente los valores de la vida real.

Obsérvese que la invención no se limita a la utilización específica de los autovalores y autovectores para determinar una persona armada o desarmada, como se describe en relación con la figura 5.

15 Asumiendo, a modo de ejemplo no limitante, que toda medición (incluyendo el procesamiento) tarda aproximadamente 60 ms, entonces en 50 mediciones (es decir, en 3 segundos) puede activarse una alarma en el caso de que se haya detectado un humano armado. Obsérvese que de conformidad con ciertas realizaciones, pueden rastrearse múltiples objetivos.

20 A menos que se especifique lo contrario, como es evidente a partir de los siguientes comentarios, se aprecia que a lo largo de los comentarios de la memoria descriptiva, la utilización de términos tales como "procesamiento", "cómputo", "cálculo", "determinación", "evaluación", "análisis" o similares, se refiere a la acción y/o los procesos de un ordenador o sistema informático, o procesador o dispositivo informático electrónico similar, que manipulan y/o transforman los datos representados como cantidades físicas, tales como electrónicas, en los registros del sistema informático y/o las memorias en otros datos, representados similarmente como cantidades físicas en las memorias del sistema informático, registros u otro dispositivo de almacenamiento de información, transmisión o visualización.

25 Las realizaciones de la presente invención pueden usar términos tales como procesador, ordenador, aparato, sistema, subsistema, módulo, unidad, dispositivo (en forma individual o plural) para realizar las operaciones del presente documento. Esto puede construirse especialmente para los fines deseados, o puede comprender un ordenador con fines generales activado o reconfigurado selectivamente por un programa informático almacenado en el ordenador. Tal programa informático puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible informático, tal como, pero no limitándose a, cualquier tipo de disco incluyendo discos ópticos, CD-ROMs, discos magneto-ópticos, memorias de solo lectura (ROMs), memorias de acceso aleatorio (RAMs), memorias de solo lectura programables eléctricamente (EPROMs), memorias de solo lectura programables y borrables eléctricamente (EEPROMs), tarjetas ópticas o magnéticas, cualquier otro tipo de medio adecuado para almacenar instrucciones electrónicas que son capaces de transportarse a través de un bus de sistema informático.

35 Los procesos/dispositivos (o términos equivalentes especificados anteriormente) y las visualizaciones presentadas en el presente documento no están relacionados inherentemente a ningún ordenador u otro aparato en particular, a menos que se especifique lo contrario. Varios sistemas con fines generales pueden usarse con programas de conformidad con las enseñanzas del presente documento, o puede demostrarse que son convenientes para construir un aparato más especializado que realice el procedimiento deseado. La estructura deseada para una variedad de estos sistemas aparecerá a partir de la descripción de después. Además, las realizaciones de la presente invención no se describen en relación con ningún lenguaje de programación en particular. Se apreciará que pueden usarse una variedad de lenguajes de programación para implementar las enseñanzas de las invenciones como se describen en el presente documento. Como se usa en el presente documento, las frases "por ejemplo", "tal como" y variantes de las mismas que describen implementaciones a modo de ejemplo de la presente invención son a modo de ejemplo en esencia y no limitantes. La referencia en la memoria descriptiva a "una realización" (de número), "una realización" (indeterminada), "algunas realizaciones", "otra realización", "otras realizaciones" o variaciones de las mismas significan que una característica, estructura o rasgo particular descrita en conexión con la(s) realización(es) está incluida en al menos una realización de la invención. Así, la aparición de la frase "una realización" (de número), "una realización" (indeterminada), "algunas realizaciones", "otra realización", "otras realizaciones" o variaciones de las mismas no necesariamente se refieren a la(s) misma(s) realización(es). Se aprecia que ciertas características de la invención que se describen, para aclarar, en el contexto de realizaciones separadas, pueden también proporcionarse en combinación con una única realización. En cambio, varios rasgos de la invención que se describen, para abreviar, en el contexto de una única realización, pueden proporcionarse también separadamente o en cualquier subcombinación adecuada. Mientras tanto, la invención que se ha mostrado y descrito en relación con realizaciones particulares no está por lo tanto limitada. Se presentan a continuación al lector las numerosas modificaciones, cambios y mejoras en el alcance de la invención.

También se entenderá que el sistema de acuerdo con la invención puede ser un ordenador adecuadamente programado. Igualmente, la invención contempla un programa informático que es legible por un ordenador para ejecutar el procedimiento de la invención. La invención contempla además una memoria legible por máquina que

realiza tangiblemente un programa de instrucciones ejecutable por la máquina para ejecutar el procedimiento de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para detectar explosivos o armas escondidos, que comprende:
 - (a) transmitir una señal de radar en diferentes canales de polarización hacia un objeto, siendo dicha señal de radar una señal de onda continua de frecuencia modulada (FMCW) o pulsada o CW;
 - 5 (b) recopilar la energía retrodispersada en diferentes canales de polarización desde el objeto;
 - (c) determinar los parámetros que dependen de al menos los canales de polarización de señal transmitida y los canales de polarización de energía retrodispersada, proporcionando una indicación si existen explosivos o armas escondidos en el objeto en función de dichos parámetros, en el que dicha determinación de los parámetros estipulados en (c) incluye
 - 10 i) la evaluación (34) de las matrices de dispersión de polarización total de las células de alcance Doppler que pertenecen al objeto;
 - ii) el cálculo (35) de la correlación entre los elementos de las matrices de dispersión de polarización de media en dichas células de alcance Doppler, dando lugar a una matriz de covarianza;
 - 15 iii) el análisis de los resultados polarimétricos de la matriz de covarianza; los resultados polarimétricos incluyen el autovalor más grande y el autovector que le corresponde;
 - iv) la evaluación (37) de las estadísticas de dichos autovalor y autovector a partir de varias detecciones del objeto;
 - v) la determinación (38), en función de la evaluación, de si se detectan explosivos o armas escondidos, y si es así;
 - 20 vi) la generación (39) de una indicación de que existen explosivos o armas escondidos en el objeto.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos canales de polarización diferentes son de polarización horizontal y polarización vertical.
3. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que dicho objeto es un ser humano (13) que porta explosivos y/o armas ocultos.
- 25 4. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que dicho objeto son arbustos y en el que dichos explosivos o armas están ocultos en los arbustos.
5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha transmisión es en polarizaciones circulares.
6. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la obtención de imágenes de dicho objeto.
- 30 7. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores configurado para usarse en una plataforma móvil para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto estacionario.
8. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, configurado para usarse en una plataforma estacionaria para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto estacionario.
- 35 9. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que dichos explosivos o armas incluyen misiles o lanzacohetes escondidos.
10. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, configurado para usarse en una plataforma móvil para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto en movimiento.
11. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, configurado para usarse en una plataforma estacionaria para detectar explosivos o armas escondidos en un objeto en movimiento.
- 40 12. Un sistema para detectar explosivos o armas escondidos, que comprende:
 - un transmisor de radar (23) configurado para transmitir una señal en diferentes canales de polarización hacia un objeto, dicho transmisor de radar estando configurado para transmitir una señal de onda continua de frecuencia modulada (FMCW) o pulsada o CW;
 - 45 el receptor (24) configurado para recibir la energía retrodispersada en diferentes canales de polarización desde el objeto;
 - un procesador configurado para determinar parámetros que dependen de al menos los canales de polarización de señal transmitida y de los canales de polarización de energía retrodispersada, proporcionando una indicación si existen explosivos o armas escondidos asociados con el objeto en función de dichos parámetros, en el que dicha determinación de los parámetros incluye
 - 50 i) la evaluación (34) de las matrices de dispersión de polarización total de las células de alcance Doppler que pertenecen al objeto;
 - ii) el cálculo (35) de la correlación entre los elementos de las matrices de dispersión de polarización de media en dichas células de alcance Doppler, dando lugar a una matriz de covarianza;
 - iii) el análisis de los resultados polarimétricos de la matriz de covarianza; los resultados polarimétricos incluyen el

autovalor más grande y el autovector que le corresponde;

iv) la evaluación (37) de las estadísticas de dichos autovalor y autovector a partir de varias detecciones del objeto;

5 v) la determinación (38), en función de la evaluación, de si se detectan explosivos o armas escondidos, y si es así:

vi) la generación (39) de una indicación de que existen explosivos o armas escondidos asociados con el objeto.

13. El sistema de la reivindicación 12 en el que:

10 el transmisor de radar (23) está configurado para alternar entre transmisiones de señal polarizadas horizontales y verticales, el receptor (24) está configurado para recibir una señal retrodispersada y dividir la señal recibida en componentes vertical (V) y horizontal (H),
comprendiendo el sistema además un A2D configurado para recibir dichos componentes vertical (V) y horizontal (H) a través de canales V y H y convertir las señales retrodispersadas en señales digitales, estando configurado el procesador para procesar las señales digitalizadas para determinar si el objeto oculta
15 explosivos o armas.

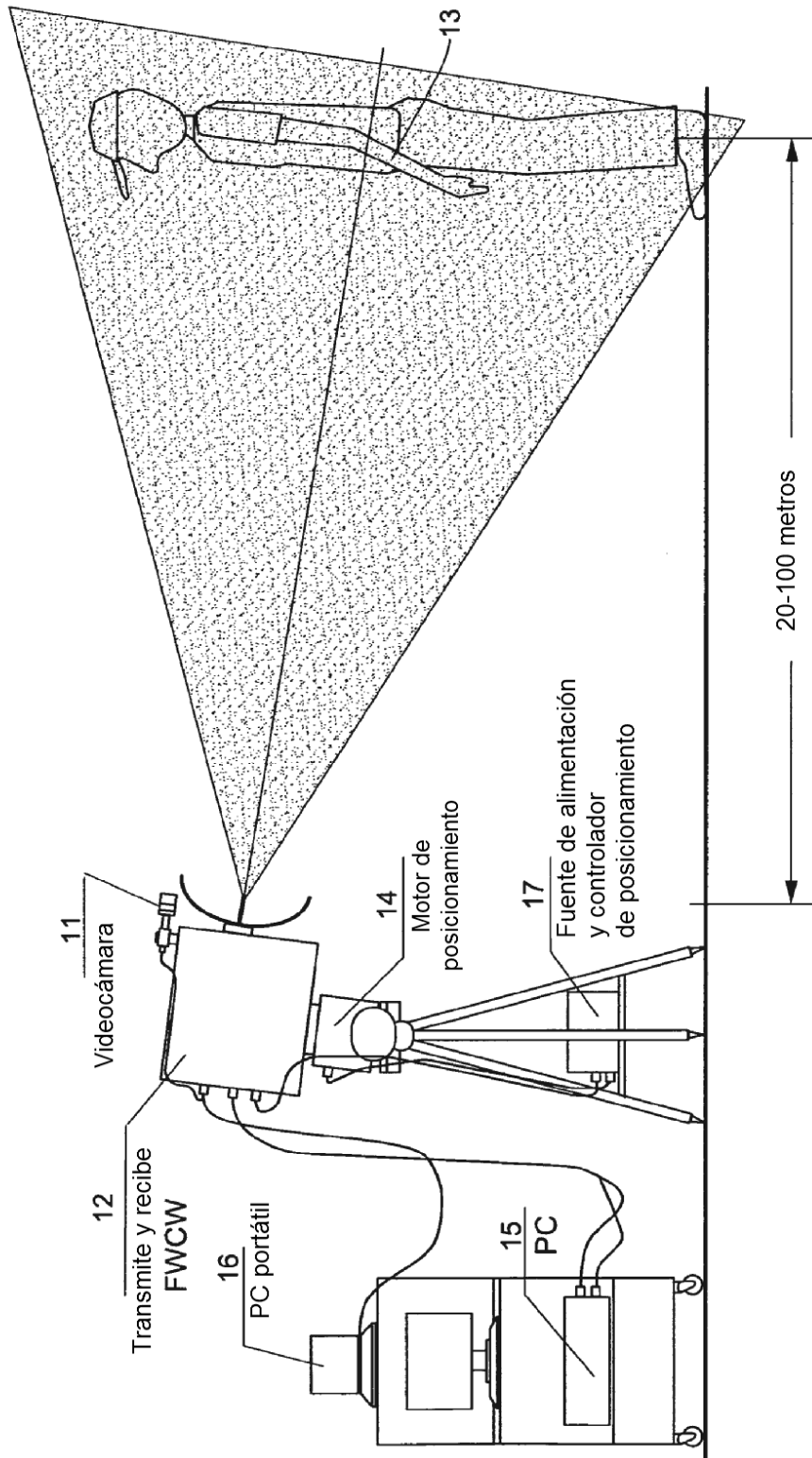


Fig. 1

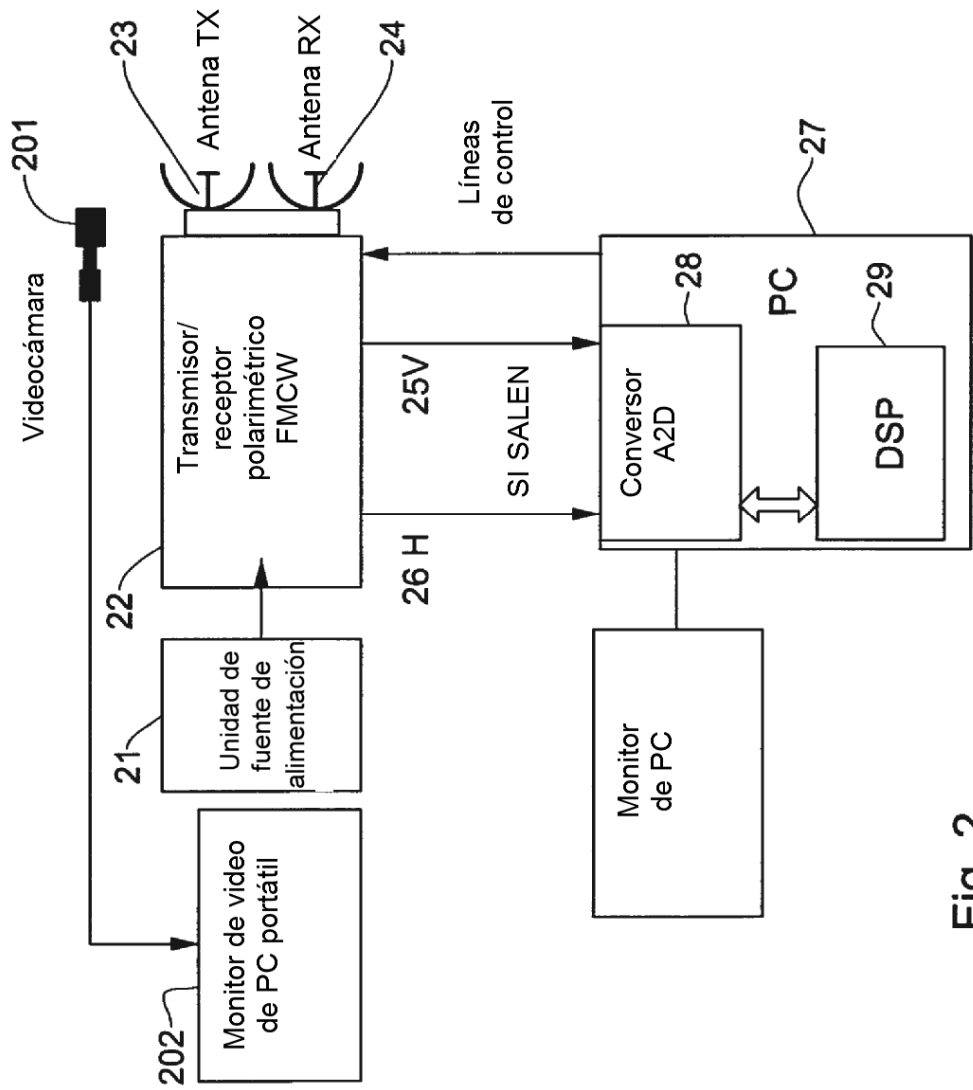


Fig. 2

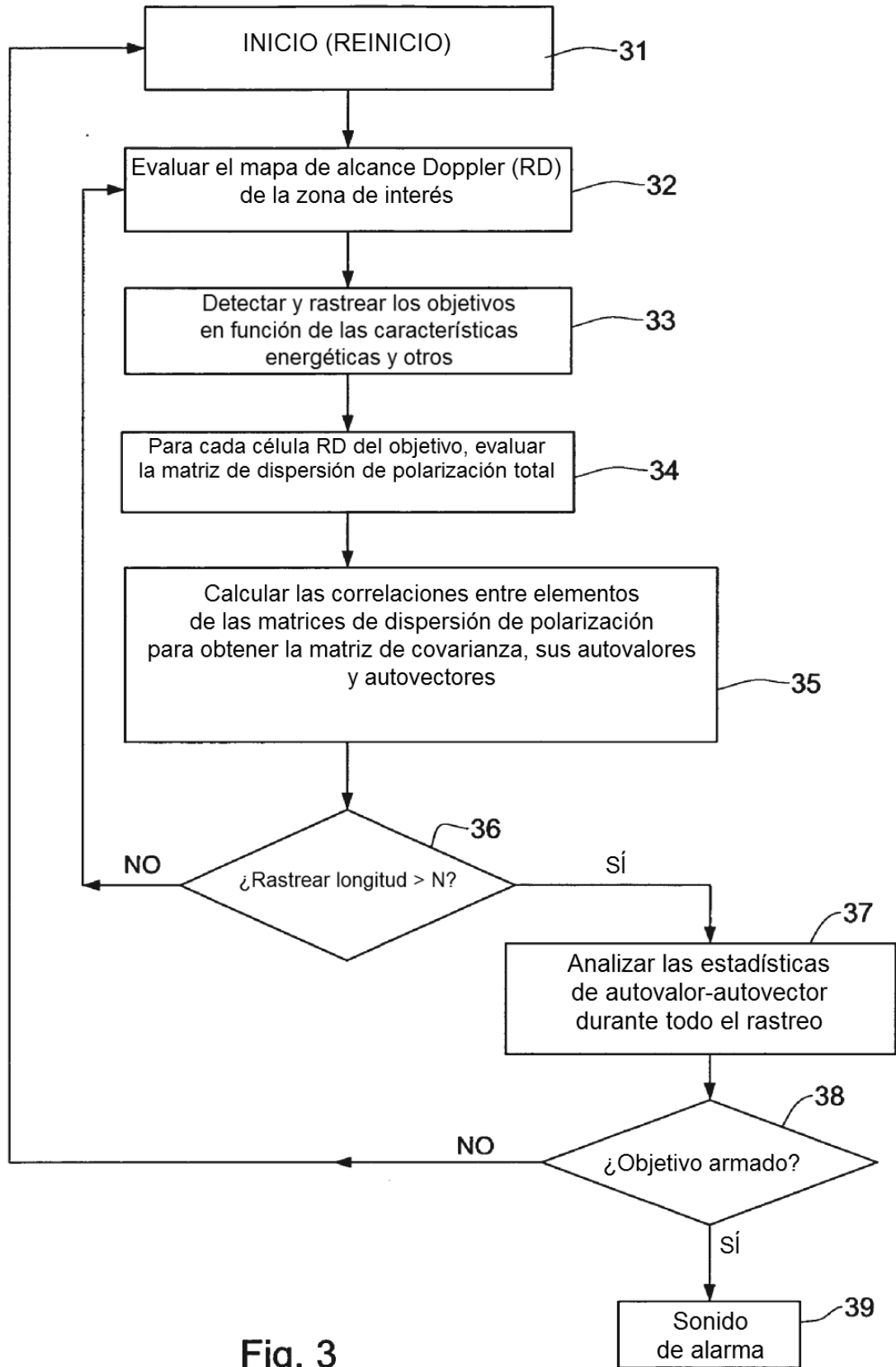


Fig. 3

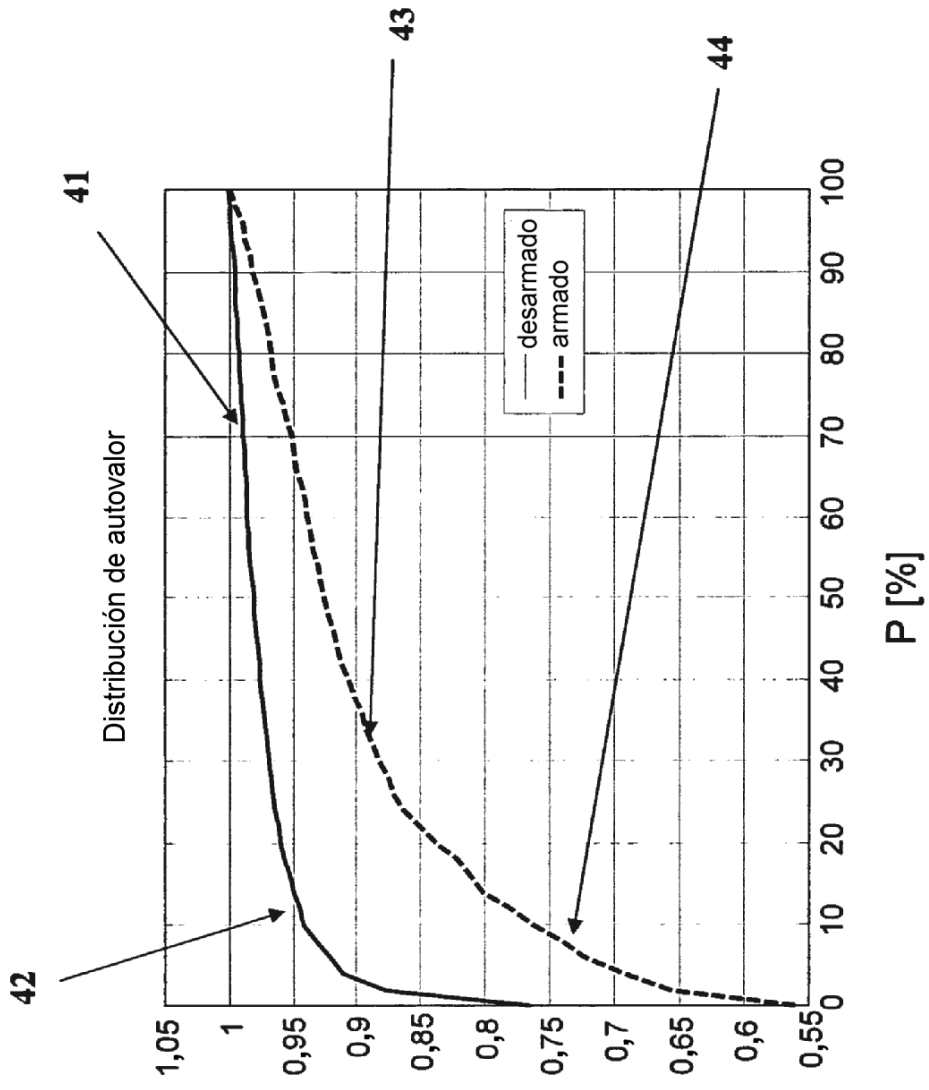


Fig. 4

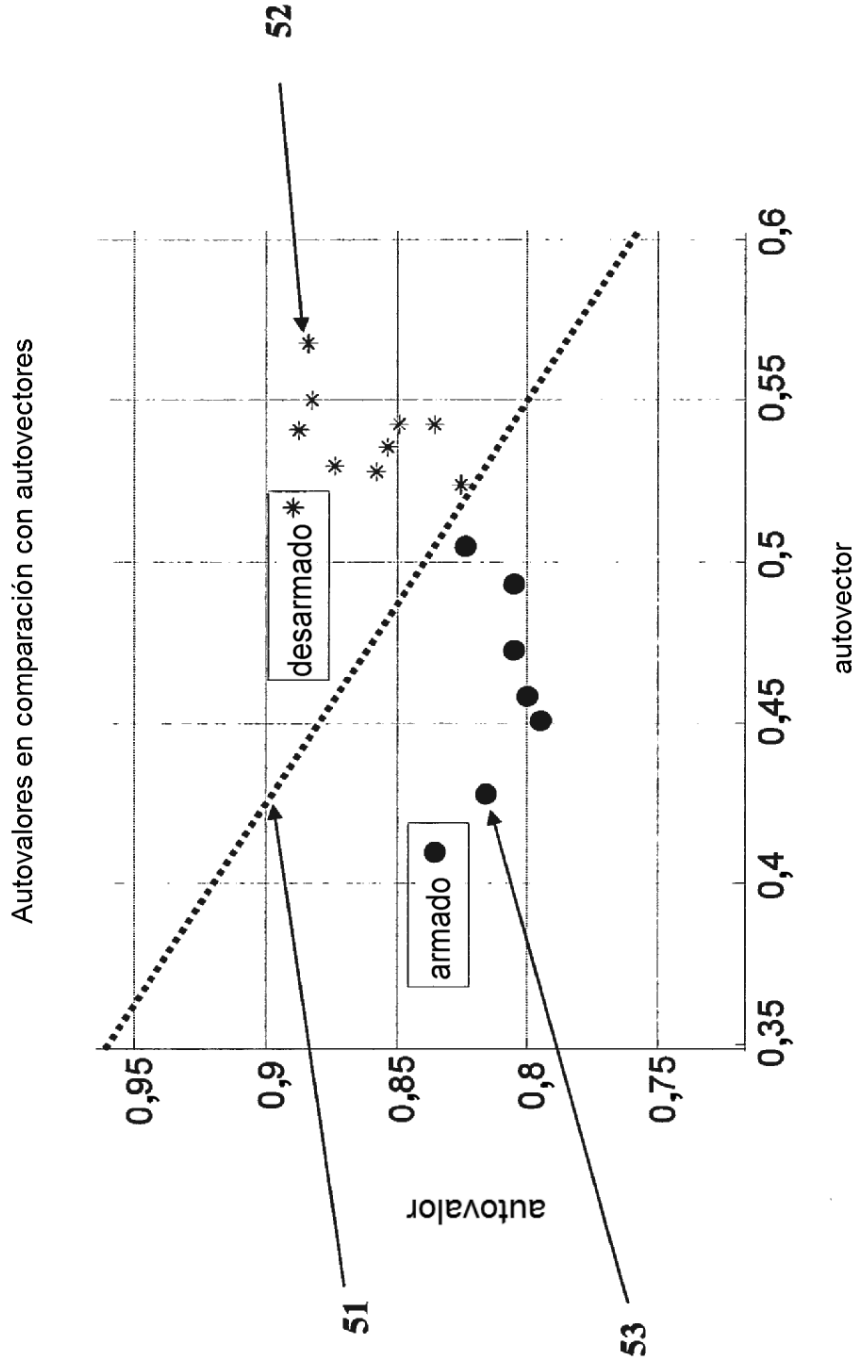


Fig. 5