(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 421 285**

(21) Número de solicitud: 201132098

(51) Int. CI.:

F16P 3/14 (2006.01)
B21D 55/00 (2006.01)
B25J 19/06 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

23.12.2011

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

30.08.2013

Fecha de la concesión:

28.10.2014

(45) Fecha de publicación de la concesión:

04.11.2014

(73) Titular/es:

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA (100.0%)
Vicerrectorado de Investigación. Transferencia e Innovación. Avda. de Elvas, s/n
06006 Badajoz (Badajoz) ES

(72) Inventor/es:

FERNÁNDEZ MUÑOZ, Juan Álvaro y
MORENO RABEL, María Dolores

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

(54) Título: **SISTEMA CON FINES DE DETECCIÓN Y PREVENCIÓN ACTIVA E INMEDIATA DE RIESGOS EN MAQUINARIA INDUSTRIAL**

(57) Resumen:

Sistema con fines de detección y prevención activa en inmediata de riesgos en maquinaria industrial.

La presente invención se refiere a un sistema de detección y prevención de peligros o riesgos laborales en maquinaria industrial mediante monitorización visual continua del entorno de operación de la maquinaria y análisis de las imágenes de vídeo capturadas, que comprende para ello al menos una cámara capaz de cubrir de forma conjunta la zona de trabajo ocupada por la maquinaria y su entorno de seguridad.

La información digital obtenida desde ésta una o más cámaras permite la observación en detalle de los sucesos ocurridos en dicha primera zona de trabajo y dicho entorno de seguridad.

El sistema además comprende un módulo de control que analiza la información proveniente de la o las cámaras y que determina la existencia de riesgos laborales en el entorno industrial monitorizado.

Este módulo de control también es encargado de enviar la señal, en caso necesario, para bloquear o desbloquear la maquinaria industrial, según el estado de seguridad del entorno de seguridad, el estado de la maquinaria y de la existencia de riesgos laborales, con el fin de evitar accidentes laborales.

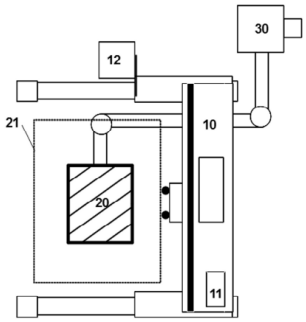


FIG. 1

ES 2 421 285 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema y método con fines de detección y prevención activa e inmediata de riesgos en maquinaria industrial

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se engloba en el sector industrial donde se utiliza maquinaria que desarrolla su actividad de manera automática sobre una zona de trabajo –normalmente una mesa o banco de trabajo-, y es controlada de forma semiautomática por un operario.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Las máquinas industriales a las que es aplicable la presente invención verifican los siguientes requisitos:

- Permiten su movimiento en el sistema de ejes cartesianos.

- Permiten su control de forma semiautomática mediante un dispositivo de control numérico computerizado (CNC), cuadro de mando o similar.

- Realizan la labor industrial que tienen asociada de forma automática.

- La actividad industrial se lleva a cabo sobre una mesa o banco de trabajo, en la cual debe intervenir el operario a lo largo de su jornada de trabajo para realizar las siguientes actividades:

• Colocar el material a manipular sobre la mesa o banco de trabajo de la máquina industrial, consistente generalmente en una o varias piezas o láminas de material, teniendo en cuenta los requisitos espaciales adecuados establecidos para la correcta operación de dicha máquina.

• Quitar los obstáculos existentes en la mesa o banco de trabajo o en el entorno circundante, que impidan o dificulten la activación de la maquinaria industrial en cuestión por presencia de riesgos.

• Configurar la máquina industrial, indicando en qué punto del espacio (coordenada cartesiana relativa a su sistema de ejes) debe comenzar a realizar su labor, así como cualquier configuración específica de la máquina en cuestión que ésta deba saber y, forzosamente, tenga que ser proporcionada por el operario para su correcta operación.

• Retirar el material manipulado por la maquinaria industrial, tanto piezas útiles como desechos, resultado de la actividad industrial llevada a cabo por la maquinaria.

Ejemplo de máquinas de este tipo son:

– Las máquinas rectificadoras, tanto planas como de doble cinta automáticas, encargadas de lijar piezas de metal.

– Las máquinas de electroerosión (EDM) por penetración de gran tamaño, empleadas para desbastar piezas de metal.

– Las sierras automáticas circulares encargadas del corte de madera, metales y plásticos.

– Las cortadoras de perfiles de espuma, utilizadas tanto en la industria textil como en la automovilística.

– Los bancos de soldadura automática.

– Las máquinas de corte de material laminado, como chapa y acero (corte por plasma, oxigás o láser), planchas de mineral, como mármol y granito (corte por chorro de agua y arena) y papel o cartón (corte mediante guillotina), entre otras.

En este tipo de máquinas industriales existen elevados riesgos laborales derivados de la actividad de la propia máquina. De acuerdo con lo indicado en el Informe Nacional de Accidentes de Trabajo de 2010, los riesgos potencialmente peligrosos asociados a estos tipos de maquinaria son los siguientes: atrapamiento o amputación (23,9%), choque o golpe contra un objeto en movimiento, colisión (19,5%) y aplastamiento sobre o contra un objeto móvil (12,4%).

Hasta la fecha, el principal campo de aplicación de los sistemas de seguridad activa (SSA) es el sector automovilístico, en el que existen diversas invenciones relativas a promover la seguridad de los peatones, conductores y ocupantes del vehículo, mediante sistemas enfocados a la actuación sobre el frenado, la dirección, el sistema de suspensión, los neumáticos y su adherencia al suelo, la iluminación y los sistemas de control de estabilidad del vehículo, entre otros.

De entre estos SSA, algunos están basados en sistemas de visión artificial (SVA), incluyendo sistemas y dispositivos para la activación y regulación automática de la iluminación de los faros, la detección de señales de tráfico, la activación y regulación automática del limpiaparabrisas, la detección de obstáculos (incluyendo peatones) en la trayectoria

del vehículo y el aparcamiento automático del vehículo, entre otros.

Otros SVA con fines de seguridad existentes son aquellos diseñados para la protección anti-intrusión y antirrobo, utilizados principalmente en museos y bancos. El objeto de estos sistemas no es la protección de la persona, sino del objeto.

En el sector industrial existen SVA de inspección de piezas, cuya finalidad es verificar si la pieza que se está inspeccionando mediante dicho SVA cumple con las características mínimas que deben tener las piezas de su

mismo tipo, o bien cuya finalidad es la de identificar y clasificar piezas del mismo tipo.

Los únicos sistemas de protección ante riesgos existentes para el operario en el sector industrial son los de seguridad pasiva, que incluyen barreras de seguridad y alfombras de protección, entre otros, cuyo único objetivo es reducir la gravedad de las lesiones producidas en caso de accidente, y nunca evitar el propio accidente.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La invención se refiere a un sistema y método que tienen como objeto la detección y prevención activa e inmediata de riesgos laborales en maquinaria industrial según las reivindicaciones 1 y 5 respectivamente. Realizaciones preferidas del sistema y del método se definen en las reivindicaciones dependientes.

La invención se refiere a un sistema de detección y prevención activa e inmediata de riesgos laborales en maquinaria industrial que tiene asociada una primera zona de trabajo, fija en el tiempo, e incluye al menos un subcircuito de protección.

El sistema comprende:

- al menos un dispositivo de captura de imágenes situado respecto a dicha maquinaria industrial de forma que capta una imagen completa de dicha zona primera de trabajo más un entorno de seguridad circundante a dicha primera zona de trabajo, produciendo una imagen única en color y a una resolución preestablecida de dicha primera zona de trabajo más su entorno de seguridad;

- al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico (preferiblemente un relé o dispositivo electromecánico) conectado a dicho al menos un subcircuito de protección de la maquinaria industrial; y,

- al menos una unidad de procesamiento que incluye comunicación con dicho al menos un dispositivo de captura de imágenes y con dicho al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la unidad de procesamiento además comprende:

- un módulo de control configurado para realizar cíclicamente un análisis de dicha imagen única producida en cada intervalo de tiempo preestablecido por el, al menos uno, dispositivo de captura de imágenes.

La invención se refiere también a un método de detección y prevención de riesgos en maquinaria industrial (10, 10') que tiene asociada una primera zona (20) de trabajo e incluye al menos un subcircuito de protección caracterizado porque el método comprende los siguientes pasos:

- producir una imagen única en color y a una resolución preestablecida de dicha primera zona (20) de trabajo más un entorno (21) de seguridad circundante a dicha primera zona de trabajo;

- realizar cíclicamente un análisis de dicha imagen única producida en cada intervalo de tiempo preestablecido, dependiendo dicho análisis de si la maquinaria industrial está en estado disponible o no disponible, o si está en movimiento, en donde dicho análisis comprende:

- obtención de una primera máscara binaria de diferencias entre dicha imagen única producida en el intervalo de tiempo actual y una imagen de referencia de dicha primera zona de trabajo y de su entorno de seguridad, en donde dicha imagen de referencia depende de si dicha maquinaria industrial está en estado disponible o no, o si está en movimiento;

- obtención de una segunda máscara binaria de diferencias entre dicha imagen única producida en el intervalo de tiempo actual y una imagen única producida en el intervalo de tiempo anterior al actual;

- donde dicho método además comprende:

realizar una división de dicha primera zona de trabajo y su entorno de seguridad en:

- una segunda zona de acción, variable en el tiempo, contenida en dicha primera zona de trabajo y siendo en

dicha segunda zona de acción en donde la maquinaria industrial está desarrollando en cada momento su actividad;

- una tercera zona de peligro, variable en el tiempo, que en cada momento comprende una parte de la primera zona de trabajo y de su entorno de seguridad, situada alrededor de la maquinaria industrial y de dicha segunda zona de acción y con unas dimensiones preestablecidas;

- una cuarta zona de advertencia, también variable en el tiempo, definida en cada momento como una región del entorno de seguridad y de la primera zona de trabajo que no es segunda zona de acción ni tercera zona de peligro;

- analizar dichas primera y segunda máscaras para determinar si hay movimiento en la tercera zona de peligro y/o en la cuarta zona de advertencia, o si hay objetos en la tercera zona de peligro y/o en la cuarta zona de advertencia, determinándose:

- que existe movimiento en la tercera zona de peligro y/o en la cuarta zona de advertencia y/o en la segunda zona de acción si la maquinaria industrial no está en funcionamiento, cuando el área total de píxeles diferentes en la tercera zona de peligro y/o en la cuarta zona de advertencia y/o en la segunda zona de acción, si la maquinaria industrial no está en funcionamiento, de la segunda máscara es superior a un primer valor previamente establecido;

- que existe uno o más objetos en la tercera zona de peligro y/o en la cuarta zona de advertencia cuando en dichas tercera y cuarta zonas de la primera máscara exista una o más áreas con píxeles diferentes, teniendo cada área individual un número de píxeles superior a un segundo valor previamente establecido; y

- si se ha determinado que existe uno o más objetos en una parte de dicha primera zona de trabajo comprendida dentro de la tercera zona de peligro y de la cuarta zona de advertencia, y en caso de que la maquinaria industrial no esté funcionando, también en dicha segunda zona de acción, se realiza un reconocimiento basado en color y/o forma de dicho uno o más objetos, para determinar si dicho objeto no coincide con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos, en cuyo caso se activa un indicador de riesgo;

- si la maquinaria industrial no está disponible y se ha determinado que existe movimiento y/o que existen uno o más objetos que no coincide con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos en dicha tercera zona de peligro y/o en dicha segunda zona de acción, se mantiene la maquinaria industrial en estado no disponible y se activa al menos un indicador de riesgo;

-si la maquinaria industrial está en movimiento y/o existen uno o más objetos que no coinciden con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos en la tercera zona de peligro, la maquinaria pasa de estar disponible a estado no disponible y se activa al menos un indicador de riesgo; y,

en caso de que esté activado al menos un indicador de riesgo, producir una serie de señales que incluye al menos una señal para que al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico actúe sobre el al menos un subcircuito de protección para que la máquina pase a estado no disponible si se encontraba en estado disponible, o se mantenga en dicho estado no disponible, en caso de que ya lo estuviera.

Este indicador de riesgo o peligro está activado siempre que se detecte movimiento y/o, presencia humana y/o de objetos desconocidos en la tercera zona de peligro en el caso de que la maquinaria industrial esté disponible, y en el caso de que la maquinaria industrial no esté funcionando, también se activa este indicador de riesgo o peligro si se detecta movimiento, y/o presencia humana y/o de objetos desconocidos en la segunda zona de acción.

Es decir, el sistema y método de detección y prevención de riesgos de la invención determina, mediante el adecuado procesamiento de imagen en tiempo real, al menos el nivel de riesgo de la primera zona de trabajo y del entorno –es decir, del campo visualizado-, el estado de la maquinaria industrial y la existencia de obstáculos, animales o personas en ese campo visualizado.

El sistema y método además, si existe movimiento y/o se determina que hay objetos desconocidos –uno o más objetos que no coinciden con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos- en la cuarta zona de advertencia, independientemente del estado en que se encuentre la maquinaria industrial, la maquinaria industrial se mantiene en el estado en que se encontrase y se activa un indicador de advertencia.

Este indicador de advertencia se activa preferiblemente, siempre que se detecte movimiento y/o, presencia humana y/o de objetos desconocidos en la tercera zona de advertencia.

En primer lugar, antes del funcionamiento ininterrumpido del sistema, preferiblemente se lleva a cabo una primera fase de carga inicial de datos en memoria y de inicialización de variables. Dicha primera fase de carga inicial incluye recuperar desde memoria una imagen de referencia de la primera zona de trabajo y su entorno de seguridad.

El sistema puede comprender:

- dos o más dispositivos de captura de imágenes situados respecto a dicha maquinaria industrial de forma que cada dispositivo de captura de imágenes capta una imagen parcial de la primera zona de trabajo más su entorno de seguridad, abarcando completamente la primera zona de trabajo más su entorno de seguridad entre dichos dos o más dispositivos de captura de imágenes;

y en tal caso el sistema además comprende:

- un módulo de imagen para procesar digitalmente cada imagen parcial de la primera zona de trabajo más su entorno de seguridad captada por cada dispositivo de captura de imágenes y producir una imagen única en color y a una resolución preestablecida de dicha primera zona de trabajo más su entorno de seguridad.

Dicho reconocimiento basado en color preferiblemente comprende comparar tanto la tonalidad media de color del objeto u objetos presentes sobre la primera zona de trabajo comprendida dentro de la tercera zona de peligro y de la cuarta zona de advertencia, y en caso de que la maquinaria industrial no esté funcionando, también en dicha segunda zona de acción, como la variación de dichos niveles de color respecto a unas características de referencia de material a manipular por la maquinaria almacenadas en memoria.

El sistema además puede comprender uno o más dispositivos informadores de tipo sonoro y/o visual, cuyo fin es avisar a un usuario de la maquinaria industrial de la/s anomalía/s detectada/s por el sistema y de los riesgos existentes en el campo visualizado en ese instante. Estos dispositivos informadores se colocan preferiblemente en una zona audible y/o visible para dicho usuario.

El módulo de control preferiblemente genera unas señales de salida que llegan a dicho al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico y, preferiblemente, también a dicho/s dispositivo/s informadores de tipo sonoro y/o visual opcional/es.

Dicho al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico, que en su realización preferida será un relé normalmente cerrado, actúa de acuerdo con las señales de control que recibe del módulo de control, sobre al menos un subcircuito de protección del cuadro de mando de la maquinaria, de modo que si la maquinaria está en estado no disponible, el al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico permanece abierto evitando que ocurra un accidente laboral y, si la maquinaria industrial está disponible, está cerrado, permitiendo de este modo la operación de la maquinaria.

Dicho entorno de seguridad preferiblemente tiene unas dimensiones que dependen de las dimensiones de dicha maquinaria industrial, de su primera zona de trabajo y de su accesibilidad. Dichas dimensiones preferiblemente dependen de lo establecido en la directiva europea 2006/42/CE: "*Seguridad para Maquinaria Industrial*", la norma ANSI/RIA R15.06: "*Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements*", las normas ISO 10218: "*Robots and Robotic Devices – Safety Requirements for Industrial Robots*" e ISO 13855: "*Safety of machinery – Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*".

De esta forma, el sistema de detección y prevención de riesgos funciona como un sistema de seguridad activa (SSA), ofreciendo las siguientes prestaciones:

• Posibilitar la activación de la maquinaria, mediante la actuación de al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico (dispositivo electromecánico), en caso de que se compruebe que tanto la tercera zona de peligro como la segunda zona de acción poseen las propiedades adecuadas para ello y, además, se verifique que no existe movimiento en dichas zonas.

• Controlar la presencia de obstáculos, presencia de riesgos y el avance de la maquinaria en el campo visualizado durante su funcionamiento.

• Vigilar cuando la maquinaria esté funcionando, que en la tercera zona de peligro que rodea a la segunda zona de acción y a la maquinaria, no haya presencia humana y/o de otros obstáculos. En tal caso, se da la orden de parada inmediata de la maquinaria al, al menos uno, interruptor controlado por circuito eléctrico, para impedir que ocurra un accidente y, opcionalmente, avisar al usuario mediante un dispositivo informador visual y/o sonoro de la anomalía detectada por el sistema.

• Realizar un reconocimiento colorimétrico de posibles objetos existentes en la primera zona de trabajo comprendida dentro de la tercera zona de peligro y de la cuarta zona de advertencia, y en caso de que la maquinaria industrial no esté funcionando, también en dicha segunda zona de acción , de manera que a partir de éste se determina si el material ubicado sobre la zona de trabajo es el correcto, de acuerdo con las características de la maquinaria industrial que va a utilizarse para manipular dicho material.

• Reanudar la actividad industrial una vez comprobado que la tercera zona de peligro es segura de nuevo.

• Si la tarea a seguir por la maquinaria ha sido realizada correctamente, tras observarse que la máquina permanece inmóvil en su punto de reposo durante un tiempo, el sistema reconoce que la maquinaria ha finalizado la tarea y le indica al, al menos uno, interruptor controlado por circuito eléctrico que cese la disponibilidad de la maquinaria, evitando su reactivación hasta que no se verifiquen las condiciones necesarias para ello y, además, ésta no se active de manera intempestiva.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

En la Figura 1 se muestra una vista en planta superior del escenario de la prueba real realizada con el sistema de la invención sobre una maquina industrial.

La Figura 2 muestra un esquema de los elementos principales que forman el sistema de la invención.

La Figura 3 muestra esquemáticamente el procesamiento de control y detección llevado a cabo por el módulo de control del sistema de la invención.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema en la fase 0.

La Figura 5 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema en la fase 1.1 de control previo.

La Figura 6 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema en la fase 1.2 de control de reactivación.

La Figura 7 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema en la fase 2 de control en movimiento.

La Figura 8 muestra la imagen de referencia del entorno de seguridad libre de perturbaciones, REF_{IN}, en su original a), y filtrada b).

La Figura 9 muestra un ejemplo de las imágenes correspondientes a la obtención de máscaras de diferencias, existiendo objetos tanto en la mesa de trabajo como en el entorno de seguridad.

La Figura 10 muestra una serie de máscaras binarias del escenario de trabajo.

La Figura 11 muestra esquemáticamente una visión completa del escenario de trabajo en el caso de una máquina industrial, de dimensiones mayores a la máquina de las figuras 1, 8, 9 y 10, mostrándose claramente las diferentes zonas consideradas en la evaluación del riesgo.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

A continuación se describe en detalle una prueba realizada con el sistema de detección y prevención de riesgos de la invención sobre una máquina industrial.

El escenario industrial de la prueba, cuyo dibujo en planta se ilustra esquemáticamente en la Figura 1, tiene unas dimensiones de 685 x 650 x 300 cm (largo x ancho x alto).

En este escenario se muestra:

- una máquina 10 de corte de construcción en pórtico, de diseño enfocado al corte oxigás o corte plasma/oxigás combinado;

- una mesa 20 de aspiración de corte por plasma dotada con salida de humos, de dimensiones 110 x 90 x 80 cm (largo x ancho x profundo);

- un extractor de humos 30 con salida al exterior (modelo Kemper Sistema 8000).

Esta máquina 10 de corte de construcción en pórtico comercializada por Praxair posee las siguientes características:

• Doble monitorización longitudinal.

• Movimiento de traslación, motorizado en ambos ejes (X/Y) por cremallera y piñón rectificados.

• Desplazamiento de carro sobre doble guía transversal.

• Sistema anti-colisión de estaciones.

• Límite de recorrido en ejes X e Y.

• Posibilidad de seleccionar corte en paralelo o en espejo cuando se corta con más de una estación (corte simultáneo de las estaciones).

En la configuración básica de instalación de la máquina 10 se incluyen un equipo de corte por plasma 11 de alto rendimiento (el presente en el escenario de prueba es un equipo Hypertherm Powermax 1000), un dispositivo de control numérico computerizado CNC 12 con pantalla táctil.

Una vez establecido el escenario de trabajo del sistema de la invención, se hizo una evaluación de los riesgos que conlleva el funcionamiento de esta máquina 10 de corte. Los riesgos principales son: atrapamientos, quemaduras y cortes que pueden provocar la amputación, la pérdida de la visión o incluso la muerte, de forma que éstos son los riesgos que primero se tratan de eliminar con el sistema de la invención.

El sistema de detección y prevención de riesgos de la invención está basado en un sistema de visión artificial SVA, y comprende:

- Una cámara 50 situada en posición cenital sobre la mesa 20 de trabajo, a una distancia suficiente de la misma para poder capturar imágenes tanto de la mesa 20 de trabajo como de su entorno 21 de seguridad o zona que rodea a la mesa (y que presenta mayor peligro tanto antes como durante y después del corte). La cámara 50 utilizada en esta prueba es una cámara lineal en color, modelo DFK 41BU02.H, y dispone de un sensor Sony CCD de escaneo progresivo de tamaño 1/2", resolución 1280 x 960 píxeles, velocidad de captura máxima 15 imágenes/s y que dispone tanto de entrada de disparo externo como entrada/salida.

Para este ejemplo, los principales riesgos se concentran debido a las características del escenario de prueba elegido, en la zona de trabajo y en su entorno circundante más inmediato, por ser esta región donde se concentran principalmente, los riesgos que considera la invención.

Un ordenador 60 que incluye un módulo de control 62 encargado de la detección inmediata de peligros o riesgos laborales a partir de un procesamiento en tiempo real de esa imagen única que se explicará detalladamente más adelante.

En este caso este ordenador 60 es único y lleva implementados dentro de sí el módulo de control 62 dentro de un único microcontrolador.

Este ordenador 60 además está conectado a través de uno de sus puertos de comunicaciones a un relé 80 electromecánico, normalmente cerrado. Este relé 80 electromecánico está a su vez conectado a un subcircuito de protección de la máquina 10 (cuadro de mando).

De esta forma, cuando se detecte un peligro o riesgo laboral asociado al campo visualizado, el ordenador 60 actúa inmediatamente sobre el relé 80 electromecánico, impidiendo el funcionamiento de la máquina 10.

Además, en este caso y como se verá con detalle más adelante, cuando se detecta algún peligro o riesgo laboral, el ordenador 60 también actúa sobre unos paneles audiovisuales 90, 91, que constituyen sendos dispositivos informadores de tipo sonoro y/o visual de peligros o riesgos laborales en el campo visualizado.

Como se ha indicado antes, con el fin de visualizar tanto la mesa de trabajo sobre la que se desarrolla la actividad de corte como una zona de seguridad alrededor de la misma, la cámara se sitúa perpendicular a la mesa de trabajo a una distancia D y centrada respecto a la misma. Teniendo en cuenta que, de acuerdo con la normativa europea de seguridad en maquinaria industrial para este sistema de corte al que se le han realizado las pruebas la distancia de seguridad mínima exigida es de 50 cm (medida desde los límites de la mesa de trabajo), y teniendo en cuenta las características de la cámara, esa distancia D es de 2,15 m (la mesa de trabajo posee una altura de 0,8 m).

En la prueba realizada fue posible tener controlada toda la mesa 20 de trabajo y su entorno 21 de seguridad mediante el campo de visión de esta única cámara 50 situada en posición cenital a esa distancia D.

Pero de no ser posible el control mediante una única cámara, se colocan tantas cámaras 50 (véase Figura 2) como sean necesarias para cubrir completamente la mesa 20 y la zona que rodea a dicha mesa. En tal caso, el ordenador 60 además incluye un módulo de imagen 61 encargado del tratamiento digital de las imágenes adquiridas por la cámara 50, para lo cual dispone de un controlador para cámaras USB. Tras este tratamiento digital se produce una imagen única de la mesa 20 de trabajo más su entorno 21 de seguridad. Es decir, en esta realización el ordenador 60 está encargado de procesar las imágenes captadas por las diferentes cámaras 50 en tiempo real para producir esa imagen única en color

y con una resolución preestablecida. De esta forma se permite la observación en detalle de los sucesos que ocurren en la mesa de trabajo y su entorno de seguridad.

El ordenador 60 además posee dispositivos de almacenamiento 63 (internos o externos al mismo), en donde se almacena imagen, vídeo y datos (como alarmas y otras incidencias ocurridas en el transcurso de la operación de la maquinaria), organizados y referenciados en tablas de bases de datos.

Los diferentes elementos que forman parte del sistema de la invención están provistos de la tensión de alimentación necesaria para su correcto funcionamiento.

En la Figura 11 se muestra esquemáticamente una visión completa del escenario de trabajo en el caso de una segunda máquina industrial 10', de dimensiones mayores a la máquina 10. En esta figura 11 se muestran más claramente las diferentes zonas consideradas en la evaluación del riesgo:

- La mesa 20 de trabajo y su entorno 21 de seguridad (de mayores dimensiones que antes).

Este campo visualizado, conjunto entorno 21 de seguridad y mesa 20 o primera zona de trabajo se divide de la siguiente forma:

- Zona de acción 22, que es la región del entorno en la que está desarrollando la máquina su actividad.

- Zona de peligro 23, que tiene un ancho de acuerdo a la distancia de seguridad indicada en la directiva europea 2006/42/CE, la norma ANSI/RIA R15.06 y las normas ISO 10218 e ISO 13855.

- Zona de advertencia 24, que es aquella o aquellas regiones del conjunto entorno de seguridad + mesa de trabajo que no son zona de peligro, ni máquina ni zona de acción, y en las que, por tanto, puede estar el operario sin que ocurra un accidente laboral, pero que es necesario señalizarlo.

El funcionamiento del sistema de la invención es el siguiente:

- La imagen digital obtenida desde la cámara 50 (o cámaras) calibrada llega al ordenador 60 a través de un bus cableado de alta velocidad.

- Ya en el ordenador 60, el módulo de imagen 61 preprocesa dicha imagen digital (mediante una técnica de mosaico digital de imágenes (mosaicking) en el caso de que haya más de una cámara), y a su salida proporciona una única imagen, en color y con resolución suficiente, del campo de visión completo visualizado por la cámara 50 cubriendo, al menos, las distancias mínimas de seguridad exigidas por las normativas de seguridad en maquinaria industrial vigentes.

En caso de que la imagen producida por la única cámara 50 tenga resolución suficiente para cubrir el área deseada, este módulo de imagen 61 es funcionalmente innecesario y la información digital (=imagen única) captada por la cámara es entrada directa del módulo de control 62.

- Esta imagen única combinada, donde se visualizan completamente tanto el entorno 21 de seguridad como la mesa 20 de trabajo, es procesada por el módulo de control 62, según procesamiento de control y detección indicado más adelante, y cuyo objetivo es tanto la actuación en tiempo real sobre el relé 80 electromecánico, que está conectado al subcircuito de protección que actúa frente a peligros o riesgos laborales asociados a la máquina, como la actualización en tiempo real de la información proporcionada por los paneles audiovisuales 90, 91.

Este procesamiento de control y detección se muestra de forma esquemática en la Figura 3 donde, de forma cíclica, se suceden una serie de algoritmos presentados en bloques o fases, las cuales pueden agruparse en dos etapas de funcionamiento bien diferenciadas:

- Carga inicial de datos desde memoria: fase 0 (300); y

- Análisis de imágenes de vídeo y toma cíclica de decisiones: fase 1 que a su vez se subdivide en fase 1.1 (400) y fase 1.2 (500), y fase 2 (600).

Fase 0: Carga inicial de datos desde memoria.

Esta fase 0 de inicio de variables se muestra en detalle en la Figura 4. Esta fase 0 se realiza una única vez en el momento del arranque, antes del funcionamiento ininterrumpido del sistema.

En esta fase o etapa se realiza la carga de los distintos datos y variables necesarios para el correcto funcionamiento del sistema (301).

Se realiza también la inicialización de todos los indicadores o flags de estado involucrados en la toma de decisiones de las siguientes etapas de funcionamiento (302). Estos indicadores son: disponibilidad de la máquina,

movimiento, existencia de material, material fuera de la mesa, material calibrado, objetos sobre la mesa, objetos desconocidos sobre la mesa, peligros en la zona de peligro ZP, peligros en la zona de advertencia ZA presencia de máquina en movimiento por campo visualizado y presencia de máquina en la imagen anterior. Todos ellos, excepto el de 'peligros en la zona de peligro ZP ' que es inicializado a "activo", son inicializados a "no activo".

En esta fase también se cargan los umbrales (302) de diferencia mínima que debe existir entre la imagen o fotograma (frame) actual y la inmediatamente anterior en el tiempo, y entre la imagen actual y la de referencia, para considerar que existe algo desconocido, por sus características, en la nueva imagen respecto a las anteriores. Estos umbrales se denominan, respectivamente, THANT y THREF.

En esta etapa también se carga una imagen de referencia (303) del entorno de trabajo (incluyendo la mesa 20 de trabajo y el entorno 21 de seguridad), REF_{IN}, imagen de referencia del campo de visión observado mediante la cámara calibrada, libre de perturbaciones (obstáculos, presencia humana y/o presencia de material sobre la mesa/banco de trabajo) y con la máquina detenida en su punto de reposo.

Se cargan también las máscaras de ubicación del entorno 21 de seguridad y de la mesa 20 o banco de trabajo, obtenidas como resultado del proceso de binarización aplicado sobre la imagen de referencia, REF_{IN}, obtenida tras el último proceso de calibración de la cámara.

Análisis de imágenes de vídeo y toma cíclica de decisiones.

El procedimiento de toma cíclica de decisiones se realiza a partir del análisis de la imagen capturada y de los datos cargados previamente desde memoria en la fase 0. Su funcionamiento, que varía en su ejecución según el estado de disponibilidad de la máquina industrial (como se muestra en la Figura 3), se divide en tres fases diferentes:

- Fase 1.1: Control previo (Figura 5);
- Fase 1.2: Control de reactivación (Figura 6); y,
- Fase 2: Control en movimiento (Figura 7).

Así, en primer lugar se verifica si la máquina está disponible (paso 201). En caso de no estarlo, se realiza la verificación de si la máquina está presente en alguna zona del entorno de seguridad de la mesa de trabajo; en caso de no estarlo quiere decir que la máquina está en su origen y se procede con la fase 1.1 de control previo; y si se detecta que hay máquina presente en alguna zona del entorno de seguridad fuera de su punto de reposo quiere decir que ha habido una parada de la máquina durante la actividad industrial de la misma –debido a que se ha detectado un riesgo- y se procede con la fase 1.2 de control de reactivación. En caso de que la máquina esté disponible, se procede con la fase 2 de control en movimiento.

Fase 1.1: Control previo (Fig. 5)

En esta fase la máquina 50 se encuentra inmóvil en su punto de reposo y, además, en estado no disponible. Esta situación, denominada inactividad normal, ocurre si la máquina no ha comenzado todavía la tarea porque no se cumplen los requisitos necesarios para ello (máquina no disponible), o si la tarea ya ha sido realizada y la máquina está a la espera de que se verifiquen de nuevo las condiciones necesarias para comenzar un nuevo proceso. Durante una inactividad normal, el proceso de análisis (cuyo esquema se recoge en la Fig. 5), se divide en los siguientes pasos:

- Se filtra –preferentemente, mediante un filtro mediana-, la nueva imagen o fotograma y se obtienen las máscaras binarias de diferencias entre la imagen anterior y la imagen nueva, y entre esta última y la de referencia REF_{IN}, en función de los umbrales elegidos, THANT y THREF. Estas máscaras de diferencia son VIDFRAMEANT y VIDFRAMEREF, respectivamente.
- A partir del análisis de las máscaras de diferencias anteriores (401), se determina si hay movimiento (402), objetos desconocidos en el entorno de seguridad (404) u objetos sobre la mesa (403). Se considera que existe movimiento en el campo visualizado cuando el área total del número de píxeles diferentes, es decir, píxeles en blanco en la máscara VIDFRAMEANT, es superior a 15 cm^2. Por otro lado, se considera que existen objetos sobre la mesa de trabajo o en el entorno de seguridad cuando en la máscara VIDFRAMEREF se haya detectado la presencia de objetos con un área individual (por cada objeto detectado) superior, de nuevo, a 15 cm^2 en estas regiones.
- Se comprueba si se ha detectado movimiento en el entorno de seguridad (402). En caso de que exista, se muestra la información visual y/o sonora pertinente antes de proceder al análisis del siguiente fotograma o imagen, teniendo en cuenta que la maquina industrial debe permanecer inactiva. En caso contrario, se comprueba si se han detectado objetos sobre la mesa (403), si no existen objetos sobre ella, se analiza si existen objetos en el entorno de seguridad (404). Si se detectan, se muestra la información visual y/o sonora pertinente.
- Si no se detectan peligros en el entorno de seguridad, se verifica si el flag o indicador de actualización de la

imagen de referencia se encuentra desactivado (407); si se encuentra desactivado, se produce una actualización de dicha imagen o frame (408) y la activación de este indicador o flag.

- Si existiesen objetos sobre la mesa el siguiente paso es determinar, mediante un reconocimiento basado en color, si el objeto o alguno de los objetos presentes (si hay varios), son objetos desconocidos (406). Este reconocimiento basado en color consiste en comparar tanto la tonalidad media del objeto u objetos presentes sobre la mesa, como la variación de dichos niveles de color respecto a las características de referencia del material a manipular por la maquinaria industrial, almacenadas en la memoria del sistema.

- En caso de que se detecten objetos desconocidos sobre la mesa, el sistema avisa inmediatamente de tal circunstancia y procede al análisis de la siguiente imagen.

- En caso contrario quiere decir que existe exclusivamente material con las características adecuadas sobre la mesa. En esta situación, se realiza un análisis de la posición del material y de su tamaño (409), comprobando si éste supera los límites operativos de la mesa de trabajo. Para ello, se observa si en los bordes de ésta existe material, es decir, si hay aristas salientes (410). Si existiese, se avisa de dicha circunstancia mediante el indicador o flag correspondiente y se procede al análisis de la siguiente imagen o frame.

- Si no hay aristas salientes, el siguiente paso consiste en determinar si el material está correctamente ubicado o calibrado respecto a la referencia propia de la máquina industrial (411). Si no estuviese calibrado, se determinan los parámetros necesarios para su calibración (412).

- Tanto si está calibrado respecto a su referencia (origen) como si no lo está, dado que no se superan los límites de la mesa y, por tanto, no existen aristas cortantes fuera de la misma que puedan causar peligro al operario, el siguiente paso consiste en comprobar si existen peligros en el entorno de seguridad (413). Si los hay, se activa el indicador pertinente para el correspondiente aviso por el panel de información visual y/o sonora opcional, además de los indicadores o flags de adecuado material sobre la mesa y de objetos desconocidos en el entorno de seguridad, razón por la cual la máquina continuará no disponible y, por tanto, el relé electromecánico permanece abierto.

Si no hubiera objetos desconocidos en el entorno de seguridad, queda verificado que dicho entorno de seguridad posee las características necesarias para la activación de la máquina y, consecuentemente, se almacena la imagen o frame actual como imagen de referencia previa a la actividad industrial, REF_{PREV} (414). Además, se proporciona al relé electromecánico la orden de cierre para permitir el funcionamiento de la máquina y se activa el indicador o flag de disponibilidad de la máquina (415), finalizando el ciclo para la imagen o frame actual.

Fase 1.2: Control de reactivación (Fig. 6)

Esta fase contempla el caso en el que la máquina se encuentra inmóvil fuera de su punto de reposo (está presente en alguna zona del entorno de seguridad) y, además, en estado no disponible. Esta situación implica que durante la actividad industrial que se estaba llevando a cabo con anterioridad se ha detectado un peligro o riesgo laboral que ha provocado la actuación inmediata del relé electromecánico, causando la parada inmediata de la máquina industrial y, consecuentemente, ésta ha pasado a estar no disponible.

En esta fase se verifican las condiciones para la reactivación de la máquina; de acuerdo con el diagrama de flujo mostrado en la Fig. 6 los pasos seguidos en esta fase son los siguientes:

- Se carga la imagen o frame de referencia, REF_{PREV}, que fue almacenada en memoria antes de empezar a realizar la actividad industrial que ha sido interrumpida por la detección de peligros (paso 414, Fig. 5).

- Se obtienen las máscaras de diferencias (501) de la imagen actual respecto a la anterior y respecto a la de referencia previa a la actividad industrial (REF_{PREV}), VIDFRAMEANT y VIDFRAMEREF, a partir de dichas imágenes y de los umbrales THANT y THREF, siendo en este caso THREF un 10% mayor que el utilizado durante el control previo. Este incremento se realiza para evitar que las sombras producidas por la máquina durante su movimiento por el campo visualizado den lugar a una detección errónea de objetos tanto sobre la mesa de trabajo como en el entorno de seguridad.

- Se verifica si hay movimiento, objetos desconocidos en el entorno de seguridad u objetos sobre la mesa, obviando la región ocupada por la máquina, por resultar esta área inaccesible para el ser humano, procedimiento realizado de la misma forma que se hizo en la fase anterior.

- Se comprueba si se ha detectado movimiento (502). En caso de que se detecte, se procede al análisis de la siguiente imagen en un nuevo ciclo o iteración.

- En caso contrario, se comprueba si existen objetos desconocidos (no válidos) sobre la mesa (503). Se considera que cualquier objeto presente en la mesa es desconocido, dado que la máscara que permite tal detección es resultado de la comparación entre la imagen o frame actual y la de referencia previa a la actividad industrial (frame donde

ya existe material), VIDFRAMEREF y, además, los efectos de la actividad industrial llevada a cabo, cortes, soldaduras, lijamientos, etc. ocupan un área o poseen unas características que, con el filtrado aplicado a las imágenes, no producen detecciones erróneas.

- Si existiesen objetos desconocidos, se procede al análisis de la siguiente imagen o frame, dado que el relé permanece abierto y, por tanto, la máquina continúa no disponible.

- Si no existiesen objetos desconocidos sobre la mesa, se comprueba si existen objetos desconocidos en el entorno de seguridad de la mesa (504), y si los hay la máquina permanece como no disponible (505).

- En caso contrario, tras el período de latencia en movimiento considerado (cinco imágenes o frames donde prevalezca la presencia de movimiento), se transmite al relé la orden de cierre (activación del indicador o flag de disponibilidad de la máquina), permitiendo de este modo la reactivación de la máquina, situación que puede ser mostrada al operario mediante los paneles audiovisuales 90, 91.

Fase 2: Control en movimiento (Fig. 7)

Si en un ciclo el indicador o flag de disponibilidad del sistema está activo, indica que la máquina está preparada para realizar la actividad industrial que tiene asociada, de manera que la máquina o ya se encuentra llevando a cabo dicha acción o está a punto de comenzarla.

El estudio de seguridad en esta fase de funcionamiento se centra en controlar la presencia de personas u objetos en el entorno de seguridad que pueden provocar un accidente.

Este estudio, que se realiza mediante análisis de imagen, varía en función de la presencia de máquina en movimiento por el entorno de seguridad, realizándose las siguientes acciones (Fig. 7):

- Se actualiza el indicador o flag de presencia de la máquina en la imagen o frame anterior; esto es, se asigna a este indicador o flag el valor que tenga el indicador o flag de presencia de máquina en el entorno de seguridad en movimiento.

- Se establecen una cuarta zona de advertencia ZA y una tercera zona de peligro ZP. La cuarta zona de advertencia ZA es una región del área visualizada por la cámara (o conjunto de cámaras) en la que puede estar el operario durante el funcionamiento de la máquina industrial. Esta área está ubicada en la zona opuesta a por donde comienza el avance la máquina y a una distancia suficiente para que, cuando la máquina avance hasta dicha región, no cause ningún accidente laboral. La tercera zona de peligro ZP está comprendida entre la cuarta zona de advertencia ZA y la zona de avance de la máquina.

- Se determinan las máscaras de diferencia, VIDFRAMEANT y VIDFRAMEREF, en función de los umbrales THANT y THREF, siendo en este caso THREF un 10% mayor que el utilizado durante el control previo para evitar que las sombras producidas por la máquina durante su funcionamiento provoquen una detección de objetos errónea. A partir del análisis de estas máscaras (601), se determina si existe máquina en movimiento (602) por el entorno de seguridad y sus límites de avance en el campo de visión observado, considerando en la determinación de estos límites tanto la zona por donde transita la misma como la zona de acción requerida durante su actividad industrial.

- Tras la determinación de los límites de avance, si se verifica que hay presencia de máquina en el entorno de seguridad en movimiento (602), el siguiente paso consiste en verificar si hay peligros en la tercera zona de peligro ZP (603), a partir de la máscara VIDFRAMEREF.

- Si no se detectan peligros en esta tercera zona de peligro ZP (603n), el siguiente paso consiste en comprobar si hay algo extraño en la cuarta zona de advertencia ZA, con la excepción de que, si hay presencia de objetos o personas en el área de advertencia, se debe estar alerta ante la posibilidad de avance de éstos hacia la tercera zona de peligro, pero no detendrá la máquina, pues no existe peligro.

- Si se detectan riesgos en la tercera zona de peligro ZP (603s), el relé 80 electromecánico recibe inmediatamente la orden de parar la máquina, materializada con su apertura, con el fin de evitar que ocurra un accidente laboral que pueda tener graves consecuencias para el ser humano; así mismo, se desactiva el indicador o flag de disponibilidad de la máquina y, en la siguiente iteración, se regresa al proceso de control previo o reactivación de la actividad industrial (fase 1.1 o 1.2).

- En caso de que no se hubiera detectado la presencia de máquina en movimiento por el entorno de seguridad (602n), dado que ésta se encuentra disponible, hay que considerar que esta situación puede deberse a que el sistema provenga del reposo y, por tanto, la máquina esté a punto de comenzar su actividad, o a que ya haya finalizado la tarea y, consecuentemente, haya regresado a su punto de partida o reposo; siendo por tanto necesario saber qué situación ocurre.

Para ello, se comprueba el estado del indicador o flag de presencia de máquina en la imagen anterior (604). Si

éste se encuentra activo (604s), indica que la máquina no se encuentra moviéndose por el entorno de seguridad porque ya ha terminado la tarea que le fue asignada y, consecuentemente, se desactivan los indicadores o flags de disponibilidad de la máquina y de actualización de la imagen o frame de referencia (605), pasando de esta manera al proceso de control previo o reactivación de la actividad industrial en el siguiente ciclo.

- En caso de que este flag se encontrase desactivado (604n), se está a la espera de que la máquina aparezca en la primera zona de trabajo para llevar a cabo la tarea que le ha sido encomendada. En tal situación, lo primero que se hace es comprobar si existen peligros en la tercera zona de peligro ZP (607), delimitada por la zona más próxima al límite de avance de la máquina hasta una distancia suficiente del límite de avance de la máquina, de acuerdo con su velocidad y de acuerdo con la directiva europea 2006/42/CE y con las normas ANSI/RIA R15.06, ISO 10218 e ISO13855.

- Si se detectan peligros en esta región (607s), se da la orden de actuación al relé electromecánico, dispositivo que se abre provocando la parada inmediata de la máquina, cesando así su disponibilidad (606), para evitar que, debido a la velocidad de avance que ésta puede alcanzar, provoque el atrapamiento de la persona u objeto existente en esa región, proporcionando, además, la información audiovisual opcional mediante el estado de dicho indicador o flag, antes de pasar en el siguiente ciclo al proceso de análisis de imagen antes de la activación de la máquina.

- Si no se encuentra nada anómalo en la tercera zona de peligro ZP (607n), se verifica la existencia de objetos desconocidos en la cuarta zona de advertencia ZA (608) que, en este caso, ocupa una región superior a la ocupada si la máquina estuviese en movimiento por el campo visualizado, dado que en estas zonas la presencia de objetos desconocidos no provoca un accidente, puesto que no existe máquina en su cercanía. Si no se detectase nada en la cuarta zona de advertencia (608n) se vuelve a la situación de partida tras la activación del indicador correspondiente.

En caso contrario (608s), se controla si ocurre algún cambio en la mesa de trabajo. Para ello, se comprueba la presencia de movimiento en la mesa de trabajo (609) a partir de la máscaras de diferencia VIDFRAMEANT y de la máscara del entorno de seguridad.

- En caso de que se detectase movimiento en la mesa (609s), inmediatamente se da la orden de parada de la máquina al relé electromecánico y se desactiva el flag de disponibilidad de la máquina (606), que no se activará hasta que no se verifiquen de nuevo las condiciones necesarias para ello. Tras esta acción, se regresa a la situación de partida en un nuevo ciclo.

- Si no se detectase ningún movimiento sobre la mesa (609n), pero existiera algo en el entorno de seguridad, se indica antes de regresar a la situación de partida la advertencia pertinente mediante la activación del correspondiente indicador, pero se mantiene la disponibilidad de la máquina, pues todavía ese objeto extraño detectado no ha avanzado lo suficiente como para poder sufrir un accidente, aunque sí se debe observar el avance que realiza.

En definitiva, en función de todos los indicadores o flags anteriores, el relé electromecánico (interruptor eléctrico) se abrirá o permanecerá abierto, manteniendo o poniendo de esta forma la máquina en estado no disponible, en las siguientes situaciones:

- Cuando la máquina está en reposo a la espera de que se verifiquen las condiciones pertinentes para su activación, y se detecte la presencia de movimiento, de objetos desconocidos en la zona de peligro y en la zona de acción, que para el ejemplo realizado, abarcan todo el campo visualizado, la presencia del material a manipular fuera de los límites de la mesa de trabajo o una combinación de ellos.

- Cuando la máquina esté en funcionamiento, se detecte movimiento y existan objetos desconocidos al menos parcialmente dentro de zona de peligro.

- Cuando la máquina haya finalizado su tarea, esto es, cuando tras realizar su labor regrese a su punto de partida o de reposo, evitando de este modo que la máquina se ponga en marcha intempestivamente y provoque un accidente laboral que pueda tener consecuencias fatales para el operario, si éste se encuentra en la cercanía de la misma.

Por otro lado, el relé electromecánico se cerrará y la máquina se pondrá en disponibilidad cuando se verifiquen las condiciones pertinentes para su activación, esto es, la máquina esté parada, el material que exista sobre la mesa sea el correcto, y no existan ni objetos desconocidos ni movimiento en el entorno de seguridad.

Por tanto, en base a todo lo anterior, y de acuerdo a la detección de peligros y actuación del relé electromecánico, se evita que ocurran riesgos laborales como atrapamientos, aplastamientos, quemaduras por contacto durante la actividad industrial, como proyección de material al suelo y cortes con material saliente.

Los paneles audiovisuales 90, 91 que sirven de dispositivos informadores de tipo sonoro y/o visual están formados por una serie de elementos sonoros (por ej., sirenas de alarma de distinta frecuencia sónica y/o temporización), y/o luminosos (por ej., letreros o luces de tipo semáforo, verdes, rojas y ámbar) con el fin de informar al operario de la máquina industrial de, al menos, las siguientes circunstancias, acompañadas como ejemplo con la señalización visual

característica de un panel de semáforos:

1. Nivel de seguridad del campo visualizado: Seguro (verde) - Advertencia (ámbar) - Peligro (rojo).

2. Señalización de peligros, mediante tres semáforos:

2.1. Presencia de movimiento en el campo de visión observado, obviando el movimiento producido por y/o en la máquina durante la actividad industrial, pues dicho movimiento es consecuencia del funcionamiento de la misma: No existe movimiento (verde) / Existe movimiento (rojo).

2.2. Existencia de obstáculos (objetos desconocidos) y/o personas en el entorno de seguridad circundante a la mesa de trabajo y a la máquina industrial: No existen obstáculos/personas (verde) / Sí existen obstáculos/personas (rojo).

2.3. Presencia de objetos desconocidos (presencia humana y/o de objetos cuyas características no coincidan con la del material a manipular) sobre la mesa/banco de trabajo: No existen objetos desconocidos (verde) / Sí existen objetos desconocidos (rojo).

3. Señalización del estado de la máquina industrial, mediante dos semáforos:

3.1. Estado de disponibilidad de la máquina, que indica además el estado en el que se encuentra el relé electromecánico: abierto, si la máquina no está disponible o, cerrado, si está disponible (campo visualizado seguro y preparado para que la máquina industrial lleve a cabo su actividad de forma segura): Disponible (verde) / No disponible (rojo).

3.2. Máquina industrial funcionando (presencia de máquina avanzando por el campo visualizado), fuera de su posicionamiento de partida o reposo: Máquina en movimiento (verde) / Máquina en reposo (rojo).

4. Señalización de características relacionadas con el material a manipular, mediante tres semáforos:

4.1. Presencia de material cuyas características sean las mismas que las almacenadas en memoria como referencia, propia del tipo de máquina industrial de que trate, sobre banco o mesa de trabajo: Material correcto (verde) / Material incorrecto o no presencia de material (rojo).

Además, los dos semáforos siguientes sólo se encuentran activos si se ha verificado la presencia de material con características correctas sobre la mesa de trabajo, dado que ambos señalizan características directamente relacionadas con el mismo:

4.2. Ubicación del material a manipular por la máquina industrial, completamente dentro de los límites operativos de la mesa de trabajo, de tal forma que si éste se encuentra completamente en el interior de la misma, se está evitando que ocurra un accidente laboral, consecuencia tanto del corte por aristas salientes del material, como por su proyección al suelo: Dentro de los límites (verde) / Fuera de los límites (rojo).

4.3. Calibración del material respecto a la referencia cartesiana establecida por las características de la máquina industrial (funcionamiento y posicionamiento): Material calibrado (verde) / Material no calibrado (rojo).

En las Figuras 8 y 9 se muestran algunas imágenes de la prueba realizada.

En la Figura 8 se muestra la imagen de referencia del entorno 21 de seguridad (señalado con línea discontinua) de trabajo libre de perturbaciones, REF_{IN}, para el escenario de prueba elegido; se muestra la imagen original a) a la izquierda y su correspondiente versión filtrada b) a la derecha. En ella se observa una parte de un tubo 31 del extractor de humos 30 y la mesa 20 de trabajo del sistema de corte por plasma.

En la Figura 9 se muestran diferentes imágenes de una secuencia en el campo visualizado, existiendo objetos tanto en la mesa de trabajo como en el entorno de seguridad:

- La imagen superior izquierda a) corresponde a la imagen o fotograma del momento anterior filtrada. En ella se ve una plancha 98 situada sobre la mesa de trabajo.

- La imagen superior derecha b) corresponde a la imagen o fotograma actual filtrada. En ella se aprecia un objeto 99 en el entorno 21 de seguridad (parte derecha de la imagen).

- La imagen central izquierda c) corresponde a la imagen o fotograma de diferencia entre la imagen actual b) y la anterior a).

- La imagen central derecha d) corresponde a la máscara de diferencia VIDFRAMEANT, obtenida a partir de la imagen c) y del umbral THANT.

- La imagen inferior izquierda e) corresponde a la imagen o fotograma de diferencia entre la imagen actual b) y la

imagen de referencia.

- La imagen inferior derecha f) corresponde a la máscara de diferencia VIDFRAMEREF, obtenida a partir de la imagen e) y del umbral THREF.

En la Figura 10, continuando con el ejemplo de obtención de máscaras de diferencias mostrado en la figura anterior, se observa cómo se determina si existen objetos tanto en el entorno de seguridad como en la mesa de trabajo, utilizando para ello las máscaras del entorno de seguridad y de la mesa de trabajo, obtenidas como resultado de una binarización de la imagen de referencia REF_{IN}. En estas imágenes se observa cómo el sistema permite detectar objetos en la mesa 20, en este caso una plancha 98 y en el entorno 21 de seguridad, la presencia de parte de un objeto 99 (en este caso un pie).

Así, en esta Figura 10 se muestra:

- en la imagen superior izquierda a), la máscara binaria del entorno de seguridad;

- en la imagen superior derecha b), la máscara binaria de la mesa de trabajo;

- en la imagen inferior izquierda c), la máscara binaria de determinación de presencia de objetos en el entorno de seguridad por operación lógica AND; y,

- en la imagen superior izquierda d), la máscara binaria de determinación de existencia objetos en la mesa de trabajo.

Una vez descrito el sistema y método propuesto por la invención, se destacan dos conclusiones principales como resultado de su funcionamiento: reducción del número de riesgos y aumento del nivel de seguridad.

Así, el sistema y método de la invención permite eliminar cuatro riesgos laborales completamente: atrapamiento, choque con objetos móviles o colisión, quemaduras por contacto y cortes con aristas salientes o proyección de material sobre el suelo. Ello se debe a que, con el sistema y método aquí descrito, se produce una detección inmediata del riesgo laboral tras su aparición, actuándose también de forma inmediata sobre la maquinaria y, de este modo, evitando que el riesgo laboral se materialice y, por supuesto, que se produzca el accidente.

Además, otros tres riesgos laborales son eliminados parcialmente: el riesgo laboral de proyección de partículas a los ojos, el de radiaciones y el de inhalación de humos tóxicos, desprendidos durante la actividad industrial. En este caso, la causa de la eliminación parcial se debe no a que se actúa sobre la maquinaria tras su detección, eliminando así el riesgo, sino a que se limita el campo de actuación del operario, atenuando las consecuencias derivadas de estos riesgos.

Todo ello conlleva, conforme a los riesgos eliminados con la invención y al procedimiento de evaluación de riesgos indicado en la norma ISO 14121: "Evaluación de Riesgos", que la maquinaria industrial pasa de ser potencialmente peligrosa a ser muy segura.

El aumento del nivel de seguridad de la maquinaria industrial, tras la implementación del sistema de la invención se debe a que, sin su existencia, la maquinaria solamente dispone de dispositivos de enclavamiento de parada de emergencia como medida de protección obligatoria (nivel de seguridad básico), los cuales sólo actúan cuando el operario lo activa, pero que de forma autónoma no evitarían la pérdida de la función de seguridad del sistema ante la existencia de algún fallo en la zona de trabajo de la máquina y mucho menos ante la existencia algún obstáculo, móvil o no, presente en el entorno de seguridad de la misma.

Sin embargo, tras la implementación de la invención propuesta, se habilita la detección de los riesgos anteriormente detallados así como la actuación inmediata mediante el relé electromecánico sobre el subcircuito de protección de la máquina, parándola, evitando de este modo la pérdida de la función de seguridad del sistema en el caso que se produzca alguno de dichos riesgos (nivel de seguridad 3).

A la vista de esta descripción y juego de figuras, el experto en la materia podrá entender que las realizaciones de la invención que se han descrito pueden ser combinadas de múltiples maneras dentro del objeto de la invención.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de detección y prevención de riesgos en maquinaria industrial (10, 10') que tiene asociada una primera zona (20) de trabajo e incluye al menos un subcircuito de protección, comprendiendo el sistema:

- al menos un dispositivo de captura de imágenes (50) situado respecto a dicha maquinaria industrial (10, 10') de forma que capta una imagen completa de dicha primera zona (20) de trabajo más un entorno (21) de seguridad circundante a dicha primera zona (20) de trabajo, y produce una imagen única en color y a una resolución preestablecida de dicha primera zona (20) de trabajo más su entorno (21) de seguridad;

- al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico (80) y conectado a dicho al menos un subcircuito de protección de la maquinaria industrial (10); y,

- al menos una unidad de procesamiento (60) que incluye comunicación con dicho al menos un dispositivo de captura de imágenes (50) y con dicho al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico (80);

caracterizado porque la unidad de procesamiento (60) además comprende:

- un módulo de control (62) configurado para realizar cíclicamente un análisis de dicha imagen única producida en cada intervalo de tiempo preestablecido por el al menos un dispositivo de captura de imágenes (50).

2.- Sistema según la reivindicación 1, que comprende:

- dos o más dispositivos de captura de imágenes (50) situadas respecto a dicha maquinaria industrial (10, 10') de forma que cada dispositivo de captura de imágenes (50) capta una imagen parcial de la zona de trabajo (20) más su entorno (21) de seguridad;

y el sistema además comprende:

- un módulo de imagen (61) para procesar digitalmente cada imagen parcial de la zona de trabajo (20) más su entorno (21) de seguridad captada por cada dispositivo de captura de imágenes (50) y producir una imagen única en color y a una resolución preestablecida de dicha zona de trabajo (20) más su entorno (21) de seguridad.

3.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que además comprende al menos un dispositivo informador de tipo sonoro y/o visual (90, 91).

4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que dicho entorno (21) de seguridad tiene unas dimensiones que dependen de las dimensiones de dicha maquinaria industrial (10, 10'), de la primera zona (20) de trabajo y de su accesibilidad.

5.- Método de detección y prevención de riesgos en maquinaria industrial (10, 10') que tiene asociada una primera zona (20) de trabajo e incluye al menos un subcircuito de protección caracterizado porque el método comprende los siguientes pasos:

- producir una imagen única en color y a una resolución preestablecida de dicha primera zona (20) de trabajo más un entorno (21) de seguridad circundante a dicha primera zona de trabajo;

- realizar cíclicamente un análisis de dicha imagen única producida en cada intervalo de tiempo preestablecido dependiendo dicho análisis de si la maquinaria industrial (10) está en estado disponible o no disponible, o si está en movimiento, en donde dicho análisis comprende:

- obtención de una primera máscara binaria (VIDFRAMEREF) de diferencia entre dicha imagen única producida en el intervalo de tiempo actual y una imagen de referencia (REF_{IN}, REF_{PREV}) de dicha primera zona (20) de trabajo y de su entorno (21) de seguridad, en donde dicha imagen de referencia depende de si dicha maquinaria industrial (10, 10') está en estado disponible o no, o si está en movimiento;

- obtención de una segunda máscara binaria de diferencia (VIDFRAMEANT) entre dicha imagen única producida en el intervalo de tiempo actual y una imagen única producida en el intervalo de tiempo anterior al actual;

- donde dicho método además comprende:

- realizar una división de dicha primera zona (20) de trabajo y su entorno (21) de seguridad en una segunda zona (22) de acción contenida en dicha primera zona (20) de trabajo y siendo en dicha segunda zona en donde la maquinaria industrial está desarrollando en cada momento su actividad; una tercera zona (23) de peligro que en cada momento comprende una parte de la primera zona (20) de trabajo y de su entorno (21) de seguridad, situada alrededor de la maquinaria industrial (10, 10') y de dicha segunda zona (22) de acción y con unas dimensiones preestablecidas y una cuarta zona (24) de

advertencia, definida en cada momento como una región del entorno (21) de seguridad y de la primera zona (20) de trabajo que no es segunda zona (22) de acción ni tercera zona (23) de peligro;

- analizar dichas primera y segunda máscaras para determinar si hay movimiento en la tercera zona (23) de peligro y/o en la cuarta zona (24) de advertencia, o si hay objetos (98, 99) en la tercera zona (23) de peligro y/o en la cuarta zona (24) de advertencia, determinándose:

- que existe movimiento en la tercera zona (23) de peligro y/o en la cuarta zona (24) de advertencia, y/o en la dicha segunda zona (22) de acción si la maquinaria industrial (10, 10') no está en funcionamiento, cuando el área total de píxeles diferentes en la tercera zona (23) de peligro y/o en la cuarta zona (24) de advertencia y/o en la segunda zona (22) de acción, si la maquinaria industrial no está en funcionamiento, de la segunda máscara es superior a un primer valor previamente establecido;

- que existe uno o más objetos en la tercera zona (23) de peligro y/o en la cuarta zona (24) de advertencia cuando en dichas tercera y cuarta zonas de la primera máscara exista una o más áreas con píxeles diferentes, teniendo cada área individual un número de píxeles superior a un segundo valor previamente establecido; y

- si se ha determinado que existe uno o más objetos en una parte de dicha primera zona (20) de trabajo comprendida dentro de la segunda zona (23) de peligro y de la tercera zona (24) de advertencia, y en caso de que la maquinaria industrial (10, 10') no esté en funcionamiento, y/o en la zona (22) de acción, se realiza un reconocimiento basado en color y/o forma de dicho uno o más objetos, para determinar si dicho objeto no coincide con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos, en cuyo caso se activa un indicador de riesgo;

- si la maquinaria industrial (10, 10') no está disponible y se ha determinado que existe movimiento y/o que existen uno o más objetos que no coincide con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos en dicha tercera zona (23) de peligro y/o en dicha segunda zona (22) de acción, se mantiene la maquinaria industrial (10, 10') en estado no disponible y se activa al menos un indicador de riesgo;

-si la maquinaria industrial (10, 10') está en movimiento y/o existen uno o más objetos que no coinciden con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos en la tercera zona (23) de peligro, la maquinaria pasa de estar disponible a estado no disponible y se activa al menos un indicador de riesgo; y,

en caso de que esté activado al menos un indicador de riesgo, producir una serie de señales que incluye al menos una señal para que al menos un interruptor controlado por circuito eléctrico (80) actúe sobre el al menos un subcircuito de protección, para que la máquina pase a estado no disponible si se encontraba en estado disponible, o se mantenga en dicho estado no disponible, en caso de que ya lo estuviera.

6.- Método según la reivindicación 5, en el que además, si existe movimiento y/o uno o más objetos que no coinciden con un grupo de objetos preestablecidos como objetos conocidos en la cuarta zona (24) de advertencia, independientemente del estado en que se encuentre la maquinaria industrial (10, 10'), dicha maquinaria industrial (10, 10') se mantiene en el estado en que se encontrase y se activa un indicador de advertencia.

7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en el que dicho reconocimiento basado en color comprende comparar tanto la tonalidad media de color del objeto u objetos presentes sobre la zona de trabajo, que no sean la maquinaria, como la variación de dichos niveles de color respecto a unas características de referencia de material a manipular por la maquinaria industrial (10, 10'), almacenadas en memoria.

8.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 5, 6 o 7, en el que en primer lugar se lleva a cabo una primera fase de carga inicial de datos en memoria y de inicialización de variables.

9.- Método según la reivindicación 8, en el que dicha primera fase de carga inicial incluye la lectura desde memoria de una imagen de referencia (REF_{IN}) de dicha primera zona (20) de trabajo y al menos su entorno (21) de seguridad.

10.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 5-9 en el que dicho entorno (21) de seguridad tiene unas dimensiones que dependen de las dimensiones de dicha maquinaria industrial (10, 10'), de la primera zona (20) de trabajo y de su accesibilidad.

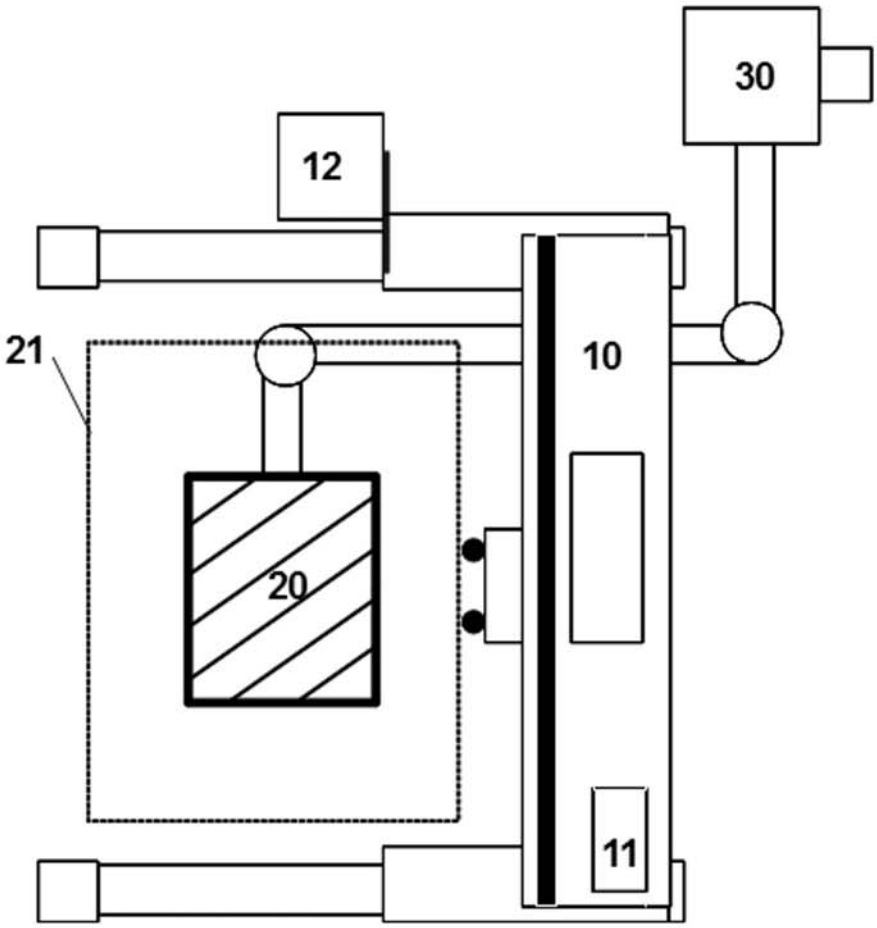


FIG. 1

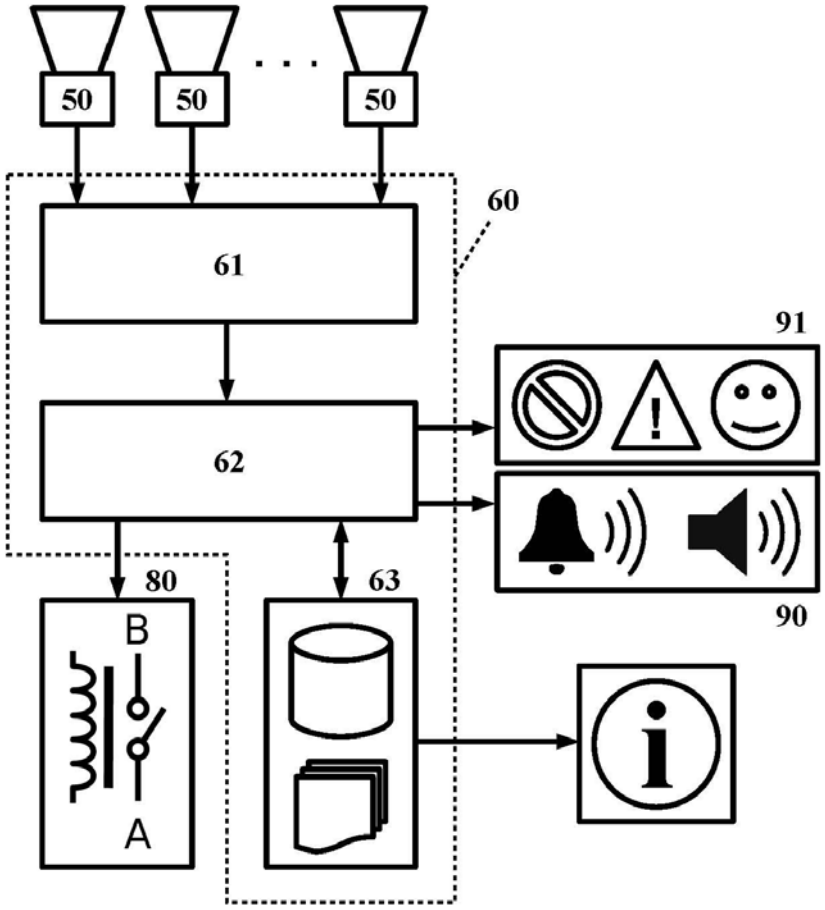


FIG. 2

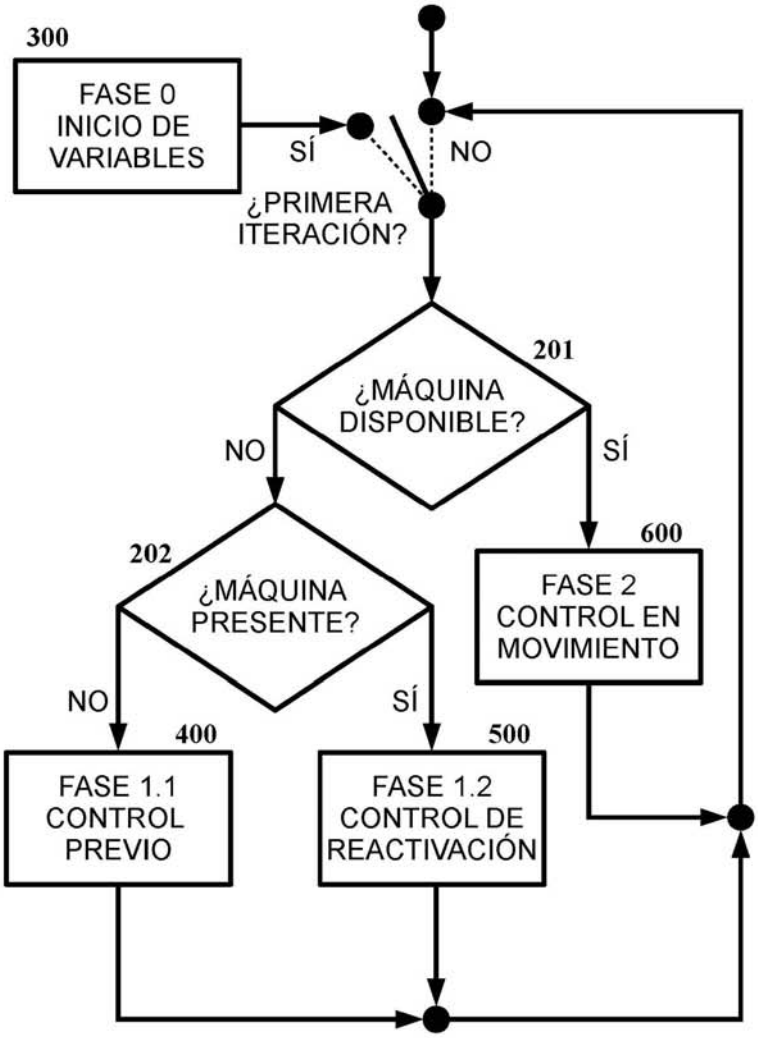

300
FASE 0
INICIO DE
VARIABLES
SÍ
NO
¿PRIMERA
ITERACIÓN?
201
¿MÁQUINA
DISPONIBLE?
NO
SÍ
202
¿MÁQUINA
PRESENTE?
600
FASE 2
CONTROL EN
MOVIMIENTO
NO
SÍ
400
FASE 1.1
CONTROL
PREVIO
500
FASE 1.2
CONTROL DE
REACTIVACIÓN

FIG. 3

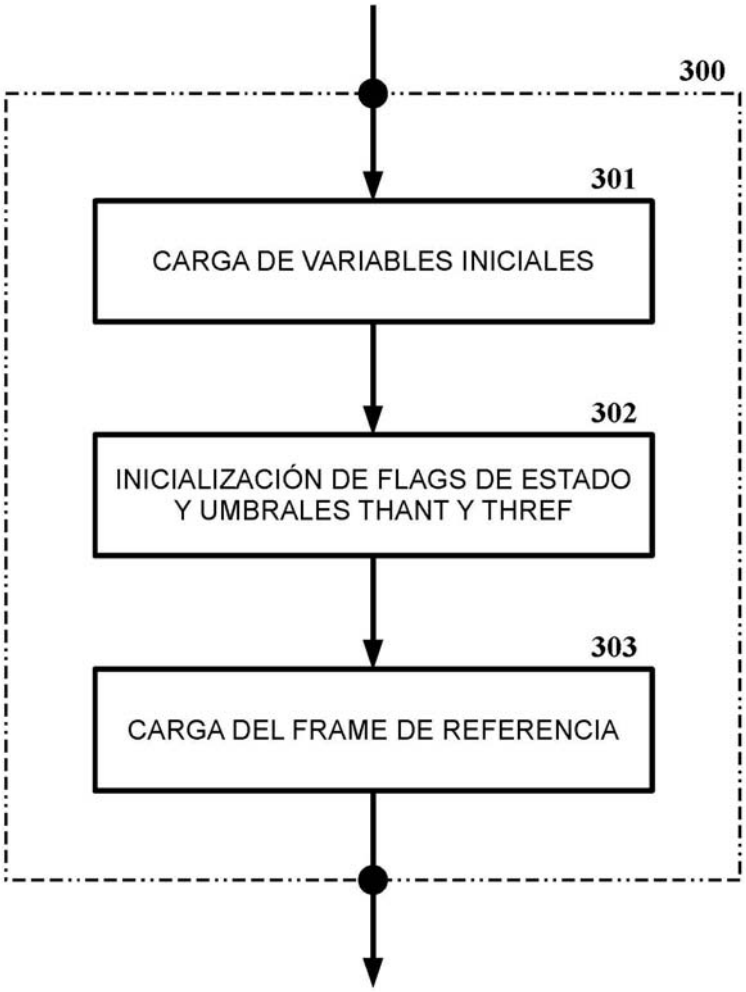

300
301
CARGA DE VARIABLES INICIALES
302
INICIALIZACIÓN DE FLAGS DE ESTADO Y UMBRALES THANT Y THREF
303
CARGA DEL FRAME DE REFERENCIA

FIG. 4

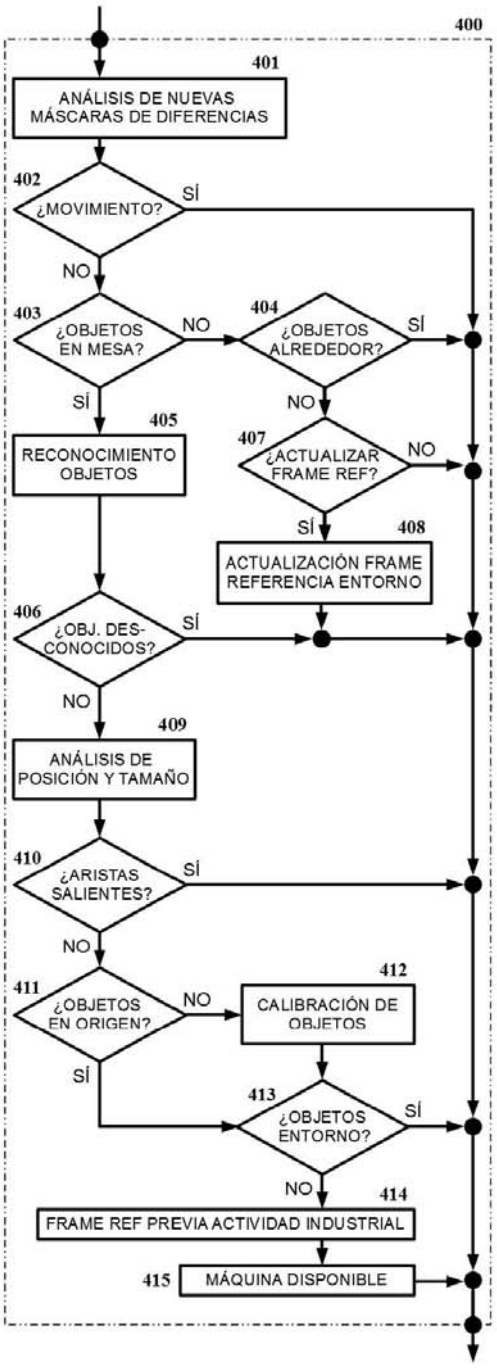

400
401
ANÁLISIS DE NUEVAS MÁSCARAS DE DIFERENCIAS
402
¿MOVIMIENTO?
SÍ
NO
403
¿OBJETOS EN MESA?
NO
404
¿OBJETOS ALREDEDOR?
SÍ
NO
SÍ
405
RECONOCIMIENTO OBJETOS
407
¿ACTUALIZAR FRAME REF?
NO
SÍ
408
ACTUALIZACIÓN FRAME REFERENCIA ENTORNO
406
¿OBJ. DES-CONOCIDOS?
SÍ
NO
409
ANÁLISIS DE POSICIÓN Y TAMAÑO
410
¿ARISTAS SALIENTES?
SÍ
NO
411
¿OBJETOS EN ORIGEN?
NO
412
CALIBRACIÓN DE OBJETOS
SÍ
413
¿OBJETOS ENTORNO?
SÍ
NO
414
FRAME REF PREVIA ACTIVIDAD INDUSTRIAL
415
MÁQUINA DISPONIBLE

FIG. 5

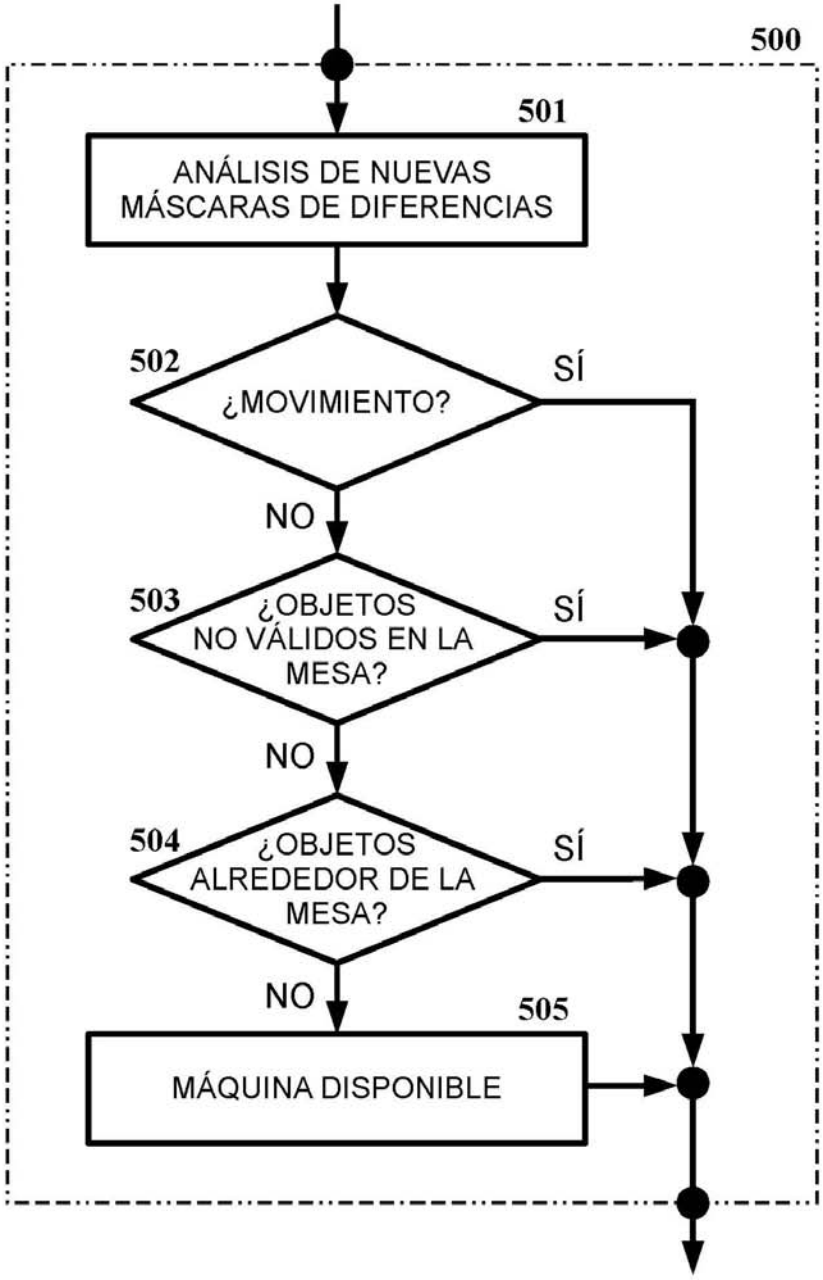

500
501
ANÁLISIS DE NUEVAS MÁSCARAS DE DIFERENCIAS
502
¿MOVIMIENTO?
SÍ
NO
503
¿OBJETOS NO VÁLIDOS EN LA MESA?
SÍ
NO
504
¿OBJETOS ALREDEDOR DE LA MESA?
SÍ
NO
505
MÁQUINA DISPONIBLE

FIG. 6

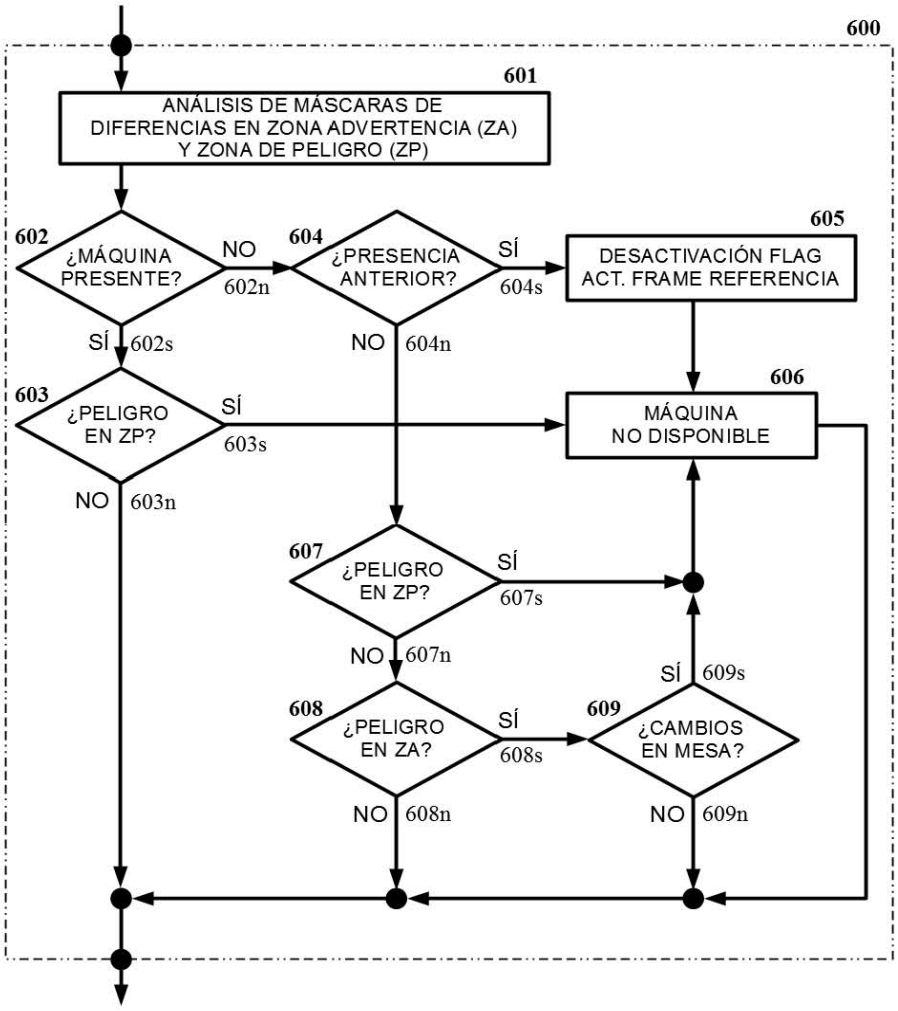

600
601
ANÁLISIS DE MÁSCARAS DE DIFERENCIAS EN ZONA ADVERTENCIA (ZA) Y ZONA DE PELIGRO (ZP)
602
¿MÁQUINA PRESENTE?
NO
602n
604
¿PRESENCIA ANTERIOR?
SÍ
604s
605
DESACTIVACIÓN FLAG ACT. FRAME REFERENCIA
SÍ
602s
NO
604n
603
¿PELIGRO EN ZP?
SÍ
603s
606
MÁQUINA NO DISPONIBLE
NO
603n
607
¿PELIGRO EN ZP?
SÍ
607s
NO
607n
SÍ
609s
608
¿PELIGRO EN ZA?
SÍ
608s
609
¿CAMBIOS EN MESA?
NO
608n
NO
609n

FIG. 7

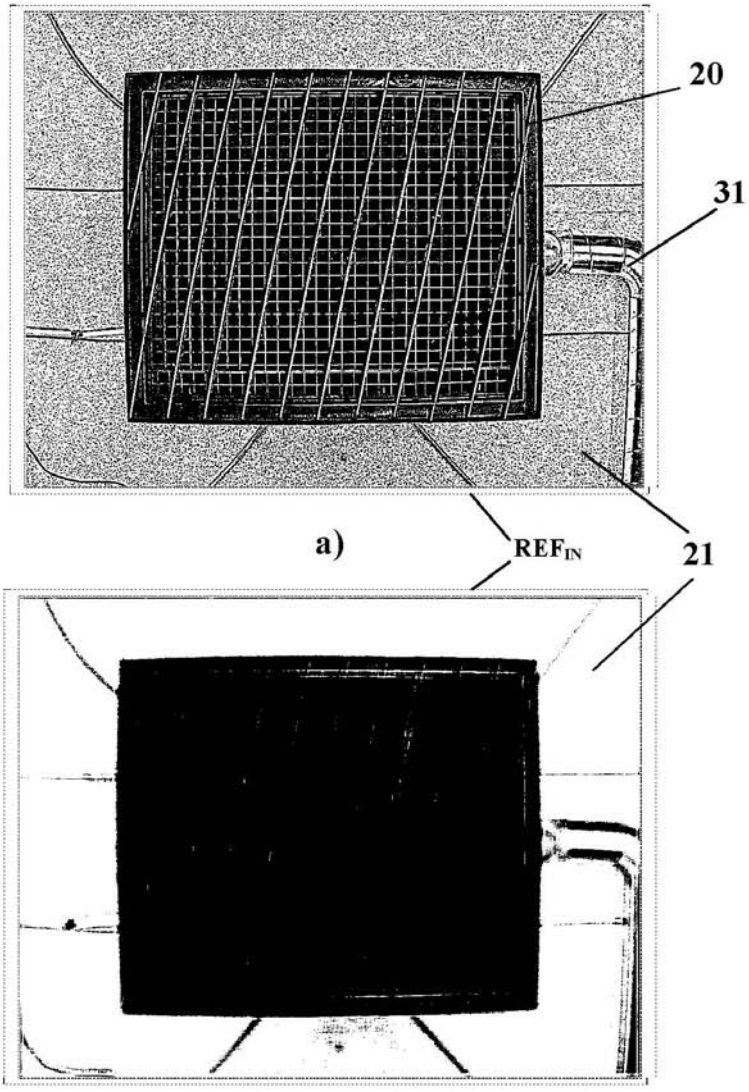


FIG. 8

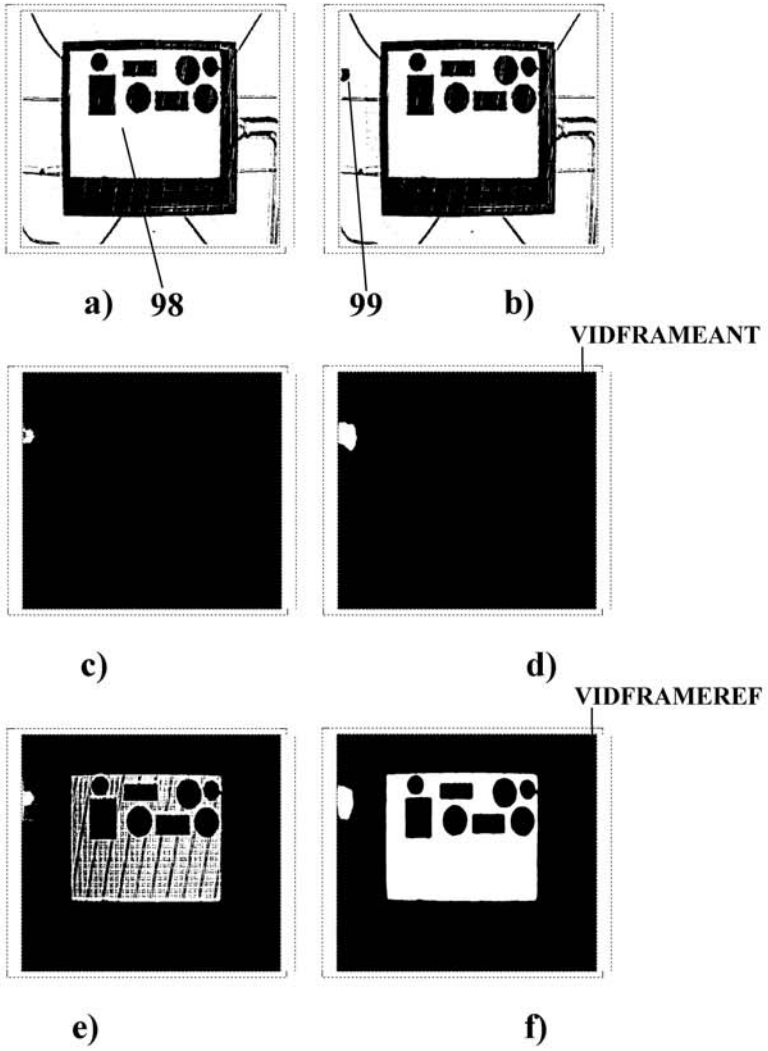


FIG. 9

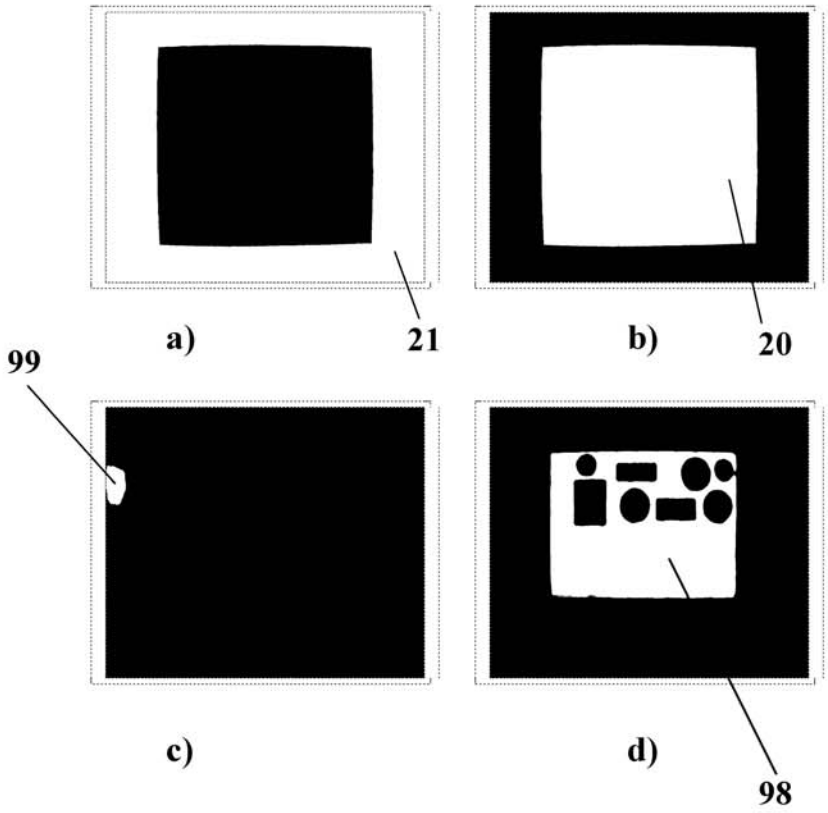


FIG. 10

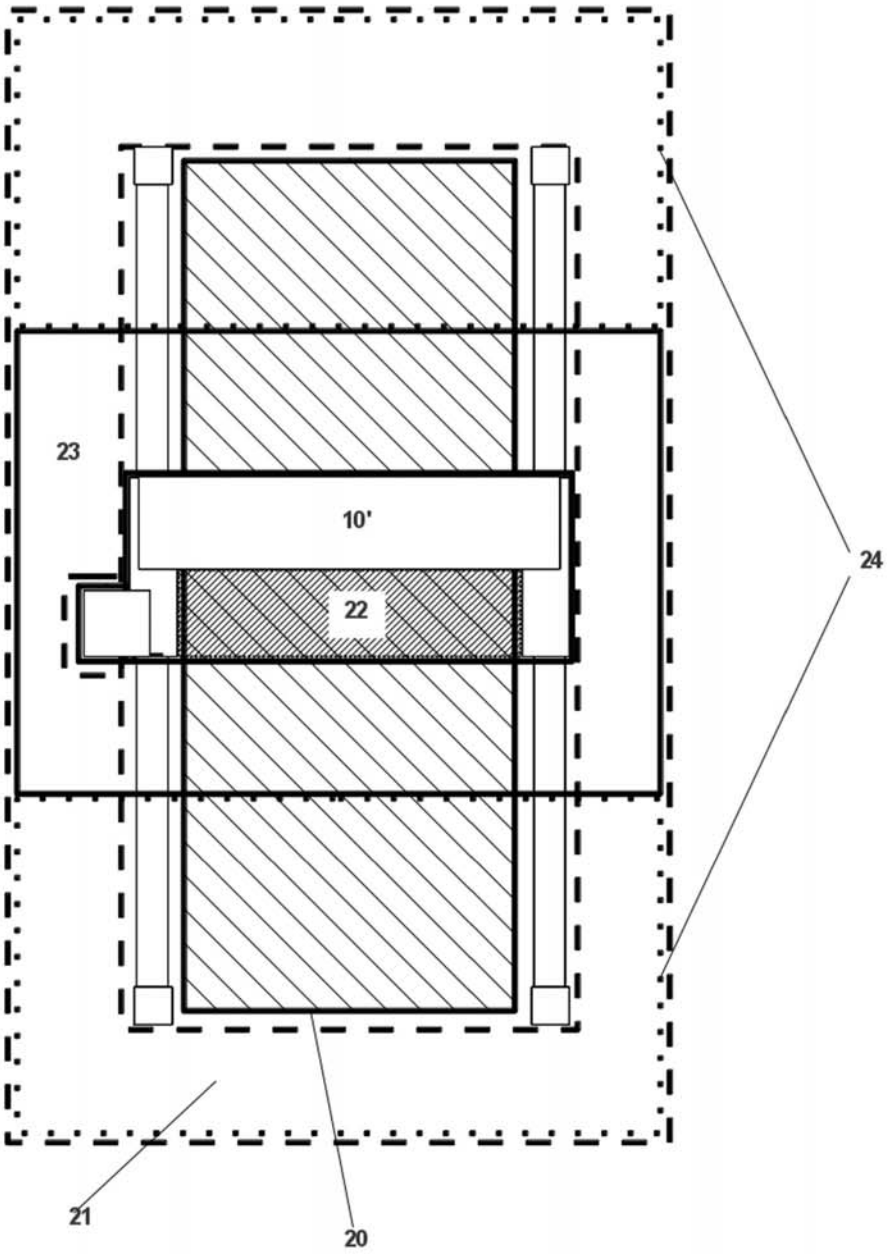


FIG. 11

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201132098

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 23.12.2011

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) **Documentos citados**	**Reivindicaciones afectadas**
X	US 6829371 B1 (NICHANI et al.) 07.12.2004, columna 11, línea 65 – columna 24, línea 46; figuras.	1-4
A		5-10
X	EP 1457730 A2 (OMRON TATEISI ELECTRONICS) 15.09.2004, párrafos [0024-0058]; figuras 1-11B.	1-4
A		5-10
A	US 8024060 B2 (ALPAY et al.) 20.09.2011, columna 2, línea 60 – columna 6, línea 52; figuras.	5-10
A	CN 201424012 Y (UNIV BEIJING TECHNNOLOGY) 17.03.2010, resumen; figuras. Extraída de la base de datos EPODOC en EPOQUE.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	**Examinador**	**Página**
15.08.2013	P. Pérez Fernández	1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F16P3/14 (2006.01)
B21D55/00 (2006.01)
B25J19/06 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F16P, B21D, B25J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, PAJ

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 15.08.2013

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	5-10	**SI**
	Reivindicaciones	1-4	**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	5-10	**SI**
	Reivindicaciones	1-4	**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 6829371 B1 (NICHANI et al.)	07.12.2004

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Falta de Novedad

Reivindicación nº 1
Se establece el documento D01 como el más próximo del Estado de la Técnica.

Dicho documento D01 hace referencia a "un método y aparato de seguridad en dos dimensiones por máquina de visión" y contiene:
- un dispositivo de adquisición de imágenes (101) que comprende, al menos, una cámara (10) (ver columna 11, líneas 65-67; figura 1).
-una unidad de procesamiento de imágenes (26), implementada en un procesador de ordenador que recibe imágenes de vídeo digitalizadas (ver columna 12, líneas 11-14; figura 1).
-un módulo de control (30) que activa la salida de una alarma (16) (ver columna 12, líneas 16-18; figura 1).

El objeto de la invención recogido en la reivindicación nº 1 deriva directamente y sin ningún equívoco del documento D01. Por lo tanto, la reivindicación nº 1 carece de Novedad (Art 6.1 LP).

Reivindicación nº 2
Las características de la reivindicación nº 2 están ya contenidas en el documento D01 (ver columna 18, líneas 63-67; columna 12, líneas 3-6; figura 1). Por consiguiente, la reivindicación nº 2 carece de Novedad (Art 6.1 LP).

Reivindicación nº 3
Las características de la reivindicación nº 3 están contenidas en el documento D01 (ver columna 12, líneas 16-18; columna 15, líneas 5-9; figura 1). Por lo tanto, la reivindicación nº 7 carece de Novedad (Art 6.1 LP).

Reivindicación nº 4
El objeto de la reivindicación nº 4 aparece en el documento D01 (ver columna 20, líneas 32-37). Por consiguiente, la reivindicación nº 8 carece de Novedad (Art 6.1 LP).