(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 673 167**

(21) Número de solicitud: 201631621

(51) Int. CI.:

G06T 7/00 (2007.01)
G06K 9/00 (2006.01)
F16P 3/00 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

20.12.2016

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

20.06.2018

(71) Solicitantes:

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

(72) Inventor/es:

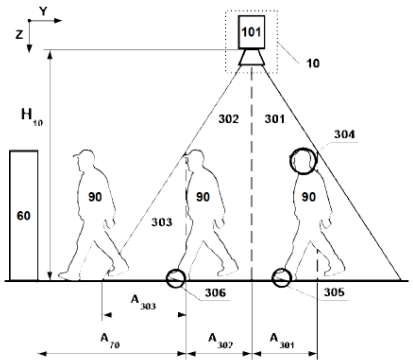
FERNÁNDEZ MUÑOZ, Juan Álvaro y
MORENO RABEL, María Dolores

(54) Título: **VÍDEO CORTINA DE SEGURIDAD PARA DETECCIÓN REDUNDANTE Y DIRECCIONAL DE ACCESO A ZONA DE PELIGRO ASOCIADA A MAQUINARIA INDUSTRIAL**

(57) Resumen:

Video cortina de seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial.

La presente invención se refiere a un método y un sistema de seguridad para una máquina industrial que comprende: adquirir una información visual de la zona de protección mediante una o más cámaras dispuestas sobre la zona de protección, que comprende una primera zona de protección más alejada de la máquina y una segunda zona de protección más cercana a la misma; determinar, mediante una unidad de control, a partir de la información visual, la presencia de objetos en la zona de protección; y una vez se ha determinado la presencia de objetos, determinar, en la unidad de control, la detención de la máquina si se detecta la presencia de al menos un objeto en la primera zona de protección y después en la segunda zona de protección, en instantes de tiempo consecutivos.



a)
FIG. 4

ES 2 673 167 A1

VÍDEO CORTINA DE SEGURIDAD PARA DETECCIÓN REDUNDANTE Y DIRECCIONAL DE ACCESO A ZONA DE PELIGRO ASOCIADA A MAQUINARIA INDUSTRIAL

D E S C R I P C I Ó N

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se incluye en el sector de la seguridad en máquinas, en concreto dentro del área de los Dispositivos de Protección basados en Visión empleados para detectar el acceso de personas u objetos a una zona de peligro asociada a maquinaria industrial, a partir de la información visual proporcionada por un Sistema de Visión Artificial e impedir las funciones de la máquina si procede.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Un Dispositivo de Protección Basado en Visión (VBPD) esencialmente se compone de tres partes: (1) un Sistema de Visión Artificial (SVA) formado por al menos una cámara que monitoriza un campo de visión definido (FOV) donde se incluye la zona de acceso asociada a una línea de acceso a la zona de peligro (DZ) de una máquina, (2) un interruptor de salida (OSSD) conectado al sistema de control de la máquina para impedir o permitir sus funciones, y (3) una unidad de control que gestiona la información visual proporcionada por el SVA, a partir de la cual realiza detección de presencia en su FOV útil (región del FOV del SVA utilizada para realizar la detección) y la actuación del OSSD. Las acciones llevadas a cabo por un VBPD permiten:

- desactivar e impedir las funciones de una máquina cuando detecta al menos un objeto en el FOV útil combinado de su SVA, por ejemplo cuando un trabajador accede a la DZ de dicha máquina, y
- prevenir la activación o habilitación de las funciones de dicha máquina mientras al menos un objeto permanece en dicho FOV útil.

Los VBPDs disponibles en la literatura utilizan cámaras de tres tecnologías diferentes: estándar (2D), TOF (tiempo de vuelo) y estéreo, y alguno de los siguientes principios para realizar la detección: interrupción de la luz reflejada por un retro-reflector, TOF de la señal de

luz enviada desde una cámara de este tipo a los objetos presentes en su FOV útil, o monitorización de los cambios de patrones de fondo.

- Los VBPDs basados en cámaras estándar (2D) utilizan el principio de monitorización de los cambios de patrones de fondo para detectar la presencia de objetos en la zona del entorno monitorizada por el SVA (FOV útil), en adelante referida como zona de protección (PZ), mediante la comparación de una imagen actual y de una imagen de referencia, sin presencia de objetos, de dicho FOV útil.

- Los VBPDs basados en cámaras estéreo, como (US 6,297,844 B1, 02/10/01, Cognex Corporation; US 7,729,511 B2, 01/06/10, Pilz GmbH & Co. KG y Daimler AG; US 2012/0182419 A1, 19/07/12, Wietfeld), utilizan dos o tres cámaras monocromas en una disposición física similar a los ojos humanos, para obtener diferentes vistas de la PZ. La información visual capturada por cada una de estas cámaras se relaciona en un dispositivo que calcula las disparidades, es decir, las diferencias en la posición dentro de la imagen de los objetos presentes en el FOV útil común de dichas cámaras estereoscópicas, a partir de las cuales se obtiene el mapa de profundidad de los objetos que son visualizados conjuntamente por cada par de cámaras.

- Los VBPDs basados en cámaras TOF, no normalizados ni comercializados actualmente, determinan la distancia de la cámara a la que se encuentran los objetos presentes en la PZ midiendo el TOF de la señal de luz enviada desde la cámara a estos objetos para cada punto de la imagen capturada. Estos VBPDs detectan la presencia de objetos en dicha PZ si el mapa de profundidad de la PZ obtenido por la cámara no se corresponde con el determinado para la PZ de referencia (Schmidt y Wang, Journal of Manufacturing Systems, 33(4), p.711-718, 2014). La frecuencia de captura de las cámaras utilizadas por este tipo de VBPD es superior a la de las cámaras estándar (2D) y estéreo (al menos 5:1) utilizadas por los VBPDs 2D y 3D, respectivamente. Sin embargo, su resolución es bastante menor (de 1:5 a 1:10) (Schuon et al, IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, p.1-7, 2008).

Los VBPDs basados en cámaras TOF y en cámaras estéreo trabajan con un mapa de profundidad, que contiene información de la profundidad o distancia de la cámara a la que se encuentran los objetos presentes en la PZ (FOV útil). No obstante, la fiabilidad de la detección de presencia llevada a cabo por los VBPDs basados en cámaras estéreo está

supeditada a que pueda establecerse de forma fiable dicho mapa de profundidad, lo que hace inviable su uso en determinadas aplicaciones, por ejemplo cuando se pretende detectar la presencia de objetos de altura menor que 300 mm en el suelo de la PZ (US 7,729,511 B2, 01/06/10, Pilz GmbH & Co. KG). Además, tanto los VBPDs basados en cámaras TOF como los basados en cámaras estéreo tienen asociado un mayor coste computacional que los basados en cámaras estándar (2D).

Las soluciones del estado del arte de VBPDs más cercanas a la presente invención son:

- Un VBPD basado en imagen digital bidimensional (2D) que, mediante el adecuado procesamiento de las imágenes capturadas por un SVA formado por al menos una cámara estándar (2D), instalado en posición cenital sobre la DZ de una máquina, detecta el acceso de objetos a dicha DZ, siempre que dichos objetos ocluyan una cinta de seguridad situada a una distancia preestablecida del borde perimetral externo de la DZ, desde el punto de vista del SVA. Para asegurar la oclusión de la cinta de seguridad, este SVA se instala sobre la DZ de manera que el FOV de cada cámara en la dimensión elegida contiene totalmente la cinta de seguridad. Este VBPD impide las funciones de la máquina mediante la actuación de su OSSD si detecta que al menos un objeto ocluye al menos parcialmente la cinta de seguridad, o las permite en caso contrario (US 6,829,371 B1, 07/12/04, Cognex Corporation).

- Un VBPD tridimensional (3D) que incluye un SVA formado por dos o tres cámaras de vídeo analógicas o digitales y monocromas, dispuesto cenitalmente de tal manera que permite visualizar conjuntamente la zona de acceso asociada a una línea de acceso a la DZ de una máquina. La información visual capturada por este SVA se transmite a un ordenador que actúa como unidad de control para su posterior procesamiento. Esta información visual se almacena de forma sincronizada en una unidad de almacenamiento de dicha unidad de control. Esta unidad de control está asociada a un procesador que procesa dicha información visual mediante un programa de ordenador que también está guardado en dicha unidad de almacenamiento. En esta unidad también se almacenan de forma temporal los resultados de dicho procesamiento y las señales de advertencia o de alarma, que también se envían mediante los puertos de comunicación convenientes al OSSD, para que permita o impida las funciones de la máquina (US 6,297,844 B1, 02/10/01, Cognex Corporation; US 2012/0182419 A1, 19/07/12, Wietfeld).

- Un VBPD 3D cuyo SVA está constituido a su vez por tres cámaras digitales monocromas, una unidad de análisis que actúa como unidad de control y un sistema programable de seguridad y control (US 7,729,511 B2, 01/06/10, Pilz GmbH & Co. KG y Daimler AG). Dicho SVA se instala en posición cenital sobre una máquina que tiene asociado un alto riesgo debido a su elevada velocidad de giro, por ejemplo un brazo robótico, para detectar el acceso a su DZ. La PZ de este VBPD está formada por una zona de peligro y, opcionalmente, por una zona de advertencia circundante a su vez a dicha zona de peligro. Esta PZ, que rodea la DZ de la máquina, excluye el volumen donde la máquina lleva a cabo su actividad, que debe establecerse durante la etapa de configuración de este VBPD 3D, así como la región más próxima a dicha máquina, la región más próxima al SVA donde la capacidad de detección está limitada por la resolución y rango operativo de este VBPD 3D, y la zona circundante a la PZ, donde el cálculo de las disparidades no puede realizarse de forma fiable. Las cámaras de este SVA transmiten sus imágenes a través de cables de alta velocidad a la unidad de control, que recibe y procesa dichas imágenes y genera las señales de seguridad que deben enviarse al sistema programable de seguridad y control, que a su vez actúa de interfaz con el OSSD. Este sistema recibe una señal de alarma que indica si la zona monitorizada es segura o no. No obstante, solo actúa sobre el OSSD cuando detecta presencia en la zona de peligro de la PZ de este VBPD 3D y las funciones de la máquina están habilitadas o cuando detecta que el entorno es seguro y las funciones de la máquina están impedidas. Dicho sistema programable de seguridad y control también está conectado a un indicador visual tipo semáforo que informa del estado de seguridad de la PZ.

- Un VBPD mixto 2D-3D que detecta la presencia de objetos que se disponen a acceder a la DZ de una máquina a partir de la información visual proporcionada por una cámara estándar (2D) cenital, del patrón de luz proyectado en la zona de acceso (PZ) asociada a una línea de acceso a dicha DZ desde una fuente de luz, también dispuesta en posición cenital a una cierta distancia de la cámara, mediante una técnica conocida como luz estructurada. La cámara estándar (2D) visualiza y captura una imagen lateral del patrón de luz proyectado sobre los objetos que acceden a dicha PZ. Esta información visual proporciona a este VBPD mixto 2D-3D un medio a partir del cual puede obtenerse información de profundidad (3D) de dichos objetos, ya que si se genera y visualiza oblicuamente una línea de luz, las distorsiones detectadas en dicha línea se traducen en variaciones en profundidad (o distancia a la cámara). La imagen capturada del FOV útil se compara con la imagen de referencia de dicho FOV útil obtenida durante la etapa de configuración inicial de este VBPD mixto 2D-3D. Esta comparación permite detectar distorsiones en el patrón de luz proyectado

sobre la PZ, con el fin de generar una señal de alarma que permita que el OSSD impida las funciones de la máquina o las mantenga impedidas si se detecta que estas distorsiones superan un umbral preestablecido (US 7,167,575 B1, 23/01/07, Cognex Corporation).

De forma general, los VBPDs definidos previamente se caracterizan por:

- No depender de la máquina presente en el entorno, cuyos riesgos pretende evitar o atenuar, ya que en su PZ no incluye ni la máquina ni su DZ.

- No monitorizar lo que ocurre en la DZ de una máquina, lo que no impide que cualquier persona presente en ella y no monitorizada por el SVA pueda sufrir un accidente laboral.

- Impedir las funciones de una máquina cuando detectan al menos un objeto en su PZ asociada, independientemente de que dicho al menos un objeto acceda o salga de la DZ de dicha máquina.

- No realizar la detección de presencia de forma redundante, es decir, impedir las funciones de una máquina inmediatamente al detectar un objeto en su PZ asociada, sin comprobar de forma redundante la presencia de dicho objeto en la PZ, antes de inhabilitar las funciones de dicha máquina.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

La presente invención resuelve los problemas mencionados anteriormente proporcionando un método y su correspondiente sistema de Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial. Para ello se presenta, en un primer aspecto de la invención, un método de seguridad para una máquina industrial basado en la detección de presencia de objetos en una zona de protección PZ asociada a la máquina, donde el método comprende los pasos de:

a) adquirir una información visual asociada a la PZ, proporcionada por al menos una cámara dispuesta sobre dicha PZ, la cual comprende una primera zona de protección PZ1 más alejada de la máquina y una segunda zona de protección PZ2 más cercana a la máquina;

b) determinar, mediante una unidad de control, a partir de la información visual adquirida, la presencia o no presencia de objetos en la PZ;

c) una vez se ha determinado la presencia de objetos en la PZ, determinar, en la unidad de control, la detención de la máquina si se cumple al menos un primer criterio de seguridad, que comprende detectar la presencia de un objeto en la primera zona de protección, PZ1, y detectar, en un instante consecutivo en el tiempo, la presencia del objeto en la segunda zona de protección, PZ2. Así, ventajosamente se realiza una detección redundante y direccional de los objetos o personas que previsiblemente van a acceder a la máquina y en consecuencia, provocar su detención.

Adicionalmente, la presente invención contempla impedir inicialmente el funcionamiento de la máquina y mantenerlo impedido hasta que transcurra un cierto tiempo de latencia después de que:

- la unidad de control determine en el paso b) que no hay presencia de objetos en la PZ o
- la unidad de control determine la presencia de un objeto en la PZ pero, de acuerdo al paso c), no se cumpla el primer criterio de seguridad.

En una de las realizaciones de la presente invención, una vez se ha determinado la detención de la máquina, el método comprende:

- ejecutar de manera iterativa los pasos a) - c);
- mantener impedido el funcionamiento de la máquina hasta que transcurra un cierto tiempo de latencia, el cual comienza después de que la unidad de control determine el cumplimiento de un conjunto de condiciones, que al menos comprende:
  - que no hay presencia de objetos en la PZ, de acuerdo al paso b); o
  - que hay presencia de al menos un objeto en la PZ, pero no se cumple el primer criterio de seguridad de acuerdo al paso c);
- reanudar el funcionamiento de la máquina una vez transcurrido el tiempo de latencia, durante el cual se haya cumplido el conjunto de condiciones anterior.

Así, ventajosamente se mantiene parada la máquina hasta que se determina que la situación es segura para reanudar el funcionamiento.

De forma adicional, la presente invención contempla en una de sus realizaciones que el conjunto de condiciones comprenda detectar la presencia de un objeto en la segunda zona de protección, PZ2, y detectar, en un instante consecutivo en el tiempo, la presencia del objeto en la primera zona de protección, PZ1. De esta manera, ventajosamente se

comprueba la salida de un objeto que previamente había entrado en la zona de peligro (DZ) de la máquina, y previene posibles accidentes incluso cuando ese objeto que entró no estaba siendo monitorizado.

De acuerdo a una de las realizaciones de la presente invención, la PZ puede incluir una tercera zona de protección, PZ3, más cercana a la máquina que la segunda zona de protección, PZ2, y además dicha realización comprende determinar, por la unidad de control, la detención de la máquina si se cumple un segundo criterio de seguridad, que comprende detectar la presencia de un objeto en la PZ3. Así, ventajosamente se contemplan también las situaciones en las que un objeto, normalmente inmóvil o estático, queda situado en un punto muy cercano a la máquina, como por ejemplo el caso de que un operario acceda a la máquina y deje olvidado algún objeto en sus inmediaciones. Por tanto, además de prevenir los casos de acceso peligroso, así se previenen también los casos de riesgo por una cercanía excesiva a la máquina.

La presente invención contempla en una de sus realizaciones, una vez que la unidad de control determina la detención de la máquina, enviar una orden, desde la unidad de control, a un interruptor OSSD conectado a la máquina, que abre dicho interruptor OSSD e impide el funcionamiento de la máquina. Así se gestiona ventajosamente la desactivación de la máquina mediante la actuación de dicho interruptor OSSD en el sistema de control de la máquina.

Determinar la presencia de objetos comprende, de acuerdo a una de las realizaciones, los pasos de:

- almacenar en una unidad de almacenamiento de la unidad de control información de posición de la al menos una cámara;
- determinar para cada uno de los píxeles si pertenecen a un campo de visión definido para la al menos una cámara y a qué PZ pertenecen, en función de una imagen de referencia del campo de visión definido para la al menos una cámara, una imagen adquirida por dicha cámara y la información de posición almacenada.

Ventajosamente, esta comparación de las imágenes adquiridas con un patrón de fondo, detecta los cambios producidos y revela que hay un objeto en la imagen.

En una realización de la invención, además se contempla establecer un umbral mínimo de detección de objetos que permite detectar objetos cuya área proyectada en el plano que

contiene el suelo de la zona de acceso y que se visualiza desde el SVA, es mayor o igual que un tamaño mínimo establecido.

El tamaño mínimo puede ser diferente en cada una de las zonas de protección. Así, de acuerdo a una de las realizaciones, puede establecerse un tamaño mínimo para la primera y segunda zonas de protección de acuerdo a la norma ISO 15534-3 para la cabeza de la persona de menor estatura tabulada en dicha norma y, en cambio, para la tercera zona de protección, establecerse un tamaño mínimo de acuerdo a una medida de medio pie de la persona de menor estatura tabulada en la norma ISO 15534-3. Así, ventajosamente se adapta la invención al caso particular de que el objeto a identificar sea una persona, ya que es uno de los principales casos que se consideran.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema de seguridad para una máquina industrial basado en la detección de presencia de objetos en una zona de protección PZ asociada a la máquina, donde el sistema comprende:

- al menos una cámara dispuesta sobre la PZ, donde esta PZ comprende una primera zona de protección, PZ1, más alejada de la máquina y una segunda zona de protección, PZ2, más cercana a la máquina, donde dicha al menos una cámara está configurada para adquirir una información visual asociada a la PZ; y
- una unidad de control conectada con la al menos una cámara, configurada para determinar, a partir de la información visual adquirida, la presencia o no presencia de objetos en la PZ; y una vez se ha determinado la presencia de objetos en la PZ, determinar, la detención de la máquina si se cumple al menos un primer criterio de seguridad, que comprende detectar la presencia de un objeto en la primera zona de protección, PZ1, y detectar, en un instante consecutivo en el tiempo, la presencia del objeto en la segunda zona de protección, PZ2.

Adicionalmente, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, la unidad de control está además configurada para mantener impedido el funcionamiento de la máquina hasta que transcurra un cierto tiempo de latencia, el cual comienza después de que la unidad de control determine el cumplimiento de un conjunto de condiciones, que al menos comprende:

- determinar que no hay presencia de objetos en la zona de protección; o
- determinar la presencia de un objeto en la zona de protección, pero que no se cumple el primer criterio de seguridad; y

donde el sistema además comprende un interruptor OSSD conectado a la unidad de control y a la máquina, donde dicho interruptor está configurado para recibir una orden desde la

unidad de control que provoca la apertura del interruptor e impide, como resultado de la apertura del interruptor, el funcionamiento de la máquina; y donde dicho interruptor está además configurado para, una vez transcurrido el tiempo de latencia, recibir una orden desde la unidad de control que provoca el cierre del interruptor y, como resultado del cierre del interruptor, permitir el funcionamiento de la máquina.

Una de las realizaciones de la invención contempla que la al menos una cámara se disponga sobre la PZ de manera que su eje óptico se sitúe sobre la línea virtual que separa la primera zona de protección, PZ1, de la segunda zona de protección, PZ2.

Opcionalmente la presente invención puede incorporar unas guardas fijas que protegen el acceso a la DZ de la máquina, excepto por una línea de acceso, pudiendo dichas guardas fijas disponerse ventajosamente de manera que se restrinja el acceso a la DZ en diagonal desde los extremos de dicha línea de acceso.

De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, el sistema comprende un número par de cámaras adicionales a la al menos una cámara, en dirección normal a una línea de acceso a la máquina, y una o más cámaras adicionales a la al menos una cámara, en dirección paralela a la línea de acceso a la máquina. Ventajosamente, utilizando una pluralidad de cámaras las opciones de configuración espacial y la forma y dimensiones de la zona monitorizada (PZ) son más flexibles.

Opcionalmente, una de las realizaciones de la invención comprende un indicador visual y/o sonoro conectado a la unidad de control, donde dicho indicador visual y/o sonoro está configurado para proporcionar cierta información a un usuario, donde la cierta información comprende una o varias de las siguientes informaciones:

- un resultado instantáneo de la detección de presencia de objetos llevada a cabo por la unidad de control en las distintas zonas de la PZ;
- un estado abierto o un estado cerrado del interruptor OSSD; y
- un número acumulado de accesos y salidas de objetos a través de una línea de acceso de la máquina durante un periodo de tiempo definido.

Un último aspecto de la invención se refiere a un producto de programa de ordenador que comprende código de programa de ordenador, adaptado para realizar el procedimiento de la invención cuando dicho código de programa es ejecutado en un ordenador, un procesador

de señales digitales, una formación de compuertas programables en el terreno, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un micro-controlador o cualquier otra forma de hardware programable.

En cuanto a las diferencias y ventajas de la presente invención respecto del estado del arte, cabe señalar que los VBPDs comparten el mismo objetivo que la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención: detener las funciones de una máquina cuando detectan un objeto que se dispone a acceder a su DZ asociada. Sin embargo, existen notables diferencias entre ellos y la presente invención, como por ejemplo:

- Un VBPD está constituido esencialmente por (1) un SVA formado por al menos una cámara que monitoriza la zona de acceso asociada a una línea de acceso a la DZ de una máquina (PZ), (2) un OSSD conectado al sistema de control de la máquina para impedir o permitir sus funciones, y (3) una unidad de control que gestiona la información visual proporcionada por el SVA, a partir de la cual realiza detección de presencia en su FOV útil (región del FOV del SVA utilizada para realizar la detección), y la actuación del OSSD. De forma similar, una Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial está constituida esencialmente por (1) un SVA formado por al menos una cámara estándar (2D) que monitoriza la zona de acceso asociada a una línea de acceso a la DZ de una máquina y, opcionalmente, al menos la zona contigua a dicha zona de acceso, que incluye la propia línea de acceso y la parte de la DZ asociada a la misma, que forma parte de su borde perimetral externo, (2) un OSSD conectado al sistema de control de la máquina para impedir o permitir sus funciones, y (3) una unidad de control que realiza detección de presencia en el FOV útil de al menos una cámara estándar (2D) y que además gestiona la actuación del OSSD. Sin embargo, la detección de presencia realizada por su unidad de control a partir de la información visual capturada por dicho SVA, es diferente a la llevada a cabo por la unidad de control de un VBPD.

- El SVA de un VBPD monitoriza exclusivamente la zona de acceso asociada a una línea de acceso a la DZ de una máquina. La Vídeo Cortina de Seguridad propuesta, además de monitorizar la zona de acceso asociada a una línea de acceso a la DZ de una máquina, también monitoriza, de forma opcional, al menos la zona contigua a dicha zona de acceso, que incluye la propia línea de acceso y la parte de la DZ asociada a la misma, que forma parte de su borde perimetral externo.

- Un VBPD considera como única la PZ donde realiza la detección de presencia. Por contra, la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial divide su PZ en al menos dos zonas situadas, la primera, próxima al borde perimetral externo de la DZ de una máquina asociado a su línea de acceso (PZ2) y la segunda (PZ1), alejada de dicha DZ y circundante a PZ2. Esta división se realiza con el fin de detectar tanto el acceso como la salida de al menos un objeto de la DZ de una máquina de forma redundante. Opcionalmente, la PZ de la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención también incluye una tercera zona, PZ3, que monitoriza al menos la zona contigua a dicha zona de acceso, que incluye la propia línea de acceso y la parte de la DZ asociada a la misma, que forma parte de su borde perimetral externo.

- La disposición espacial de las cámaras que forman el SVA de un VBPD depende de cómo realiza su unidad de control la detección de presencia. Por diseño, esta disposición espacial no considera el efecto proyectivo, es decir, no tiene en cuenta que los objetos o partes de los objetos que están total o parcialmente dentro del FOV de una cámara en una posición separada de su eje óptico y del plano imagen (plano en el que se forma la imagen producida por la cámara que, cuando se dispone en posición cenital, es perpendicular a su eje óptico) aparecen proyectados sobre dicho plano imagen en la imagen capturada. Sin embargo, la disposición espacial de la al menos una cámara estándar (2D) que forma el SVA de la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención tiene en cuenta este efecto proyectivo por diseño al realizar detección de presencia de forma redundante en su PZ. Esta consideración de diseño obliga a disponer espacialmente el SVA de manera que el eje óptico de la al menos una cámara estándar (2D) que visualiza la línea virtual de transición existente entre la PZ1 y la PZ2 esté situado en la vertical de dicha línea. De esta forma, se evita que la detección de presencia realizada sobre esta línea, crítica a la hora de determinar cuándo al menos un objeto se dispone a acceder a la DZ de una máquina o sale de dicha DZ, se vea afectada por este efecto y, además, que cualquier objeto presente en la PZ1 aparezca proyectado en la PZ2 y viceversa.

- Un VBPD impide las funciones de una máquina cuando detecta la presencia de al menos un objeto en cualquier región de su PZ, aunque dicho al menos un objeto provenga de la DZ y, por tanto, ya no esté expuesto a riesgos, y las mantiene en este estado mientras detecta presencia en dicha zona. Por contra, la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención solo impide las funciones de una máquina cuando determina que al menos un objeto se dispone a acceder a su DZ, es decir, cuando ha sido detectado primero en la PZ1 y

posteriormente en la PZ2, y las mantiene en este estado mientras dicha presencia no cese. Opcionalmente, la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial, también impide las funciones de una máquina cuando detecta presencia en la PZ3.

La división por zonas realizada en la PZ PZ1-PZ2 asociada a la línea de acceso a la DZ de una máquina, que posibilita la detección de presencia redundante en dicha PZ, permite determinar cuándo al menos un objeto accede (primero se ha detectado en la PZ1 y posteriormente en la PZ2) o sale (primero se ha detectado en la PZ2 y posteriormente en la PZ1) de la DZ. Esta capacidad de la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención de determinar la dirección hacia donde se mueven los objetos posibilita que, de forma opcional, también se mantengan impedidas las funciones de una máquina mientras que un objeto cuyo acceso a la DZ de una máquina se ha detectado previamente, no abandone dicha zona, aunque este objeto no sea monitorizado por el SVA mientras permanezca en la DZ. Opcionalmente, esta detección de presencia puede incluir el reconocimiento de al menos un fiducial que permita la identificación de al menos un objeto dentro del grupo de los objetos detectados.

- Si el SVA de un VBPD está formado por más de una cámara, su unidad de control debe relacionar la información visual del FOV útil de cada una de ellas para realizar detección de presencia. Por contra, la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención no necesita relacionar dicha información visual para llevar a cabo la detección, aunque su SVA esté formado por más de una cámara estándar (2D), ya que dicha detección se lleva a cabo en la unidad de control de forma individualizada sobre el FOV útil de cada cámara estándar (2D) que forma el SVA.

- Según lo indicado en las normas IEC 61496-4 e IEC 61496-4-2, un VBPD es un dispositivo que está formado por un única cámara, si utiliza patrones de fondo para llevar a cabo la detección de presencia, o por dos o tres cámaras, según la norma IEC 61496-4-3, si utiliza estereopsis para llevar a cabo dicha detección. Según este concepto, la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial que utiliza al menos una cámara estándar (2D) para detectar presencia, sin utilizar estereopsis, en la PZ asociada a una línea de acceso a la DZ de una máquina, puede considerarse un VBPD 2D de características funcionales avanzadas.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con unos ejemplos preferentes de realizaciones prácticas de la misma, se acompaña como parte integrante de esta descripción un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1 — Esquema de los principales elementos que forman la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención para un SVA formado por (a) una o (b) múltiples cámaras.

Figura 2 — Ejemplo esquemático de la PZ de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial para una máquina cuya DZ está protegida por Guardas Fijas y/o paredes menos por una línea de acceso a dicha DZ, por cuyos extremos solamente se puede acceder a esta DZ en dirección normal (a) y también en diagonal por uno de los extremos de dicha línea de acceso (b). En (b) una Guarda Fija reduce los posibles accesos diagonales que pueden tener lugar por el extremo inferior de la línea de acceso a la DZ.

Figura 3 — (a y b) Ejemplo esquemático de la PZ de la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención para una máquina cuya DZ está protegida por Guardas Fijas y/o paredes menos por una línea de acceso a dicha DZ, por cuyos extremos se puede acceder a esta DZ en dirección normal y también en diagonal. En (a) una Guarda Fija reduce los posibles accesos diagonales que pueden tener lugar por ambos extremos de la línea de acceso.

Figura 4 — Perfil de instalación de SVA de Vídeo Cortina de Seguridad formado por (a) una y (b) tres cámaras estándar (2D), en dirección normal a la línea de acceso a la DZ de una máquina.

Figura 5 — Esquema de disposición espacial de SVA de Vídeo Cortina de Seguridad formado por tres cámaras estándar (2D) cuyos FOVs se solapan (a) en dirección paralela y (b) en dirección normal a una línea de acceso a la DZ de una máquina.

Figura 6 — Esquema de disposición espacial de SVA de Vídeo Cortina de Seguridad formado por tres cámaras estándar (2D) cuyos FOVs se solapan en dirección normal a una línea de acceso a la DZ de una máquina.

Figura 7 — Diagrama de flujo de Vídeo Cortina de Seguridad configurada para considerar en el análisis la PZ1 y la PZ2, impedir las funciones de una máquina cuando detecta de forma redundante la presencia de un objeto que se dispone a acceder a su DZ y permitirlas transcurrido un tiempo de latencia *T0*, tras dejar de detectar presencia en su PZ asociada.

Figura 8 — Diagrama de flujo de Vídeo Cortina de Seguridad configurada para considerar en el análisis la PZ1, la PZ2 y la PZ3, impedir las funciones de una máquina cuando detecta de forma redundante la presencia de un objeto que se dispone a acceder a su DZ o presencia en la PZ3 y permitirlas transcurrido un tiempo de latencia *T0*, tras dejar de detectar presencia en estas zonas.

Figura 9 — Diagrama de flujo de Vídeo Cortina de Seguridad configurada para considerar en el análisis la PZ1 y la PZ2, impedir las funciones de una máquina cuando detecta de forma redundante la presencia de un objeto que se dispone a acceder a su DZ y permitirlas transcurrido un tiempo de latencia *T0*, tras detectar de forma redundante la salida de dicho objeto.

Figura 10 — Diagrama de flujo de Vídeo Cortina de Seguridad configurada para considerar en el análisis la PZ1, la PZ2 y la PZ3, impedir las funciones de una máquina cuando detecta de forma redundante la presencia de un objeto que se dispone a acceder a su DZ o presencia en la PZ3 y permitirlas transcurrido un tiempo de latencia *T0*, tras detectar de forma redundante la salida de dicho objeto y la no presencia de objetos en la PZ3.

Figuras 11, 12 y **13** — Secuencia de imágenes cenitales de prueba de Vídeo Cortina de Seguridad donde se ilustra cómo un trabajador, que transporta un objeto estático en su mano izquierda, accede a la DZ de una máquina, dejando en el suelo de dicha zona el objeto que transportaba y realizando actividades en la máquina durante aproximadamente 15 minutos antes de salir de dicha DZ y abandonar la PZ. Posteriormente, este trabajador regresa a la DZ para retirar el objeto estático presente en el suelo de dicha DZ antes de abandonar tanto esta DZ como la PZ.

Figura 14 — Imágenes cenitales capturadas simultáneamente en un instante dado por cinco cámaras estándar (2D) que forman el SVA de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial,

dispuestas en dirección paralela a la línea de acceso a la DZ de una máquina. Esta Vídeo Cortina de Seguridad se utiliza para detectar el acceso de objetos a la DZ de una máquina a la que solamente se puede acceder tanto en dirección normal como en dirección diagonal. En las Figuras b-f se representa el FOV de cada una de estas cámaras estándar (2D).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

A continuación se describen en detalle las características de una de las realizaciones de la invención, que se refiere a una Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial que comprende:

- un SVA, formado por al menos una cámara estándar (2D), situado cenitalmente sobre una zona de acceso asociada a una línea de acceso a la DZ de una máquina, de forma que el eje óptico de dicha al menos una cámara estándar (2D) sea perpendicular al plano de detección (generalmente el suelo de dicha zona de acceso).

De acuerdo con un aspecto de la invención, este SVA se caracteriza por:

- poseer un FOV útil que contiene una PZ que está formada a su vez por:
  - una primera zona de protección en la que se realiza detección de presencia de forma redundante. Esta primera zona de protección se caracteriza por dividirse a su vez en dos zonas que tienen unas dimensiones al menos iguales que las medidas antropométricas de una persona, para detectar su presencia, de forma redundante, cuando se dispone a acceder o salir de la DZ de una máquina. Estas zonas de protección son:
    - zona de protección 2 (PZ2) más próxima al borde perimetral externo de la DZ de una máquina asociado a una línea de acceso a dicha zona.
    - zona de protección 1 (PZ1) más alejada de dicha DZ y circundante a la PZ2.
  - y, opcionalmente, una segunda zona de protección contigua a la PZ2, zona de protección 3 (PZ3), donde se visualiza al menos la zona contigua a dicha zona de acceso, que incluye la propia línea de acceso y la parte de la DZ asociada a la misma, que forma parte de su borde perimetral externo.

- estar formado por un número de cámaras estándar (2D) *nn* mayor o igual que uno, obtenido a partir del número de cámaras estándar (2D) en dirección normal a la línea de acceso, n_A, que ha de ser mayor o igual que uno e impar, de manera que el eje óptico de la al menos una cámara estándar (2D) que visualiza la línea virtual de transición existente entre la PZ1 y la PZ2 esté en la vertical de dicha línea, y del número de cámaras estándar (2D) en dirección paralela a dicha línea de acceso, n_L, que por diseño no ha de ser necesariamente impar.

- disponerse espacialmente de manera que el eje óptico de la al menos una cámara estándar (2D) que visualiza la línea virtual de transición existente entre la PZ1 y la PZ2 esté en la vertical de dicha línea, con el fin de que los objetos que accedan o salgan de la DZ de una máquina, al pasar por esta línea virtual de transición, sean vistos por la al menos una cámara estándar (2D) sin efecto proyectivo.

- un OSSD normalmente cerrado, conectado al sistema de control de una máquina para permitir o impedir sus funciones, según le indique la unidad de control de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial, con la que se comunica de forma bidireccional.

- una unidad de control, formada por al menos un procesador, que procesa de forma individualizada la información visual proporcionada por cada cámara estándar (2D) que constituye el SVA de la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención, y gestiona la comunicación bidireccional con su OSSD. Esta unidad de control se caracteriza por:

- estar conectada de forma bidireccional con cada cámara estándar (2D) que forma el SVA, mediante un estándar de comunicación adecuado, preferentemente no inalámbrico, que le permita adquirir en tiempo real la información visual capturada por dichas cámaras estándar (2D). El número de cámaras estándar (2D) *nn* que forman dicho SVA ha de ser menor o igual que el máximo número de cámaras estándar (2D) que pueden conectarse a esta unidad de control para asegurar la detección de presencia y, por tanto, la prevención activa en tiempo real.

- incluir al menos una unidad de almacenamiento, donde almacena, para cada cámara estándar (2D) que forma el SVA, al menos la posición espacial sobre la PZ en la que está instalada cenitalmente, su FOV útil, la(s) zona(s) de la PZ contenida(s) en dicho FOV útil,

así como cualesquiera otros datos necesarios para realizar detección de presencia a partir de la información visual de su FOV útil.

- cargar en su memoria de acceso aleatorio, al iniciarse la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial, los datos necesarios para realizar detección de presencia a partir de la información visual del FOV útil de la al menos una cámara estándar (2D) que forma el SVA. En dicha memoria de acceso aleatorio también se almacenan de forma temporal, entre otros datos, al menos el estado del OSSD y el resultado de la detección de presencia llevada a cabo en la PZ1, en la PZ2 y en la PZ3 si se considera opcionalmente.

- realizar detección de presencia, a partir de la información visual capturada por la al menos una cámara estándar (2D) que forma el SVA, en la PZ1, en la PZ2 y, opcionalmente, en la PZ3. Esta detección de presencia realizada a partir de la monitorización de los cambios ocurridos en el patrón de fondo de la PZ, permite determinar cuándo al menos un objeto accede o sale de la DZ de una máquina y gestionar la actuación del OSSD, que está conectado a dicha unidad de control y al sistema de control de una máquina, y materializa la prevención activa realizada por la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención.

De acuerdo con el resultado de la detección de presencia, esta unidad de control también se caracteriza por:

- conocer y gestionar el estado del OSSD conectado a dicha unidad de control y al sistema de control de una máquina.

- impedir las funciones de una máquina de forma preventiva al iniciar la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial, indicándole al OSSD conectado a dicha unidad de control que se abra.

- permitir inicialmente las funciones de una máquina, mediante el cierre del OSSD que está conectado al sistema de control de dicha máquina y a la unidad de control, transcurrido un tiempo de latencia *T0*, al menos igual que el tiempo mínimo que tarda

una persona en recorrer en línea recta la distancia ocupada por la PZ1-PZ2 en dirección normal a la línea de acceso, añadida a la distancia hasta la máquina desde dicha línea de acceso, durante el cual se haya verificado la no presencia de objetos en la PZ1, en la PZ2, y en la PZ3 si se considera opcionalmente.

- impedir de forma inmediata las funciones de una máquina, mediante la apertura del OSSD, cuando detecta de forma redundante que al menos un objeto de área proyectada en el plano que contiene el suelo de la zona de acceso y que se visualiza desde el SVA, en adelante, proyectada en horizontal, mayor o igual que OA^1_{min} está accediendo a su DZ. Esto es, cuando detecta al menos un objeto cuya área proyectada en horizontal es mayor o igual que OA^1_{min}, primero en la PZ1 y después en la PZ2.

- mantener impedidas las funciones de una máquina y, por tanto, el OSSD abierto, mientras detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} en la PZ1 y/o en la PZ2, tras inhabilitar las funciones de dicha máquina, al detectar al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min}, que se dispone a acceder a su DZ.

- opcionalmente, impedir de forma inmediata las funciones de una máquina, mediante la apertura del OSSD, cuando detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} en la PZ3.

- opcionalmente, mantener también impedidas las funciones de una máquina mientras detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} en la PZ3, si se considera en el análisis de la PZ.

- permitir las funciones de una máquina, mediante el cierre del OSSD, transcurrido un tiempo de latencia *T0*, durante el cual se haya verificado la no existencia de objetos en la PZ1, en la PZ2, y en la PZ3 si se considera opcionalmente, tras haberse detectado previamente el acceso de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} a la DZ de dicha máquina u, opcionalmente, la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} en la PZ3.

- opcionalmente, mantener también impedidas las funciones de una máquina mientras un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min}, cuyo acceso a la DZ de una máquina ha sido detectado previamente, no abandone dicha DZ.

- y, opcionalmente, permitir las funciones de una máquina, mediante el cierre del OSSD, transcurrido un tiempo de latencia *T0*, durante el cual se haya verificado la no existencia de objetos en la PZ1, en la PZ2, y en la PZ3 si se considera opcionalmente, tras haberse detectado previamente el acceso y la salida de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} a la DZ de dicha máquina. Dicha unidad de control considera que un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} ha salido de la DZ de una máquina cuando este objeto es detectado primero en la PZ2 y después en la PZ1.

Opcionalmente, la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial se caracteriza por:

- incluir una unidad de control que detecta la presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} y/u OA^2_{min} en la PZ1-PZ2 y, opcionalmente, la presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} en la PZ3, mediante la monitorización de los cambios ocurridos en el patrón de fondo de dicha PZ, que es monitorizada por un SVA formado por al menos una cámara estándar (2D), conectado a dicha unidad de control. Opcionalmente, esta unidad de control también se caracteriza por:

  - contabilizar opcionalmente y guardar también opcionalmente en la al menos una unidad de almacenamiento, el número de accesos y salidas de la DZ de una máquina detectados durante un periodo de tiempo *TP*.

  - identificar opcionalmente al menos un objeto susceptible de acceder y/o salir de la DZ de una máquina, a partir del reconocimiento del al menos un fiducial, identificable desde el punto de vista del SVA, que incorpora el al menos un objeto que se desea identificar. Esta identificación opcional basada en fiducial permite por ejemplo distinguir o clasificar los objetos que acceden o salen de la DZ de una máquina (por ejemplo en función de su área) o contabilizar el número de accesos o salidas de un determinado objeto de dicha DZ.

- comunicarse de forma preferentemente bidireccional con un indicador visual y/o sonoro que informa al menos del resultado instantáneo de la detección de presencia llevada a cabo por la unidad de control en las distintas zonas de la PZ, del estado del OSSD y, opcionalmente, del número de accesos y salidas de la DZ de una máquina detectados.

- incluir un indicador visual y/o sonoro conectado preferentemente de forma bidireccional con la unidad de control. Este indicador visual y/o sonoro se caracteriza al menos por informar:

  - del resultado instantáneo de la detección de presencia llevada a cabo por la unidad de control en las diferentes zonas de la PZ.

  - del estado del OSSD conectado a dicha unidad de control.

  - del número de accesos y salidas de la DZ de una máquina detectados durante un periodo de tiempo mayor o igual que *TP*.

- utilizarse para detectar el acceso y la salida de objetos de la DZ de una máquina que dispone de una única línea de acceso por la que acceder a dicha DZ.

Con referencia a las figuras, se describen con detalle los elementos que comprende una Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, así como, con carácter ilustrativo y no limitativo, cuatro realizaciones preferentes de la misma.

Una Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, caracterizada por utilizarse para detectar el acceso y la salida de objetos de la DZ 70 de una máquina 60, que puede estar parcialmente protegida por Guardas Fijas 80 y/o paredes 82 y dispone de una única línea de acceso 71 por la que acceder a dicha DZ 70. Esta Vídeo Cortina de Seguridad 1 comprende, como se ilustra en la Figura 1:

- un SVA 10, formado por *nn* cámaras estándar (2D) (101, 102, ..., 1nn), preferentemente de idénticas características, situado cenitalmente a una altura H_{10} sobre una zona de acceso asociada a una línea de acceso 71 a la DZ 70 de una máquina 60. Este SVA 10 se caracteriza por:

- poseer un FOV útil que contiene una PZ 300, que está formada a su vez, como se ilustra esquemáticamente en las Figuras 2a, 2b, 3a y 3b, por:

  - una PZ1-PZ2 301-302 en la que realiza detección de presencia de forma redundante una unidad de control 20, para detectar cuándo al menos una persona 90 se dispone a acceder o salir de la DZ 70 de una máquina 60. Dicha PZ1-PZ2 301-302 se caracteriza por dividirse a su vez en dos zonas:

    - PZ2 302, más próxima al borde perimetral externo de la DZ 70 de una máquina 60 asociado a su línea de acceso 71.

    - PZ1 301, más alejada de dicha DZ 70 y circundante a la PZ2 302.

Dado que la Vídeo Cortina de Seguridad objeto de la invención 1 se ha diseñado preferentemente para detectar la presencia de personas 90 que se disponen a acceder o salir de la DZ 70 de una máquina 60, la altura de la PZ1 301 y de la PZ2 302 debe ser al menos igual que la altura de la persona 90 de mayor estatura tabulada en la norma ISO 15534-3 (hombre de percentil 95%), h_{90}. Además, el ancho de la PZ1 301, A_{301}, y de la PZ2 302, A_{302}, también debe ser mayor o igual que la máxima anchura bideltoidea de los hombros, A_{90}, tabulada en dicha norma ISO 15534-3, y que el espacio máximo recorrido por una persona 90, s_{max}, en el tiempo empleado por la unidad de control 20 en capturar de forma sincronizada la información visual proporcionada por cada cámara estándar (2D) que forma el SVA 10 y en procesar dicha información. El parámetro s_{max} se obtiene a partir de la velocidad de aproximación a una máquina 60 de una persona 90 caminando, v_{max}, tabulada en la norma ISO 13855, del tiempo promedio empleado por la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 en procesar la información visual proporcionada por la al menos una cámara estándar (2D) que forma el SVA 10, t_{UC}, y de la frecuencia de captura de imágenes de dicha al menos una cámara estándar (2D) que forma dicho SVA 10, f_{SVA}, mediante:

$$s_{max} = v_{max}\left(t_{UC} + \frac{1}{f_{SVA}}\right) \quad (1)$$

Además, se definen:

$$AL_{min} = \max\left(A_{90}, s_{max}\right) \quad (2)$$

$$A_{301} = A_{302} = k \cdot AL_{min} \quad (3)$$

donde k es un factor mayor o igual que uno.

De forma similar, se define la longitud de la PZ1 301, L_{301}, y de la PZ2 302, L_{302}, que son al menos iguales que la longitud de la línea de acceso 71, L_{71}, que a su vez es al menos igual que AL_{min}, como establece la norma ISO 15534-1, para permitir el acceso de al menos una persona 90 por dicha línea de acceso 71. Estas longitudes se obtienen mediante:

$$L_{302} = L_{71} + n_D \cdot A_{302} \quad (4)$$

$$L_{301} = L_{302} + n_D \cdot A_{301} \quad (5)$$

donde n_D indica el número de extremos de la línea de acceso 71 (cero, uno, dos) por los que se puede acceder en diagonal a dicha DZ 70.

Este n_D es nulo si, como se ilustra en la Figura 2a, por los extremos de la línea de acceso 71 solo se puede acceder a la DZ 70 de una máquina 60 en dirección normal a dicha línea de acceso 71, bien porque dicha máquina 60 está en un entorno delimitado por Guardas Fijas 80 y/o paredes 82 que impiden el acceso diagonal a la DZ 70 por dichos extremos, o bien porque durante la instalación de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención se dispone al menos una Guarda Fija 80 adicional, en el al menos un extremo de la línea de acceso 71 por el que se permite acceso diagonal a la DZ 70, para evitar este tipo de acceso. En estos casos en los que n_D es cero, la longitud de la PZ1 301, L_{301}, y de la PZ2 302, L_{302}, según las ecuaciones (4) y (5), son iguales a la longitud de la línea de acceso 71, L_{71}, que a su vez es al menos igual que AL_{min}.

En el resto de casos, n_D contabiliza el número de extremos de la línea de acceso 71 a la DZ 70 de una máquina 60 por los que es posible acceder en diagonal respecto a dicha línea de acceso 71 (Figuras 2b, 3a y 3b). En estos casos las longitudes de la

PZ1 301, L_{301}, y de la PZ2 302, L_{302}, son mayores que L_{71}, ya que la Vídeo Cortina de Seguridad 1 debe detectar de forma redundante cualquier objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 que se disponga a acceder o salir de la DZ 70 de dicha máquina 60, independientemente de la región de la PZ1-PZ2 301-302 por la que acceda o abandone dicha DZ 70.

En las Figuras 2b y 3a también se ilustra cómo las Guardas Fijas 80 que pueden instalarse opcionalmente para el correcto funcionamiento de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 propuesta, pueden disponerse de manera que restrinjan los posibles accesos diagonales a la DZ 70 de la máquina 60 cuando la línea de acceso 71 forma un ángulo recto con la al menos una Guarda Fija 80 colindante a dicha línea de acceso 71. De esta forma, el acceso diagonal es similar al asociado a una línea de acceso 71 que está alineada con Guardas Fijas 80 colindantes (véase Figura 3b).

- y opcionalmente, una PZ3 303, contigua a la PZ2 302, donde se visualiza al menos la zona contigua a la zona de acceso contenida en la PZ 300, que incluye la propia línea de acceso 71 y la parte de la DZ 70 asociada a la misma, que forma parte de su borde perimetral externo. Esto es, una PZ3 303, cuya longitud, L_{303}, es igual a la longitud de la línea de acceso 71, L_{71}, y cuyo ancho máximo viene dado por:

$$A_{303} = \min\left(h_{90} \cdot \tan\left(\frac{FOV^{\circ}_{dA}}{2}\right), A_{70}\right) \qquad (6)$$

donde $FOV_{dA}{}^{o}$ es el FOV angular de cada una de las cámaras que forman el SVA 10, en la dirección elegida, horizontal o vertical, en dirección normal a la línea de acceso 71 a la DZ 70 de una máquina 60.

- estar formado por un número de cámaras estándar (2D) *nn* (101, 102, ..., 1nn) mayor o igual que uno, obtenido como el producto del número de cámaras estándar (2D) en dirección normal a la línea de acceso 71, n_A, que ha de ser mayor o igual que uno e impar, de manera que el eje óptico de al menos una cámara estándar (2D) esté en la vertical de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302, y del número de cámaras estándar (2D) en dirección paralela a dicha línea de acceso 71, n_L, que por diseño no ha de ser necesariamente impar.

El número de cámaras estándar (2D) en dirección normal a la línea de acceso 71, n_A, y el número de cámaras estándar (2D) en dirección paralela a dicha línea de acceso 71, n_L, se obtienen a partir de los parámetros de las cámaras estándar (2D) que formarán el SVA 10, de la altura máxima a la que puede disponerse espacialmente dicho SVA 10 sobre el plano de detección según las restricciones del entorno, H_{max}, y de las dimensiones y configuración de la región de dicha PZ 300 utilizada para detectar de forma redundante la presencia de al menos un objeto que se dispone a acceder a la DZ 70 de una máquina 60: altura, h_{90}, (altura de la persona 90 de mayor estatura tabulada en la norma ISO 15534-3), longitud, L_{300} igual a L_{301}, y ancho, $A_{301\text{-}302}$, dado por:

$$A_{301-302} = A_{301} + A_{302} \tag{7}$$

El FOV de la al menos una cámara estándar (2D) que formará el SVA 10 debe permitir detectar al menos una vez en cada una de las dos mitades en las que divide el eje óptico de dicha al menos una cámara estándar (2D) dicho FOV, el objeto de área mínima proyectada en horizontal más desfavorable, es decir, el OA^1_{min} 304 para la persona de mayor estatura tabulada en la norma ISO 15534-3. A partir de L_{300}, de $A_{301\text{-}302}$ y de dicho FOV se determinan las alturas mínimas a las que deberían disponerse una única cámara estándar (2D) en dirección normal, H^A_{min}, y en dirección paralela, H^L_{min}, a la línea de acceso 71, para visualizar completamente la zona de la PZ 300 utilizada para detectar el acceso a la DZ 70 de una máquina 60, es decir la PZ1-PZ2 301-302. Estas alturas se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$H^L_{min} = h_{90} + \frac{L_{300}}{2} \cdot \cot\left(\frac{FOV^{\circ}_{dL}}{2}\right) \tag{8}$$

$$H^A_{min} = h_{90} + \frac{A_{301-302}}{2} \cdot \cot\left(\frac{FOV^{\circ}_{dA}}{2}\right) \tag{9}$$

donde FOV^o_{dL} y FOV^o_{dA} son los FOVs angulares de la cámara estándar (2D) 101 en la dirección elegida, horizontal o vertical, en dirección paralela (d_L) y en dirección normal (d_A), a la línea de acceso 71 a la DZ 70 de una máquina 60.

Si, independientemente de la orientación elegida, se verifica que H^L_{min} es menor o igual que H_{max}, entonces una sola cámara estándar (2D) puede visualizar completamente la PZ 300 en dirección paralela a la línea de acceso 71, es decir, n_L es igual a uno. Si H^L_{min} es mayor que H_{max}, n_L es mayor que uno, ya que se necesita más de una cámara estándar (2D) para visualizar completamente L_{300}. De forma similar, si H^A_{min} es menor o igual que H_{max}, n_A es igual a uno y, si no se verifica dicha relación, n_A es mayor que uno, es decir, se necesita más de una cámara estándar (2D) para visualizar $A_{301\text{-}302}$.

En función del valor de n_L y de n_A, cuyo producto determina el número total de cámaras estándar (2D) *nn* que forman el SVA 10, la disposición espacial de dicho SVA 10 sobre la PZ 300 es una de las cuatro disposiciones espaciales siguientes:

- En una primera disposición espacial, tanto n_L como n_A son iguales a uno, es decir, una única cámara estándar (2D) 101 visualiza la PZ 300. Esta cámara estándar (2D) 101, cuyo FOV útil tanto en dirección normal como en dirección paralela a la línea de acceso 71 contiene exclusivamente la PZ 300, se dispone espacialmente, como se ilustra en la Figura 4a, a una altura H_{10} mayor o igual que el máximo de H^L_{min} y H^A_{min} y menor o igual que H_{max} sobre el plano de detección de manera que su eje óptico está en la vertical de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302.

De acuerdo con los criterios de diseño de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención, esta primera disposición espacial es aplicable cuando el acceso a la DZ 70 de una máquina 60 por los extremos de la línea de acceso 71 a dicha DZ 70 solamente se produce en dirección normal. En este caso, dicha cámara estándar (2D) 101 se dispone de manera que su eje óptico está en la vertical del punto medio de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302. Esta primera disposición espacial también es aplicable cuando se permite el acceso en diagonal por un extremo de la línea de acceso 71 a la DZ 70 de una máquina 60, la PZ 300 no está formada por la PZ3 303 (en este caso el SVA 10 debe instalarse de acuerdo con la segunda disposición espacial), y una única cámara estándar (2D) 101 visualiza completamente dicha PZ 300. En este caso, dicha cámara estándar (2D) 101 se dispone espacialmente de manera que su eje óptico está en la vertical de la esquina de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302.

- En una segunda disposición espacial del SVA 10, n_A es igual a uno, pero n_L es mayor que uno, por lo que *nn* es igual a n_L. Estas n_L cámaras estándar (2D) se disponen a una altura mayor o igual que H^A_{min} y menor o igual que H_{max} sobre el plano de detección, de manera que el eje óptico de cada cámara estándar (2D) está en la vertical de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302. En esta disposición espacial, como se ilustra en la Figura 5a, los FOVs de cámaras estándar (2D) contiguas deben solaparse a una altura mayor o igual que h_{90}, con el fin de garantizar la visualización de una persona 90 localizada dentro de la PZ 300 desde el punto de vista del SVA 10, independientemente de su posición en dicha zona. El FOV útil en dirección normal a la línea de acceso 71 es igual para todas las cámaras estándar (2D) que forman el SVA 10 y permite la visualización de $A_{301\text{-}302}$ a la altura h_{90}. El FOV útil en dirección paralela a la línea de acceso 71 de cada una de las cámaras estándar (2D) que forman el SVA 10 es preferentemente igual a su FOV máximo, lo que permite realizar también detección de presencia redundante en las regiones de la PZ 300 que son visualizadas simultáneamente por cámaras estándar (2D) contiguas (véase Figura 5a).

Según los criterios de diseño de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, esta segunda disposición espacial del SVA 10 es aplicable tanto si el acceso a la DZ 70 de una máquina 60 por los extremos de la línea de acceso 71 a dicha DZ 70 se permite solamente en dirección normal o también en dirección diagonal. No obstante, si se permite el acceso en diagonal a la DZ 70 por al menos un extremo de la línea de acceso 71, en cada esquina de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302 debe disponerse una de las cámaras estándar (2D) que forman el SVA 10, de manera que el eje óptico de dicha al menos una cámara estándar (2D) esté en la vertical de dicha línea virtual de transición. Además, si la PZ 300 está formada también por la PZ3 303, la disposición espacial de las n_L - n_D cámaras estándar (2D) restantes del SVA 10 debe permitir visualizar completamente dicha PZ3 303.

- En una tercera disposición espacial del SVA 10, n_L es igual a uno, pero n_A es mayor que uno e impar (e igual a *nn*), generalmente igual a tres, como se ilustra en la Figura 5b, de manera que el eje óptico de la cámara estándar (2D) central de dicho grupo de n_A cámaras estándar (2D) está situado en la vertical de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302. Esta disposición espacial permite que dicha cámara estándar (2D) visualice los objetos que pasan por la línea virtual de transición sin

efecto proyectivo. Como se representa en las Figuras 5b y 6, las n_A cámaras estándar (2D) que forman el SVA 10 se disponen a una altura H_{10} mayor o igual que H^L_{min} y menor o igual que H_{max} sobre la PZ 300 en dirección normal a la línea de acceso 71, de manera que los FOVs de cámaras estándar (2D) contiguas se solapan a una altura mayor o igual que h_{90}, al igual que en la segunda disposición espacial, con el fin de garantizar la visualización de una persona 90 localizada dentro de la PZ 300 desde el punto de vista del SVA 10, independientemente de su posición en dicha zona. El FOV útil combinado de las n_A cámaras estándar (2D) que forman el SVA 10 contiene exclusivamente la PZ 300. No obstante, mientras que el FOV útil en dirección paralela a la línea de acceso 71 es igual para todas las n_A cámaras estándar (2D) y permite visualizar conjuntamente L_{300} a la altura h_{90}, el FOV útil en dirección normal a la línea de acceso 71 depende de la posición espacial sobre la PZ 300 en la que está instalada dicha cámara estándar (2D) y es generalmente diferente para cada una de ellas. Los FOV útiles en dirección normal a la línea de acceso 71 de dichas n_A cámaras estándar (2D) se solapan al igual que los FOVs máximos de dichas cámaras estándar (2D) a una altura mayor o igual que h_{90} (véase Figura 5b), con el fin de garantizar la visualización de una persona 90 localizada dentro de la PZ 300 desde el punto de vista del SVA 10, independientemente de su posición en dicha zona. El FOV útil en dirección normal a la línea de acceso 71 de la cámara estándar (2D) central del grupo de n_A cámaras estándar (2D) es preferentemente igual a su FOV máximo en dicha dirección. Sin embargo, si las cámaras estándar (2D) contiguas a dicha cámara estándar (2D) central visualizan simultáneamente la PZ1 301 y la PZ2 302, su FOV útil en dirección normal a la línea de acceso 71 es menor que su FOV máximo en dicha dirección, ya que dichas cámaras estándar (2D) deben visualizar exclusivamente o la PZ1 301 o la PZ2 302 y, opcionalmente, la PZ3 303, para evitar que los objetos que pasan por la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302 sean vistos por al menos una cámara estándar (2D) con efecto proyectivo. No obstante, si como se ilustra en la Figura 6, las cámaras estándar (2D) contiguas a la cámara estándar (2D) central del grupo de n_A cámaras estándar (2D) visualizan solamente la PZ1 301 o la PZ2 302 y, opcionalmente, la PZ3 303, el FOV útil de dichas cámaras en dirección normal a la línea de acceso 71 puede ser igual a su FOV máximo.

Esta tercera disposición espacial solo es aplicable cuando, independientemente de que la PZ 300 esté formada también por la PZ3 303, el acceso a la DZ 70 de una máquina 60 por los extremos de la línea de acceso 71 solo se permite en dirección normal a dicha línea. El eje óptico de la cámara estándar (2D) central del grupo de n_A cámaras estándar

(2D) está situado en la vertical del punto medio de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302. Las restantes cámaras estándar (2D) del SVA 10 están alineadas con dicha cámara estándar (2D) en dirección normal a la línea de acceso 71 con las consideraciones expuestas anteriormente.

- En una cuarta disposición espacial del SVA 10, tanto n_L como n_A son mayores que uno, ya que H^L_{min} y H^A_{min} son mayores que H_{max}. No obstante, en esta disposición espacial del SVA 10 n_A también es impar y generalmente igual a tres. Estas *nn* cámaras estándar (2D) se disponen a una altura H_{10} menor o igual que H_{max} y menor que H^L_{min} y H^A_{min} sobre el plano de detección, de manera que la línea en la que se intersecan los FOVs de cámaras estándar (2D) contiguas tanto en dirección normal como en dirección paralela a la línea de acceso 71 es mayor o igual que h_{90}, con el fin de garantizar la visualización de una persona 90 localizada dentro de la PZ 300 desde el punto de vista del SVA 10, independientemente de su posición en dicha zona. Cada grupo de n_L cámaras estándar (2D) se dispone en dirección paralela a la línea de acceso 71 sobre la PZ 300 según lo indicado en la segunda disposición espacial del SVA 10. De forma similar, cada grupo de n_A cámaras estándar (2D) se dispone en dirección normal a la línea de acceso 71 teniendo en cuenta lo indicado en la tercera disposición espacial del SVA 10. El FOV útil de dichas cámaras estándar (2D) se determina también conforme a lo expuesto en la segunda y en la tercera disposición espacial del SVA 10.

Esta cuarta disposición espacial es aplicable para cualquier valor de n_D (cero, uno o dos). No obstante, si por al menos un extremo de la línea de acceso 71 asociada a la DZ 70 de una máquina 60 se permite el acceso en diagonal, además de determinar el número de cámaras estándar (2D) necesarias para detectar de forma redundante cuándo al menos un objeto se dispone a acceder o sale de la DZ 70 considerando que el acceso a dicha DZ 70 por los extremos de la línea de acceso 71 solo se produce en dirección normal, se deben calcular las cámaras estándar (2D) necesarias para visualizar la al menos una región de la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302 asociada al al menos un extremo de la línea de acceso 71 por el que se permite el acceso diagonal a la DZ 70. La disposición espacial de estas *nn* cámaras estándar (2D) debe permitir la visualización completa de la PZ 300 y debe garantizar que los objetos que acceden o salen de la DZ 70 de una máquina 60 se visualizan sin efecto proyectivo al pasar por la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302.

- una unidad de control 20, formada por al menos un procesador, que procesa de forma individualizada la información visual proporcionada por cada cámara estándar (2D) que constituye el SVA 10 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención, y gestiona la comunicación bidireccional con un OSSD 30. Esta unidad de control 20 se caracteriza por:

- estar conectada de forma bidireccional con cada cámara estándar (2D) que forma el SVA 10, mediante un estándar de comunicación adecuado, preferentemente no inalámbrico, que le permita adquirir en tiempo real la información visual capturada por dichas cámaras estándar (2D). El número de cámaras estándar (2D) *nn* que forman dicho SVA 10 ha de ser menor o igual que el máximo número de cámaras estándar (2D) que pueden conectarse a esta unidad de control 20 para asegurar la detección de presencia y, por tanto, la prevención activa en tiempo real.

- incluir al menos una unidad de almacenamiento 21, donde almacena, para cada cámara estándar (2D) que forma el SVA 10, al menos la posición espacial sobre la PZ 300 en la que está instalada cenitalmente, así como cualesquiera otros datos necesarios para realizar detección de presencia a partir de la información visual de su FOV útil. Estos datos son, para cada cámara estándar (2D), al menos:

  - una imagen de referencia de su FOV útil, I_{REF}, sin presencia de objetos estáticos o en movimiento, sobre la cual realizar la detección de presencia a partir de la monitorización de cambios en el patrón de fondo.

  - al menos una variable que clasifique cada píxel de la imagen obtenida por el sensor de imagen de dicha cámara estándar (2D), si dicho píxel pertenece o no a su FOV útil, y en su caso a qué zona de la PZ 300 está asociado.

  - el área proyectada en horizontal, adaptada a la resolución en px/mm^2 de dicha cámara estándar (2D), del objeto de menor tamaño considerado en la detección de presencia realizada en la unidad de control 20 a partir de la información visual capturada por dicha cámara estándar (2D) en la PZ1 301 y/o en la PZ2 302, OA^1_{min} 304 y OA^2_{min} 305, y, opcionalmente, en la PZ3 303, OA^3_{min} 306. Tanto OA^2_{min} 305 como OA^3_{min} 306 son menores o iguales que OA^1_{min} 304.

  - uno o más umbrales de diferencia mínima, *th*, que pueden ser distintos para cada región de la PZ 300 contenida en su FOV útil y/o para cada píxel de dicho FOV útil.

Estos umbrales permiten detectar la presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 u OA^2_{min} 305 en la PZ1 301 y/o en la PZ2 302 y, opcionalmente, la presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303 de la imagen actual de su FOV útil, *I*, mediante la monitorización de los cambios en el patrón de fondo de dicha imagen, respecto al mismo patrón de la imagen de referencia, I_{REF}, de dicha cámara estándar (2D).

- cargar en su memoria de acceso aleatorio, al iniciarse la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, los datos necesarios para realizar detección de presencia a partir de la información visual del FOV útil de la al menos una cámara estándar (2D) que forma el SVA 10. Estos datos se encuentran almacenados en la al menos una unidad de almacenamiento 21. En dicha memoria de acceso aleatorio también se almacenan de forma temporal las variables involucradas en las decisiones a tomar por la unidad de control 20 durante su funcionamiento. Estas variables, que se inicializan junto con la Vídeo Cortina de Seguridad 1 propuesta, son al menos:

  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ1 301 en la al menos una imagen actual, *I*, capturada por el SVA 10,
  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1 301 en la al menos una imagen actual, *I*, capturada por el SVA 10,
  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ2 302 en la al menos una imagen actual, *I*, capturada por el SVA 10,
  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ2 302 en la al menos una imagen actual, *I*, capturada por el SVA 10,
  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ1 301 en la al menos una imagen anterior a *I*, I_{ANT}, capturada por el SVA 10,
  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1 301 en la al menos una imagen anterior a *I*, I_{ANT}, capturada por el SVA 10,
  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ2 302 en la al menos una imagen anterior a *I*, I_{ANT}, capturada por el SVA 10,
  - presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ2 302 en la al menos una imagen anterior a *I*, I_{ANT}, capturada por el SVA 10,

- y si se considera opcionalmente la PZ3 303, presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en dicha PZ3 303 en la al menos una imagen actual, *I*, capturada por el SVA 10*, y*

- estado del OSSD 30 conectado a la unidad de control 20 y al sistema de control de una máquina 60.

Todas estas variables, excepto la última que depende del estado del propio OSSD 30, son inicializadas a OFF.

- realizar detección de presencia a partir de la información visual capturada por la al menos una cámara estándar (2D) que forma el SVA 10, en la PZ1 301, en la PZ2 302 y, opcionalmente, en la PZ3 303. Esta detección de presencia se realiza preferentemente mediante la técnica de sustracción de fondo que obtiene una imagen de diferencias, I_D, como resultado de la diferencia en valor absoluto de una imagen actual, *I*, y de una imagen de referencia, I_{REF}. Se detecta la presencia de al menos un objeto en dicha imagen si al menos un grupo de píxeles que superan al menos un umbral de diferencias mínimo, *th*, posee un área proyectada en horizontal mayor o igual que un valor preestablecido. Dicho al menos un umbral *th* representa la diferencia mínima que debe existir entre la información visual de los píxeles de *I* y aquellos de I_{REF} que ocupan la misma posición, para considerar que en dichos píxeles hay un cambio respecto al patrón de fondo. La unidad de control 20 aplica esta técnica a la información visual capturada por cada cámara estándar (2D) que forma el SVA 10. Esta unidad de control 20 determina que al menos un objeto se dispone a acceder a la DZ 70 de una máquina 60 si detecta en al menos una imagen resultante, I_D, un grupo de píxeles que superan al menos un umbral de diferencias mínimo, *th,* de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ1 301, y en al menos una imagen resultante, I_D, consecutiva en el tiempo a la al menos una imagen I_D anterior, un grupo de píxeles que superan al menos un umbral de diferencias mínimo, *th*, de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ2 302. De forma similar, esta unidad de control 20 determina que al menos un objeto ha salido de la DZ 70 de una máquina 60 si detecta la presencia de un grupo de píxeles que superan al menos un umbral de diferencias mínimo, *th,* de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ2 302, y en al menos una imagen resultante, I_D, consecutiva en el tiempo a la al menos una imagen I_D anterior, un grupo de píxeles que superan al menos un umbral de diferencias mínimo, *th*, de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 en la PZ1

301. Dicha unidad de control 20 detecta la presencia de al menos un objeto si en al menos una imagen resultante, I_D, detecta un grupo de píxeles que superan al menos un umbral de diferencias mínimo, *th*, de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 para píxeles asignados a PZ1 301 y/o PZ2 302, o mayor o igual que OA^3_{min} 306 para píxeles asignados a PZ3 303, si se considera opcionalmente.

Las zonas de la PZ 300 a la que pertenecen los objetos detectados en I_D se obtienen relacionando dicha imagen con la al menos una variable que identifica las diferentes PZs en las que se divide su FOV útil, PZ1 301, PZ2 302 y, opcionalmente, PZ3 303.

Opcionalmente, esta detección de presencia puede:

- Requerir un filtrado previo de las imágenes *I* e I_{REF}, con el fin de eliminar el posible ruido asociado a dichas imágenes. No obstante, este filtrado puede sustituirse ajustando el al menos un umbral de diferencia mínima, *th*, para que además de detectar la presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 u OA^2_{min} 305 en la PZ1 301 y/o en la PZ2 302 o que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, rechace dicho ruido, evitando así falsas detecciones de presencia.

- Considerar en la contabilización del área de los objetos detectados en I_D los posibles defectos de montaje de la cámara estándar (2D), por ejemplo, cuando dicha cámara estándar (2D) no está dispuesta cenitalmente perpendicular al suelo, defectos del propio suelo, así como las posibles distorsiones de la lente asociadas a la al menos una cámara estándar (2D) que los ha capturado, ya que estas provocan variación en el área contabilizada. Para evitar esta variación, se pueden corregir los efectos de estas distorsiones y/o defectos tanto de la imagen actual, *I*, como de la imagen de referencia, I_{REF}, antes de realizar la sustracción de fondo. No obstante, esta corrección puede conllevar un elevado coste computacional a la unidad de control 20, lo que puede reducir el número de cámaras estándar (2D) que se pueden conectar a dicha unidad de control 20, asegurando la prevención activa en tiempo real. Alternativamente, se puede contabilizar adecuadamente el área proyectada de los objetos detectados sin corregir dichas distorsiones, teniendo en cuenta el área que ocupa cada píxel objeto detectado en la imagen capturada, en la versión desdistorsionada de la misma, ya que esta relación se mantiene constante en el

tiempo siempre que no se modifique la disposición espacial de las cámaras estándar (2D) entre sí y respecto al entorno.

- Actualizar de forma periódica la imagen de referencia, I_{REF}, de cada cámara estándar (2D) que forma el SVA 10 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención, por ejemplo mediante una combinación de su I_{REF} anterior y de *m* imágenes consecutivas en las que no se ha detectado presencia (*m*-1 imágenes anteriores, I_{ANT}, y la imagen actual, *I*). Esta actualización se lleva a cabo con el fin de que la detección de presencia realizada por la unidad de control 20 a partir de la información visual capturada por cada cámara estándar (2D) que forma el SVA 10, sea lo más robusta posible frente a los posibles cambios de iluminación ocurridos en el FOV útil de dichas cámaras estándar (2D).

La detección de presencia redundante y dividida en al menos dos zonas, PZ1 301 y PZ2 302, permite determinar el acceso o la salida de objetos de la DZ 70 de una máquina 60 y gestionar la actuación del OSSD 30 que está conectado a dicha unidad de control 20 y materializa la prevención activa realizada por la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención.

De acuerdo con el resultado de esta detección de presencia, esta unidad de control 20 también se caracteriza por:

- conocer y gestionar el estado del OSSD 30 conectado a dicha unidad de control 20 y al sistema de control de una máquina 60.

- impedir las funciones de una máquina 60 de forma preventiva al iniciar la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, indicándole al OSSD 30 conectado a dicha unidad de control 20 que se abra.

- permitir inicialmente las funciones de una máquina 60, mediante el cierre del OSSD 30 que está conectado a su sistema de control y a dicha unidad de control 20, transcurrido un tiempo de latencia *T0,* al menos igual que el tiempo mínimo que tarda una persona 90 en recorrer en línea recta la distancia ocupada por la PZ1-PZ2 301-302 en dirección normal a la línea de acceso 71, añadida a la distancia hasta la máquina 60 desde dicha

línea de acceso 71, durante el cual se haya verificado la no presencia de objetos en la PZ1 301, en la PZ2 302, y en la PZ3 303 si se considera opcionalmente. Este tiempo de latencia *T0* viene dado por:

$$T0 \geq \left(\frac{A_{70} + A_{301} + A_{302}}{v_{max}} \right) \quad (10)$$

- impedir de forma inmediata las funciones de una máquina 60, mediante la apertura del OSSD 30, cuando detecta de forma redundante que al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 está accediendo a su DZ 70. Esto es, cuando detecta al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que el área proyectada en horizontal de la parte del cuerpo humano considerada en la detección, cuyas dimensiones están tabuladas en la norma ISO 15534-3, primero en la PZ1 301 y después en la PZ2 302.

- mantener impedidas las funciones de una máquina 60 y, por tanto, el OSSD 30 abierto, mientras detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305, en la PZ1 301 y/o en la PZ2 302, tras inhabilitar las funciones de dicha máquina 60, al detectar al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304, que se dispone a acceder a su DZ 70.

- opcionalmente, impedir de forma inmediata las funciones de una máquina 60, mediante la apertura del OSSD 30, cuando detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303.

- opcionalmente, mantener también impedidas las funciones de una máquina 60 mientras detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, si se considera en el análisis de la PZ 300.

- permitir las funciones de una máquina 60, mediante el cierre del OSSD 30, transcurrido un tiempo de latencia *T0*, durante el cual se haya verificado la no existencia de objetos en la PZ1 301 y en la PZ2 302, y en la PZ3 303 si se considera opcionalmente, tras detectar el acceso de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 a la DZ 70 de dicha máquina 60 u, opcionalmente, la presencia de al

menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303.

- opcionalmente, mantener también impedidas las funciones de una máquina 60 mientras un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304, cuyo acceso a la DZ 70 de una máquina 60 ha sido detectado previamente, no abandone dicha DZ 70.

- y, opcionalmente, permitir las funciones de una máquina 60, mediante el cierre del OSSD 30, transcurrido un tiempo de latencia *T0*, durante el cual se haya verificado la no existencia de objetos en la PZ1 301, en la PZ2 302, y en la PZ3 303 si se considera opcionalmente, tras haberse detectado previamente el acceso y la salida de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 a la DZ 70 de dicha máquina 60. Dicha unidad de control 20 considera que un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 ha salido de la DZ 70 de una máquina 60 cuando este objeto es detectado primero en la PZ2 302 y después en la PZ1 301.

Opcionalmente, la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1 se caracteriza por:

- incluir una unidad de control 20 que detecta la presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 u OA^2_{min} 305 en la PZ1-PZ2 301-302 y, opcionalmente, la presencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, mediante la monitorización de los cambios ocurridos en el patrón de fondo de dicha PZ 300 que es monitorizada por un SVA 10, formado por al menos una cámara estándar (2D), conectado a dicha unidad de control 20. Opcionalmente, esta unidad de control 20 también se caracteriza por:

  - contabilizar opcionalmente y guardar también opcionalmente en la al menos una unidad de almacenamiento 21, el número de accesos y salidas de la DZ 70 de una máquina 60 detectados durante un periodo de tiempo *TP.*

  - identificar opcionalmente al menos un objeto susceptible de acceder y/o salir de la DZ 70 de una máquina 60, a partir del reconocimiento del al menos un fiducial, identificable, desde el punto de vista del SVA 10, que incorpora el al menos un objeto que se desea identificar. Esta identificación opcional basada en fiducial permite por ejemplo distinguir o clasificar los objetos que acceden o salen de la DZ 70 de una máquina 60 (por ejemplo

en función de su área) o contabilizar el número de accesos o salidas de un determinado objeto de dicha DZ 70.

- comunicarse de forma preferentemente bidireccional con un indicador 50 visual 51 y/o sonoro 52 que informa al menos del resultado instantáneo de la detección de presencia llevada a cabo por la unidad de control 20 en las distintas zonas de la PZ 300, del estado del OSSD 30 y, opcionalmente, del número de accesos y salidas de la DZ 70 de una máquina 60 detectados.

- incluir un indicador 50 visual 51 y/o sonoro 52 conectado preferentemente de forma bidireccional con la unidad de control 20. Este indicador 50 visual 51 y/o sonoro 52 se caracteriza al menos por informar:

- del resultado instantáneo de la detección de presencia llevada a cabo por la unidad de control 20 en las distintas zonas de la PZ 300.

- del estado del OSSD 30 conectado a dicha unidad de control 20.

- del número de accesos y salidas de la DZ 70 de una máquina 60 detectados durante un periodo de tiempo *TP*.

A continuación se describen, con carácter ilustrativo y no limitativo, cuatro realizaciones preferentes de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1 para diferentes configuraciones de su unidad de control 20. Las máquinas de estados asociadas a las distintas configuraciones de esta unidad de control 20, utilizadas en estas realizaciones preferentes, se ilustran en las Figuras 7-10.

Para demostrar la correcta funcionalidad de dichas máquinas de estados se utiliza una secuencia temporal de imágenes cenitales de un entorno de trabajo donde se ubica una máquina genérica 60, cuya DZ 70, de dimensiones conformes a las normas ISO 13855 e ISO 13857, está delimitada por Guardas Fijas 80 menos una línea de acceso 71 (Figuras 11, 12 y 13). Dicha línea de acceso 71, de longitud L_{71} = 1600 mm, tiene asociada una PZ 300 en donde realiza detección de presencia una Vídeo Cortina de Seguridad para detección

redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1. En la definición de las diferentes zonas que forman la PZ 300 se ha considerado que el acceso a la DZ 70, de ancho A_{70} = 1040 mm, puede producirse tanto en dirección normal como en dirección diagonal a dicha línea de acceso 71. En esta secuencia temporal de imágenes cenitales ilustrada en las Figuras 11, 12 y 13, A_{301} y A_{302}, que se obtienen a partir de la ecuación (3) para k = 1, miden ambas 538 mm, L_{302} y L_{301}, determinados a partir de las ecuaciones (4) y (5) para n_D = 2, 2676 mm y 3752 mm, correspondientemente y, A_{303} y L_{303}, 347 mm y 1600 mm, respectivamente.

En dicha secuencia temporal de imágenes cenitales solamente se ilustra la parte izquierda de dicho entorno, donde se encuentra la línea de acceso 71 a la DZ 70. En adelante se refiere como objeto estático 400 a cualquier objeto que no puede moverse por sí mismo de una posición, por lo que debe ser movido por acción de un objeto dinámico. Un objeto dinámico es cualquier objeto que, aunque instantáneamente puede permanecer fijo en una posición, es capaz de moverse por sí mismo. Acorde con esta definición, tanto una carretilla elevadora como una persona son objetos dinámicos.

En esta secuencia temporal de imágenes cenitales, un trabajador 90, que transporta un objeto estático 400 en su mano izquierda, accede a través de la PZ1 301 y de la PZ2 302 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención a la DZ 70 de una máquina 60 (Figuras 11a-d), que hasta momento estaba libre de riesgos. El trabajador 90 deja en el suelo de la DZ 70 el objeto estático 400 que transportaba (Figuras 11e-f) y realiza actividades en la máquina 60 durante quince minutos (Figuras 12a y 12b). Transcurrido dicho tiempo este trabajador 90 abandona la DZ 70 atravesando la PZ 300, dejando olvidado en el suelo de la DZ 70 el objeto estático 400 (Figuras 12c-e). Posteriormente, este trabajador 90 regresa a la DZ 70 para retirar dicho objeto estático 400 (Figuras 12f y 13a-c) e inmediatamente después abandona tanto esta DZ 70 como la PZ 300 (Figuras 13d-f).

El entorno de esta secuencia temporal de imágenes cenitales, y en general, cualquier entorno en el que es aplicable la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, tiene asociado, por orden de ocurrencia y gravedad de las lesiones producidas, al menos los riesgos laborales de: atrapamiento o amputación (RL1), choque o colisión con un objeto inmóvil (RL2), aplastamiento sobre o contra un objeto en movimiento (RL3), y proyectiles, fluidos y

humos (RL4). Estos son los riesgos que se pretenden evitar o al menos atenuar en dichos entornos con la utilización de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención.

Sin pérdida de generalidad, en las realizaciones preferentes descritas a continuación se considera que el SVA 10 está formado por dos o más cámaras estándar (2D) dispuestas de manera que el eje óptico de al menos una de ellas está en la vertical de cada una de las regiones en las que se divide la línea virtual de transición existente entre la PZ1 301 y la PZ2 302. Teniendo en cuenta esta generalidad, en la secuencia temporal de imágenes cenitales ilustrada en las Figuras 11, 12 y 13 se considera que la PZ 300, que está formada por la PZ1 301, por la PZ2 302 y, opcionalmente, por la PZ3 303, representa el FOV útil combinado del SVA 10. En la Figura 14 se representa el FOV de cada una de las cinco cámaras estándar (2D), dispuestas en dirección paralela a la línea de acceso 71 a la DZ 70 de una máquina 60, que forman el SVA 10, con el fin de ilustrar que cuando dicho SVA 10 es multicámara, es posible que más de una cámara estándar (2D) visualice un mismo objeto de forma simultánea, siendo la presencia de este objeto detectable en cada una de las imágenes obtenidas de dichas cámaras estándar (2D). En dicha Figura 14, las cámaras estándar (2D) 102, 103 y 104 permiten detectar la presencia del trabajador 90 en la PZ2 302.

En una primera realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, la PZ 300 analizada por la unidad de control 20 está formada por la PZ1 301 y por la PZ2 302. En esta realización preferente, dicha unidad de control 20 está configurada para impedir las funciones de una máquina 60 cuando detecta de forma redundante la presencia de un objeto que se dispone a acceder a la DZ 70 de dicha máquina 60 y permitirlas transcurrido un tiempo de latencia *T0*, tras dejar de detectar presencia en la PZ1-PZ2 301-302.

La Figura 7 ilustra la máquina de estados que representa el funcionamiento de la unidad de control 20 según las especificaciones de diseño de esta primera realización preferente. Cada estado de esta máquina de estados tiene asociadas una o más acciones que debe llevar a cabo la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención. La función del estado 201 es impedir de forma preventiva las funciones de la máquina 60 mediante la apertura del OSSD 30, al iniciar la Vídeo Cortina de Seguridad 1, hasta asegurar que la PZ1-PZ2 301-302, asociada a la línea de acceso 71 a la DZ 70 de

dicha máquina 60, es segura al carecer de obstáculos visibles desde el SVA 10. Los estados 202 y 204 realizan detección de presencia en la PZ1-PZ2 301-302 a partir de la sustracción de fondo llevada a cabo utilizando la imagen actual, *I*, la imagen de referencia, I_{REF}, las áreas mínimas proyectadas en horizontal, OA^1_{min} 304 y OA^2_{min} 305, y al menos un umbral de diferencias, *th*. Si el resultado de la detección es la ausencia de objetos en la PZ 300 formada por la PZ1 301 y por la PZ2 302, durante un tiempo al menos igual a *T0*, la unidad de control 20 permite las funciones de la máquina 60 mediante el cierre del OSSD 30 (estado 203). Por contra, si como resultado de la detección realizada en el estado 204, se detecta un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304, que se dispone a acceder a la DZ 70 de la máquina 60 (primero ha sido detectado en la PZ1 301 y posteriormente, en la PZ2 302), la unidad de control 20 indica al OSSD 30 que impida las funciones de la máquina 60 de forma inmediata, mediante su apertura, acción llevada a cabo en el estado 205.

Según el comportamiento de esta máquina de estados, la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1 permite las funciones de una máquina 60 cuando verifica que no existe ningún objeto en la PZ 300 asociada a la línea de acceso 71 a la DZ 70 de dicha máquina 60, y las impide cuando detecta un objeto dinámico de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 que se dispone a acceder a dicha DZ 70. La secuencia temporal de imágenes cenitales de las Figuras 11, 12 y 13 permite ilustrar el funcionamiento de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención según esta primera realización preferente. En esta realización preferente y en las siguientes se considera que el tiempo de latencia *T0* es igual al mínimo tiempo de latencia establecido en la ecuación (10), que OA^1_{min} 304 es igual al área proyectada en horizontal de la cabeza de la persona de menor estatura tabulada en la norma ISO 15534-3 (mujer de percentil 5%) y que OA^2_{min} 305 y OA^3_{min} 306 son iguales al área proyectada en horizontal de medio pie de la persona de menor estatura tabulada en dicha norma ISO 15534-3.

Al inicio de la secuencia temporal de imágenes cenitales (Figura 11a), la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 propuesta impide las funciones de la máquina 60 de forma preventiva mediante la apertura de su OSSD 30 (estado 201). Acto seguido, realiza detección de presencia en la PZ1-PZ2 301-302 mediante el estado 202, para comprobar si dichas zonas son seguras. Una vez verificada la no presencia de objetos en dicha PZ1-PZ2 301-302 durante un tiempo al menos igual a *T0*, permite las funciones de la máquina 60

mediante el cierre del OSSD 30 (estado 203). La unidad de control 20 continúa el análisis en el estado 204, encargado de detectar presencia en la PZ1-PZ2 301-302, al igual que el estado 202. La detección de presencia realizada mediante este estado 204 en la PZ 300, formada por la PZ1 301 y por la PZ2 302, permite detectar a un trabajador 90 que porta un objeto estático 400 en su mano izquierda en la PZ1 301 en la Figura 11b. Esta presencia está asociada a los riesgos RL1, RL3 y RL4. Sin embargo, como la probabilidad de que dicho trabajador 90 sufra un accidente de trabajo debido a estos riesgos es prácticamente nula, dada la distancia de dicho trabajador 90 de la DZ 70 de la máquina 60, la unidad de control 20, en lugar de impedir las funciones de dicha máquina 60, como haría cualquiera de los VBPDs patentados y/o normalizados relacionados con la presente invención, se prepara para inhabilitarlas cuando compruebe de forma redundante que dicho trabajador 90 se dispone a acceder a la DZ 70 de la máquina 60, es decir, cuando alcance la PZ2 302. De esta forma, las funciones de la máquina 60 se detienen antes de que dicho trabajador 90 alcance la DZ 70, zona donde la probabilidad de que ocurra un accidente de trabajo debido a los citados riesgos RL1, RL3 y RL4 es mucho mayor.

La unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 propuesta detecta al trabajador 90 en la PZ2 302 en la Figura 11c. Como consecuencia, dado que ha detectado la presencia de dicho trabajador 90 de forma redundante, primero en la PZ1 301 y después en la PZ2 302, abre el OSSD 30 (estado 205), lo que supone la inhabilitación inmediata de las funciones de la máquina 60 para evitar que se materialicen los riesgos RL1, RL3 y RL4. La unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1 mantiene impedidas las funciones de dicha máquina 60 hasta que transcurre un tiempo de latencia al menos igual a *T0* sin detectarse la presencia de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1-PZ2 301-302 (estado 202, Figura 11d). Transcurrido dicho tiempo de latencia, las funciones de la máquina 60 se permiten mediante el cierre del OSSD 30 (estado 203, Figura 11e), aunque el trabajador 90 permanece en la DZ 70. Como consecuencia, al igual que cuando se utiliza cualquier otro VBPD instalado cenitalmente para detectar presencia en la zona de acceso considerada en esta secuencia, este trabajador 90 puede sufrir un accidente de trabajo debido a los riesgos RL1, RL3 y RL4, y al riesgo RL2 asociado a la presencia del objeto estático 400 presente en el suelo de la DZ 70 mientras permanece en dicha DZ (estado 204, Figuras 11f y 12a-c).

El trabajador 90 deja de estar expuesto a riesgo una vez abandona la DZ 70. Sin embargo, prevalece el riesgo RL2 asociado al objeto estático 400, riesgo que en estas circunstancias puede provocar daños principalmente a la máquina 60 (estado 204, Figuras 12e y 12f), pero que podría también provocar daños a al menos un trabajador 90 en posteriores accesos a la DZ 70 de dicha máquina 60, si dicho trabajador chocase con el objeto estático 400. La unidad de control 20 impide de nuevo las funciones de la máquina 60 en la Figura 13a cuando detecta un nuevo acceso de dicho trabajador 90 a la DZ 70 de la máquina 60, y no las permite de nuevo hasta la Figura 13e, momento en que el entorno vuelve a estar libre de riesgos ya que, aunque en las Figuras 13b y 13c no detecta presencia en la PZ1-PZ2 301-302, dicho trabajador 90 sale de la DZ 70 antes de superarse el tiempo de latencia *T0*.

Según lo indicado para la secuencia temporal de imágenes cenitales ilustrada en las Figuras 11, 12 y 13, de acuerdo con la primera realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, dicha Vídeo Cortina de Seguridad 1 elimina completamente los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 desde que detecta de forma redundante la presencia de un trabajador 90 en la PZ1-PZ2 301-302 que se dispone a acceder a la DZ 70 de la máquina 60 hasta que deja de detectar presencia en dicha PZ1-PZ2 301-302 durante un tiempo al menos igual a *T0* (Figuras 11c-e y 13a-f). Además, también elimina parcialmente los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 mientras al menos un trabajador 90 está en la DZ 70, ya que aunque el cierre del OSSD 30 no supone la reactivación de las funciones de la máquina 60, la prevención realizada en estas circunstancias está supeditada a la posible activación de dicha máquina 60 por parte de un segundo trabajador localizado fuera de la DZ 70 y de la PZ1-PZ2 301-302 (Figuras 11f, 12a-d y 12f).

En una segunda realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, la PZ 300, además de la PZ1 301 y de la PZ2 302, incluye la región de la DZ 70 asociada a la línea de acceso 71, visualizada por el SVA 10, es decir, la PZ3 303. El funcionamiento de la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 en cuanto a la detección de acceso en la PZ1 301 y en la PZ2 302 en esta segunda realización preferente es similar al funcionamiento de dicha unidad de control 20 según la primera realización preferente. No obstante, en esta segunda realización preferente, la unidad de control 20 también analiza la PZ3 303 e impide las funciones de la máquina 60 de forma inmediata cuando detecta la

presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en dicha PZ3 303.

La Figura 8 ilustra la máquina de estados que representa el funcionamiento de la unidad de control 20 según esta segunda realización preferente. Los estados de esta máquina de estados son funcionalmente similares a los de la máquina de estados de la Figura 7, a excepción de que, en esta segunda máquina de estados, los estados 212 y 214, equivalentes a los estados 202 y 204 de la máquina de estados de la Figura 7, realizan también detección de presencia en la PZ3 303. Como consecuencia, la apertura del OSSD 30 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención también se produce cuando la unidad de control 20 detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303 (estado 215), manteniéndose abierto mientras se detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1-PZ2 301-302 y/o la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en dicha PZ3 303 (estado 212).

En relación con la secuencia temporal de imágenes cenitales de las Figuras 11, 12 y 13, la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, conforme a esta segunda realización preferente, impide las funciones de la máquina 60 en la Figura 11c (estados 214 y 215), al igual que en la primera realización preferente. Sin embargo, mientras que en la primera realización preferente las funciones de dicha máquina 60 se permiten en la Figura 11e y no se impiden de nuevo hasta la Figura 13a, manteniéndose en este estado hasta la Figura 13e, en esta segunda realización preferente, desde que se inhabilitan las funciones de la máquina 60 en la Figura 11c, estas permanecen inhabilitadas y la unidad de control 20 se mantiene en el estado 212 hasta la Figura 13f (estados 212 y 213) ya que, en las restantes imágenes de la secuencia temporal de imágenes cenitales, dicha unidad de control 20 detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303 (Figuras 11e-f, 12a-f y 13a-c) y/o la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1-PZ2 301-302 (Figuras 13d-e).

Por tanto, según lo indicado para la secuencia temporal de imágenes cenitales ilustrada en las Figuras 11, 12 y 13, al igual que en la primera realización preferente, en esta segunda realización preferente, la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención elimina completamente los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 mientras detecta presencia en la PZ1-PZ2 301-302 tras detectar el acceso de un trabajador 90 a la DZ 70 de la máquina 60. Sin embargo, mientras que, según la primera realización preferente, la Vídeo Cortina de Seguridad 1 elimina parcialmente los riesgos RL1, RL2, RL3 y/o RL4 en las Figuras 11f y 12a-f, de acuerdo con la segunda realización preferente, dicha Vídeo Cortina de Seguridad 1 elimina completamente los riesgos RL1, RL2, RL3 y/o RL4 en estas Figuras, ya que su unidad de control 20 detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303 en las Figuras 11d-f, 12a-f y 13a-c. No obstante, esta eliminación completa de los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 no sería posible si el objeto estático 400 estuviese ubicado en la región de la DZ 70 no monitorizada por el SVA 10, o si un trabajador 90 permaneciese en dicha región no monitorizada, tras haber accedido a la DZ 70. En estos casos no se detectaría presencia en la PZ3 303 y, al igual que en la primera realización preferente, la eliminación de los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 también sería parcial.

Cuanto mayor sea la región monitorizada por el SVA 10 de la DZ 70 (PZ3 303), menor será la probabilidad de que ocurra un accidente de trabajo debido a los riesgos RL1, RL2, RL3 y/o RL4, mientras al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 está en dicha DZ 70. Consecuentemente, la prevención obtenida por la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención conforme a la segunda realización preferente es superior, o al menos no inferior, que la obtenida según la primera realización preferente. No obstante, la monitorización completa de la región de la DZ 70 asociada a la línea de acceso 71 puede provocar falsas detecciones de presencia en ciertos tipos de maquinaria, por ejemplo en máquinas que se desplazan de su posición de reposo cuando llevan a cabo su actividad asociada. Por este motivo, y dado que el funcionamiento de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 es independiente de la máquina cuyos riesgos pretende eliminar o atenuar, no se recomienda la monitorización completa de dicha región de la DZ 70, aun cuando esta sea posible.

En una tercera realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención, su unidad de control 20 no permite las funciones de la máquina 60 tras detectar el acceso de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 a la DZ

70 de dicha máquina 60 hasta que detecta su salida de dicha DZ 70, aunque este objeto no sea monitorizado por el SVA 10 en el intervalo de tiempo comprendido entre su entrada y salida de la DZ 70 de la máquina 60. La PZ 300 considerada en esta tercera realización preferente está formada por la PZ1 301 y por la PZ2 302. Esta tercera realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 solo es aplicable cuando se utiliza en máquinas 60 que tienen asociada una DZ 70 que dispone de una única línea de acceso 71 por la que puede acceder exclusivamente un único trabajador 90 responsable de dicha máquina 60.

La Figura 9 ilustra la máquina de estados del funcionamiento de la unidad de control 20 según esta tercera realización preferente. Esta máquina de estados es similar a la de la Figura 7, pero a diferencia de esta incluye un estado 226 que también realiza detección de presencia en la PZ1 301 y en la PZ2 302, al igual que los estados 222 y 224, en este caso con el fin de detectar cuándo un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 sale de la DZ 70 de la máquina 60 (primero ha sido detectado en la PZ2 302 y posteriormente, en la PZ1 301), tras haber detectado previamente su acceso a dicha DZ 70 (estado 224), motivo por el cual la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 ha impedido previamente las funciones de la máquina 60 mediante la apertura del OSSD 30 (estado 225). Una vez detectada dicha salida, la unidad de control 20 realiza detección de presencia en la PZ1-PZ2 301-302 (estado 222) para permitir las funciones de la máquina 60, transcurrido un tiempo al menos igual a *T0* sin detectar presencia en dicha PZ 300. Desde este estado 222, la unidad de control 20 puede regresar al estado 226 si detecta un objeto accediendo a la DZ 70 de la máquina 60.

En relación con la secuencia temporal de imágenes cenitales de las Figuras 11, 12 y 13, la Vídeo Cortina de Seguridad 1 propuesta de acuerdo con esta tercera realización preferente, al igual que en la primera y segunda realizaciones preferentes, permite las funciones de la máquina 60 en la Figura 11a (estados 221, 222 y 223) y las impide en la Figura 11c (estados 224 y 225), al detectar la presencia de forma redundante de un trabajador 90 que se dispone a acceder a la DZ 70. Sin embargo, mientras que en la primera realización preferente las funciones de la máquina 60 se permiten en la Figura 11e, y en la segunda realización preferente se mantienen impedidas hasta la Figura 13f, en esta tercera realización preferente las funciones de la máquina 60 se mantienen inhabilitadas mientras dicho trabajador 90 permanece en la DZ 70, aunque no sea monitorizado por el SVA 10 (Figuras 11f, 12a-c, estado 226). Las funciones de la máquina 60 se permiten de nuevo transcurrido un tiempo de latencia *T0* (Figura 12e, estados 222 y 223) tras detectar la salida de dicho

trabajador 90 de la DZ 70 (Figura 12d, estado 222). La Vídeo Cortina de Seguridad 1, según esta tercera realización preferente, y al igual que en la primera realización preferente, impide las funciones de la máquina 60 de nuevo en la Figura 13a (estados 222 y 223), ya que detecta un nuevo acceso a la DZ 70 de la máquina 60 del trabajador 90. Las funciones de la máquina 60 se mantienen en dicho estado hasta la Figura 13f (estados 224 y 225) cuando se permiten las funciones de dicha máquina 60, ya que el entorno vuelve a estar libre de riesgos.

Conforme a lo indicado en esta tercera realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, la prevención de riesgos obtenida con dicha Vídeo Cortina de Seguridad 1 es superior a la obtenida conforme a la primera realización preferente, ya que el trabajador 90 no está expuesto a los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 mientras permanece en la DZ 70 de la máquina 60 (Figuras 11f, 12a-d y 13a-e), ya que no se permiten las funciones de la máquina 60. Sin embargo, en esta tercera realización preferente, y a diferencia de la segunda realización preferente, la Vídeo Cortina de Seguridad 1 propuesta, al no monitorizar la PZ3 303, permite las funciones de dicha máquina 60 cuando en dicha PZ3 303 existe al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 (Figuras 12e y 12f), objeto con el que puede chocar un trabajador 90 en posteriores accesos a la DZ 70. No obstante, la prioridad de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención es evitar que un trabajador 90 sufra un accidente de trabajo debido a los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 cuando accede y/o permanece en la DZ 70 de la máquina 60, riesgos que se eliminan completamente en esta tercera realización preferente, mientras que en la segunda realización preferente la eliminación de estos riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 está supeditada a la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303 (Figuras 11f, 12a-f y 13a-d), ya que si no se detectase ningún objeto en dicha PZ3 303, el trabajador 90 quedaría expuesto a riesgos mientras permaneciese en la DZ 70.

En una cuarta realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 propuesta, y al igual que en la tercera realización preferente, la unidad de control 20 de dicha Vídeo Cortina de Seguridad 1 no permite las funciones de la máquina 60 tras detectar el acceso de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 a la DZ 70 de dicha máquina 60 hasta que detecta su salida de dicha DZ 70, independientemente de que sea monitorizado o no por el SVA 10. Sin embargo, y al igual que en la segunda realización

preferente, en esta cuarta realización preferente la unidad de control 20 también detecta presencia en la PZ3 303 e impide las funciones de la máquina 60 si detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en dicha PZ3 303. De forma similar a la tercera realización preferente, esta cuarta realización preferente solo es aplicable cuando la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1 se utiliza en máquinas 60 que tienen asociada una DZ 70 que dispone de una única línea de acceso 71 por la que puede acceder exclusivamente un único trabajador 90 responsable de dicha máquina 60.

La Figura 10 muestra la máquina de estados que representa el funcionamiento de la unidad de control 20 según esta cuarta realización preferente de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención. Esta máquina de estados es similar a la de la Figura 8, pero a diferencia de esta, y al igual que la de la Figura 9, incluye un estado 236 que realiza detección de presencia en la PZ1 301 y en la PZ2 302, con el fin de detectar cuándo un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 abandona la DZ 70 de la máquina 60, es decir ha sido detectado primero en la PZ2 302 y después en la PZ1 301, al cruzar la línea de acceso 71 alejándose de la DZ 70. Tras detectar esta salida de la DZ 70, la unidad de control 20 continúa en el estado 232, que detecta presencia en la PZ1 301, en la PZ2 302 y en la PZ3 303, para permitir las funciones de la máquina 60 transcurrido un tiempo al menos igual a *T0* sin detectar presencia en la PZ 300. Desde este estado, la unidad de control 20 puede regresar al estado 236 si detecta un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 accediendo a la DZ 70 de la máquina 60.

En relación con la secuencia temporal de imágenes cenitales de las Figuras 11, 12 y 13, la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, conforme a esta cuarta realización preferente, permite las funciones de la máquina 60 en la Figura 11a (estados 231, 232 y 233) y las impide en la Figura 11c (estados 234 y 235), al igual que en las tres anteriores realizaciones preferentes. Sin embargo, mientras que en la primera realización preferente las funciones de la máquina 60 se permiten de nuevo en la Figura 11e, al no detectarse presencia en la PZ1-PZ2 301-302 durante un tiempo al menos igual a *T0*, y en la tercera realización preferente se permiten en la Figura 12e, al detectar la salida del trabajador 90 de la DZ 70; según esta cuarta realización preferente, dicha Vídeo Cortina de Seguridad 1 no permite las funciones de la máquina 60 hasta la Figura 13f, al igual que sucede en la segunda realización

preferente. Ello se debe a que, en esta cuarta realización preferente, aunque la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención determina que el trabajador 90 ha abandonado la DZ 70 en la Figura 12d, en la Figura 12e detecta mediante el estado 232 la presencia de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, como también ocurre en la segunda realización preferente. En la Figura 13a, en la que se inhabilitan de nuevo las funciones de la máquina 60 en las realizaciones preferentes primera y tercera, la unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 según esta cuarta realización preferente pasa al estado 236, ya que se determina que el trabajador 90 se dispone a acceder a la DZ 70. La unidad de control 20 de la Vídeo Cortina de Seguridad 1 conforme a esta cuarta realización preferente permanece en este estado hasta la Figura 13e, donde regresa al estado 232 al detectar la salida de dicho trabajador 90 de la DZ 70, antes de permitir finalmente las funciones de la máquina 60 en la Figura 13f (estados 232 y 233), al transcurrir el tiempo de latencia *T0* considerado.

Según lo indicado para la secuencia temporal de imágenes cenitales de las Figuras 11, 12 y 13, la prevención obtenida por la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención según esta cuarta realización preferente es superior que la obtenida en las tres realizaciones preferentes anteriores, ya que, al igual que sucede en la tercera realización preferente, la eliminación completa de los riesgos RL1, RL2, RL3 y RL4 durante el periodo de tiempo durante el cual el trabajador 90 está en la DZ 70, no está supeditada a la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, como ocurre en la segunda realización preferente, sino a la correcta detección del acceso y salida de la DZ 70 de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304. Además, a diferencia de la tercera realización preferente, también impide las funciones de la máquina 60 mientras detecta la presencia de al menos un objeto estático 400 de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, lo que garantiza que las funciones de dicha máquina 60 no se permitirán mientras dicho al menos un objeto estático 400 sea retirado, lo que minimiza la posibilidad de que al menos un trabajador 90 sufra un accidente de trabajo si choca con dicho al menos un objeto estático 400 en posteriores accesos a la DZ 70.

Teniendo en cuenta lo indicado para las cuatro realizaciones preferentes de la Vídeo Cortina de Seguridad para detección redundante y direccional de acceso a zona de peligro asociada a maquinaria industrial 1, y que los VBPDs patentados y/o normalizados relacionados con la invención inhabilitan las funciones de la máquina 60 independientemente de que al menos

un objeto acceda o salga de la DZ 70 de una máquina 60, y que dichos VBPDs las mantienen inhabilitadas mientras detectan presencia en su PZ asociada, la Vídeo Cortina de Seguridad 1 objeto de la invención se diferencia de dichos VBPDs patentados y/o normalizados, al menos, por:

- detectar de forma redundante cuándo al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 accede o sale de la DZ 70 de una máquina 60.

- inhabilitar las funciones de una máquina 60, mediante la apertura del OSSD 30, cuando detecta al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 que se dispone a acceder a la DZ 70 de dicha máquina 60 (primero en la PZ1 301 y después en la PZ2 302).

- mantener impedidas las funciones de una máquina 60 y, por tanto, el OSSD 30 abierto mientras detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1 301 y/o en la PZ2 302, tras inhabilitar previamente las funciones de dicha máquina 60 al detectar al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304, que se dispone a acceder a su DZ 70.

- permitir las funciones de una máquina 60, mediante el cierre del OSSD 30, transcurrido un tiempo de latencia *T0*, durante el cual se haya verificado la ausencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1-PZ2 301-302, tras detectar el acceso de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 a la DZ 70 de dicha máquina 60.

- detectar opcionalmente la presencia objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, contigua a la PZ2 302, donde se visualiza al menos la zona contigua a la zona de acceso contenida en la PZ 300, que incluye la propia línea de acceso 71 y la parte de la DZ 70 asociada a la misma, que forma parte de su borde perimetral externo.

- inhabilitar opcionalmente las funciones de una máquina 60 cuando detecta al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303.

- mantener opcionalmente impedidas las funciones de una máquina 60 y, por tanto, el OSSD 30 abierto, mientras detecta la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, tras inhabilitar las funciones de dicha máquina 60 al detectar al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304, que se dispone a acceder a su DZ 70 u, opcionalmente, la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3.

- permitir opcionalmente las funciones de una máquina 60, mediante el cierre del OSSD 30, transcurrido un tiempo de latencia *T0* durante el cual se haya verificado la ausencia de objetos de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^2_{min} 305 en la PZ1-PZ2 301-302, y mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3 303, tras detectar el acceso de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 a la DZ 70 de dicha máquina 60 u, opcionalmente, la presencia de al menos un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^3_{min} 306 en la PZ3.

- opcionalmente, mantener también impedidas las funciones de una máquina 60 mientras un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304, cuyo acceso a la DZ 70 de una máquina 60 ha sido detectado previamente, no abandone dicha DZ 70.

- y, opcionalmente, permitir las funciones de una máquina 60, mediante el cierre del OSSD 30, transcurrido un tiempo de latencia *T0* durante el cual se haya verificado la ausencia de objetos en la PZ1 301, en la PZ2 302, y en la PZ3 303 si se considera opcionalmente, tras haberse detectado previamente el acceso y la salida de un objeto de área proyectada en horizontal mayor o igual que OA^1_{min} 304 a la DZ 70 de dicha máquina 60.

REIVINDICACIONES

1.- Método de seguridad para una máquina industrial (60) basado en la detección de presencia de objetos (90) en una zona de protección (300) asociada a la máquina, donde el método comprende los pasos de:

a) adquirir una información visual asociada a la zona de protección, proporcionada por al menos una cámara (101) dispuesta sobre la zona de protección, donde la zona de protección comprende una primera zona de protección (301) más alejada de la máquina y una segunda zona de protección (302) más cercana a la máquina;

b) determinar, mediante una unidad de control (20), a partir de la información visual adquirida, la presencia o no presencia de objetos en la zona de protección;

c) una vez se ha determinado la presencia de objetos en la zona de protección, determinar, en la unidad de control, la detención de la máquina si se cumple al menos un primer criterio de seguridad, que comprende detectar la presencia de al menos un objeto en la primera zona de protección y detectar, en un instante consecutivo en el tiempo, la presencia de al menos un objeto en la segunda zona de protección.

2.- Método de acuerdo a la reivindicación 1 que además comprende impedir inicialmente el funcionamiento de la máquina y mantenerlo impedido hasta que transcurra un cierto tiempo de latencia después de que:

- la unidad de control determine en el paso b) que no hay presencia de objetos en la zona de protección o
- la unidad de control determine la presencia de un objeto en la zona de protección, pero de acuerdo al paso c) no se cumple el primer criterio de seguridad.

3.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde, una vez se ha determinado la detención de la máquina, además comprende:

- ejecutar de manera iterativa los pasos a) - c);
- mantener impedido el funcionamiento de la máquina hasta que transcurra un cierto tiempo de latencia, el cual comienza después de que la unidad de control determine el cumplimiento de un conjunto de condiciones, que al menos comprenden:
    - que no hay presencia de objetos en la zona de protección, de acuerdo al paso b); o

- la presencia de un objeto en la zona de protección, pero que no se cumple el primer criterio de seguridad de acuerdo al paso c);
- reanudar el funcionamiento de la máquina una vez transcurrido el tiempo de latencia.

4.- Método de acuerdo a la reivindicación 3, donde el conjunto de condiciones además comprende detectar la presencia de un objeto en la segunda zona de protección y detectar, en un instante consecutivo en el tiempo, la presencia del objeto en la primera zona de protección.

5.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la zona de protección comprende una tercera zona de protección (303) más cercana a la máquina que la segunda zona de protección, que además comprende determinar, por la unidad de control, la detención de la máquina si se cumple un segundo criterio de seguridad que comprende detectar la presencia de un objeto en la tercera zona de protección.

6.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde, una vez que la unidad de control determina la detención de la máquina, además comprende enviar una orden, desde la unidad de control a un interruptor OSSD (30) conectado a la máquina, que abre dicho interruptor OSSD e impide el funcionamiento de la máquina.

7.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde determinar la presencia de objetos comprende:

- almacenar en una unidad de almacenamiento (21) de la unidad de control información de la posición de la al menos una cámara;
- determinar para cada uno de los píxeles si pertenecen a un campo de visión definido para la al menos una cámara y a qué zona de protección pertenecen, en función de una imagen de referencia del campo de visión definido para la al menos una cámara, una imagen adquirida por dicha cámara y la información de posición almacenada.

8.- Método de acuerdo a la reivindicación 7 que además comprende establecer un umbral mínimo de detección de objetos, para cada una de las zonas de protección, que permite detectar objetos cuya área proyectada en horizontal es mayor o igual que un tamaño mínimo establecido.

9.- Método de acuerdo a las reivindicaciones 5 y 8 donde el tamaño mínimo establecido para determinar la presencia de objetos en la primera y segunda zona de protección, se establece de acuerdo a una medida de la cabeza de la persona de menor estatura tabulada en la norma ISO 15534-3; y el tamaño mínimo establecido para determinar la presencia de objetos en la tercera zona de protección (303) se establece de acuerdo a una medida de medio pie de la persona de menor estatura tabulada en la norma ISO 15534-3.

10.- Sistema de seguridad para una máquina industrial (60) basado en la detección de presencia de objetos (90) en una zona de protección (300) asociada a la máquina, donde el sistema está caracterizado porque comprende:

- al menos una cámara (101) dispuesta sobre la zona de protección, donde la zona de protección comprende una primera zona de protección (301) más alejada de la máquina y una segunda zona de protección (302) más cercana a la máquina, donde dicha al menos una cámara está configurada para adquirir una información visual asociada a la zona de protección; y
- una unidad de control (20) conectada con la al menos una cámara, configurada para determinar, a partir de la información visual adquirida, la presencia o no de objetos en la zona de protección; y una vez se ha determinado la presencia de objetos en la zona de protección, determinar, la detención de la máquina si se cumple al menos un primer criterio de seguridad que comprende detectar la presencia de un objeto en la primera zona de protección y detectar, en un instante consecutivo en el tiempo, la presencia del objeto en la segunda zona de protección.

11.- Sistema de acuerdo a la reivindicación 10, donde la unidad de control está además configurada para mantener impedido el funcionamiento de la máquina hasta que transcurra un cierto tiempo de latencia, el cual comienza después de que la unidad de control determine el cumplimiento de un conjunto de condiciones, que al menos comprende:

- determinar que no hay presencia de objetos en la zona de protección; o
- determinar la presencia de un objeto en la zona de protección, pero que no se cumple el primer criterio de seguridad; y

donde el sistema además comprende un interruptor OSSD (30) conectado a la unidad de control y a la máquina, donde dicho interruptor está configurado para recibir una orden desde la unidad de control que provoca la apertura del interruptor e impide, como resultado de la apertura del interruptor, el funcionamiento de la máquina; y donde dicho interruptor está además configurado para, una vez transcurrido el tiempo de latencia, recibir una orden

desde la unidad de control que provoca el cierre del interruptor y, como resultado del cierre del interruptor, permitir el funcionamiento de la máquina.

12.- Sistema de acuerdo a cualquier de las reivindicaciones 10-11 donde la al menos una cámara (101) se dispone sobre la zona de protección de manera que su eje óptico se sitúa sobre una línea virtual que separa la primera zona de protección y la segunda zona de protección.

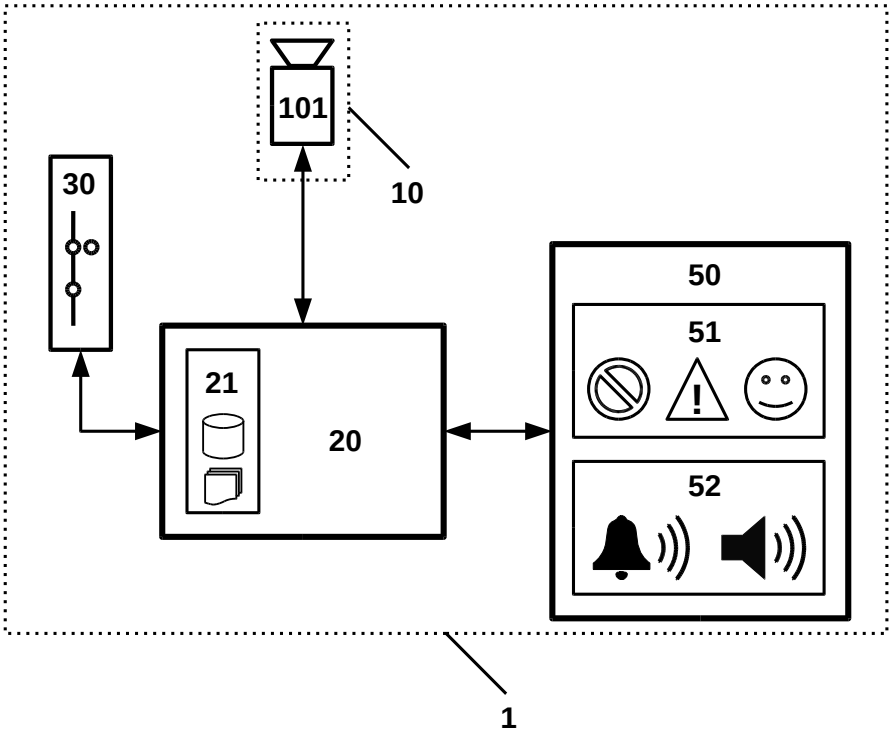
13.- Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 10-12 que además comprende unas guardas fijas (80) que protegen el acceso a la máquina, excepto por una línea de acceso (71).

14.- Sistema de acuerdo a cualquier de las reivindicaciones 10-13 que comprende un número par de cámaras adicionales, a la al menos una cámara, en dirección normal a una línea de acceso (71) a la máquina y una o más cámaras adicionales, a la al menos una cámara, en dirección paralela a la línea de acceso a la máquina.

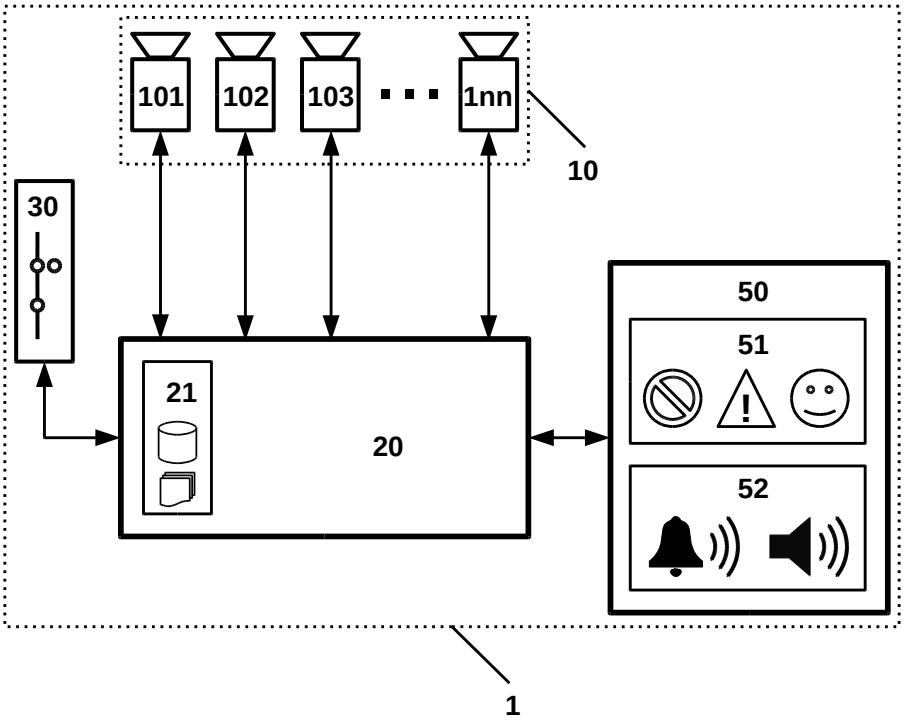
15.- Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 11-14 que además comprende un indicador visual y/o sonoro conectado a la unidad de control, donde dicho indicador (50) visual (51) y/o sonoro (52) está configurado para proporcionar cierta información a un usuario, donde la cierta información comprende una o varias de las siguientes informaciones:

- un resultado instantáneo de la detección de presencia de objetos llevada a cabo por la unidad de control en las distintas zonas de la zona de protección;
- un estado abierto o un estado cerrado del interruptor OSSD; y
- un número acumulado de accesos y salidas de objetos a través de una línea de acceso de la máquina durante un periodo de tiempo definido.

16.- Producto de programa de ordenador que comprende código de programa de ordenador, adaptado para realizar el procedimiento de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 cuando dicho código de programa es ejecutado en un ordenador, un procesador de señales digitales, una formación de compuertas programables en el terreno, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un micro-controlador o cualquier otra forma de hardware programable.

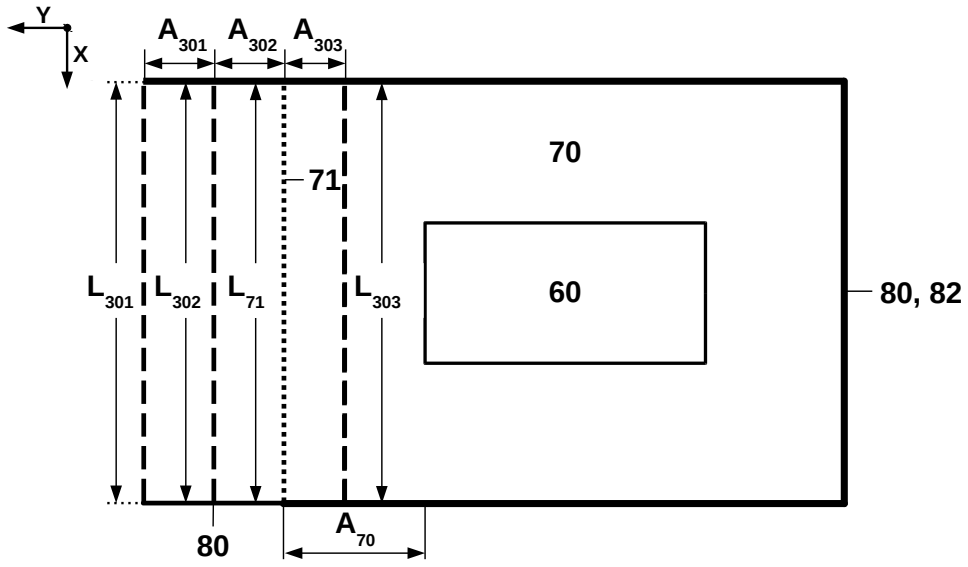


a)

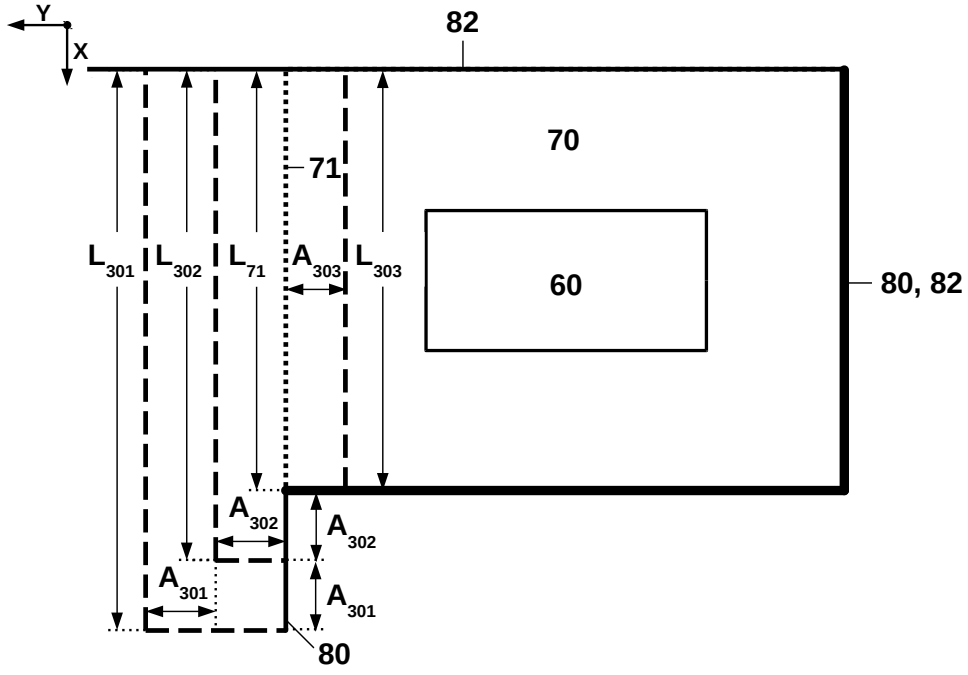


b)

FIG. 1

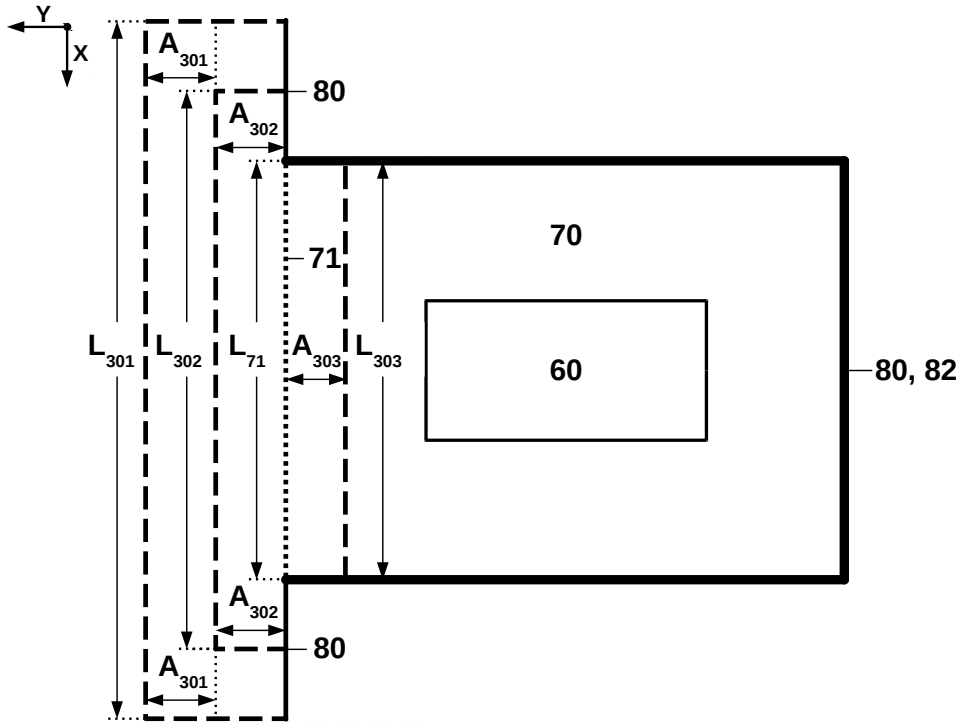

Y
X
A301
A302
A303
70
71
L301
L302
L71
L303
60
80, 82
80
A70

a)

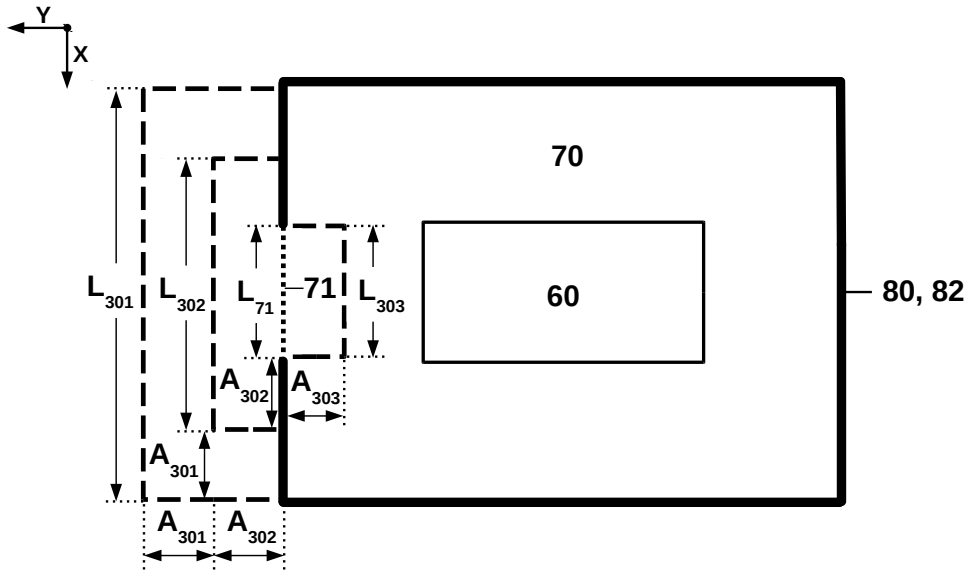

Y
X
82
70
71
L301
L302
L71
A303
L303
60
80, 82
A302
A302
A301
A301
80

b)

FIG. 2

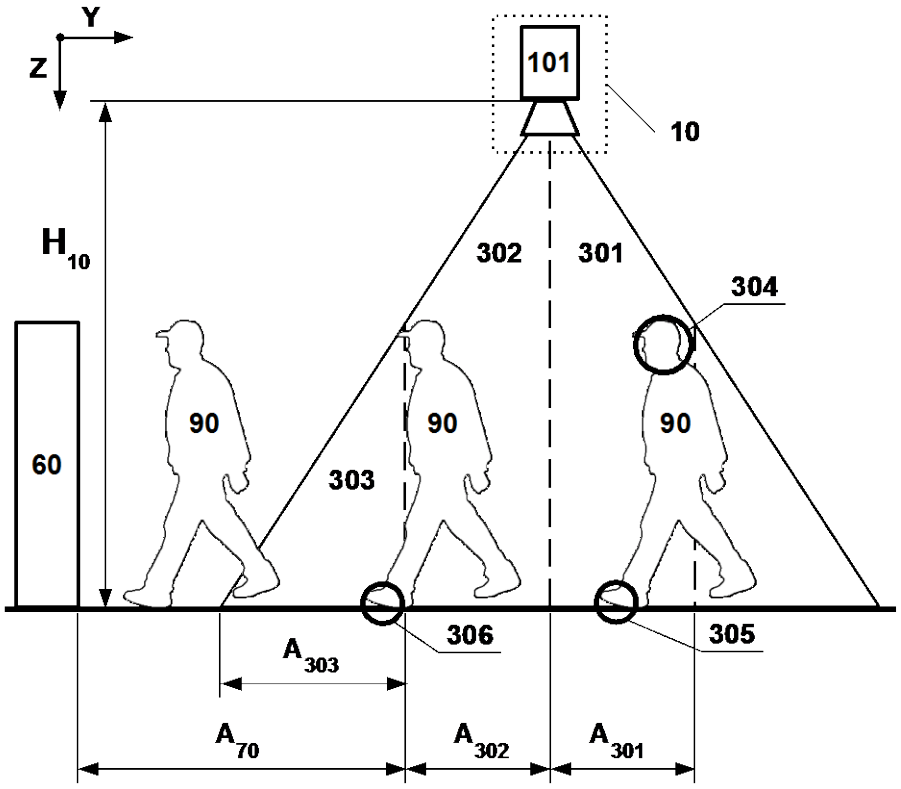

Y
X
A301
80
A302
71
70
L301
L302
L71
A303
L303
60
80, 82
A302
80
A301

a)

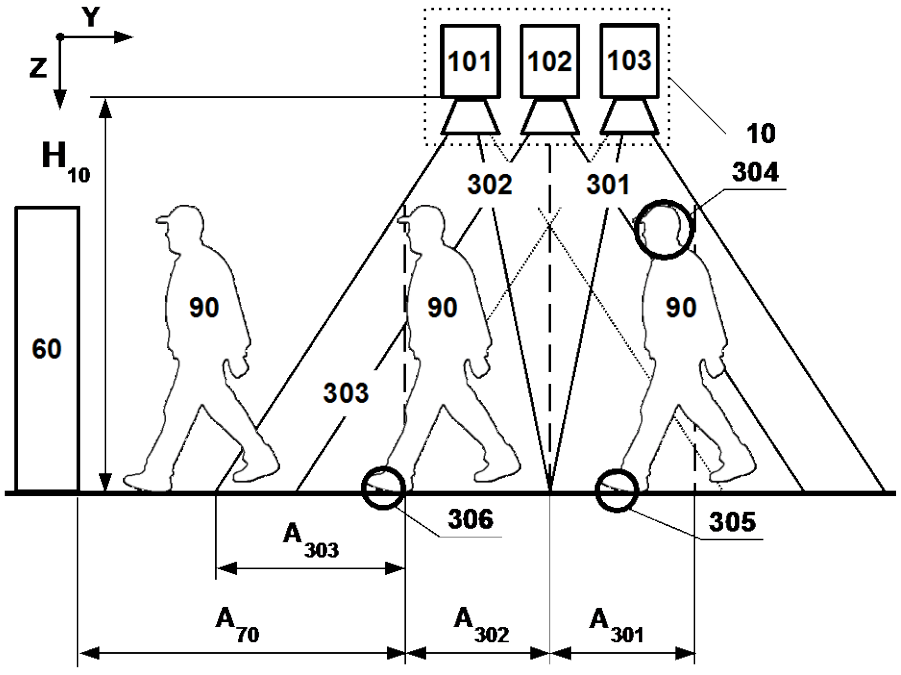

Y
X
70
L301
L302
L71
71
L303
60
80, 82
A302
A303
A301
A301
A302

b)

FIG. 3

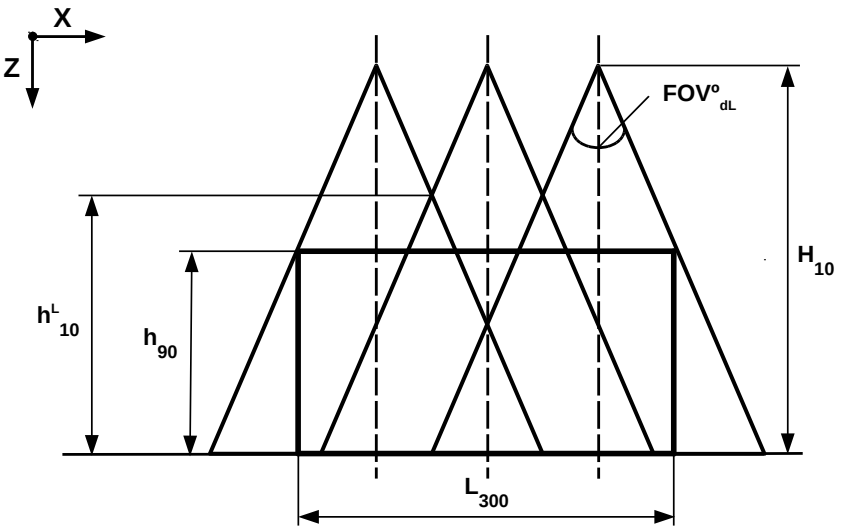

Y
Z
101
10
H10
302
301
304
90
90
90
60
303
306
305
A303
A70
A302
A301

a)

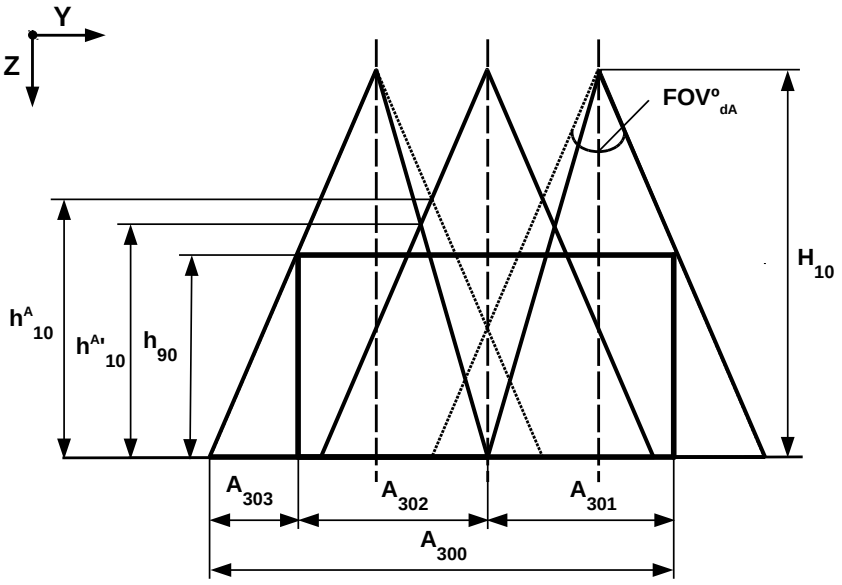

Y
Z
101
102
103
10
H10
304
302
301
90
90
90
60
303
306
305
A303
A70
A302
A301

b)

FIG. 4


X
Z
FOVº dL
H10
h L 10
h90
L300

a)


Y
Z
FOVº dA
H10
h A 10
h A' 10
h90
A303
A302
A301
A300

b)

FIG. 5

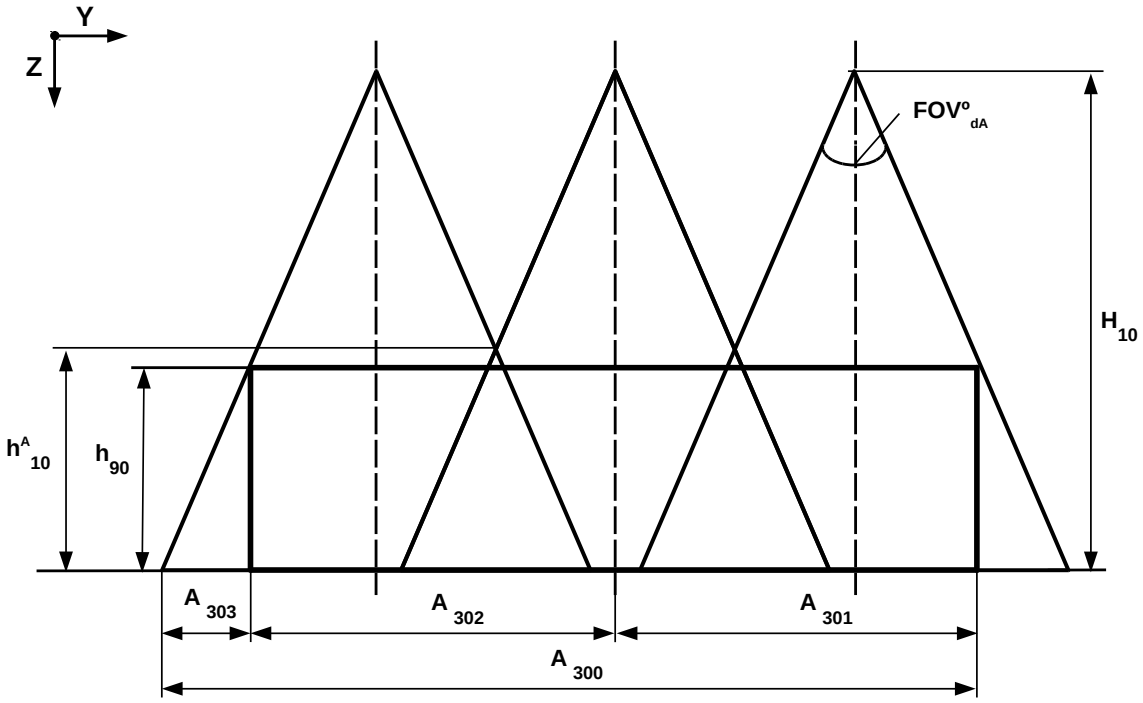


FIG. 6

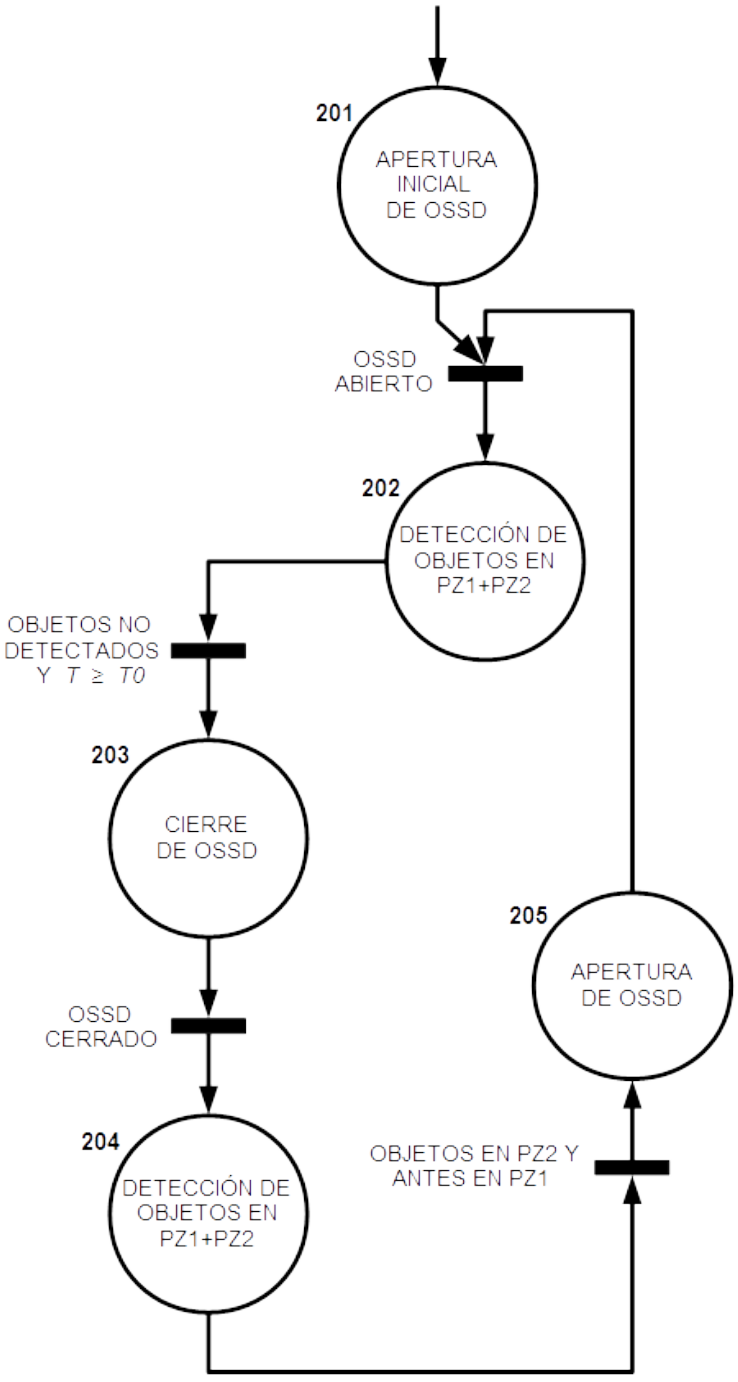

201
APERTURA INICIAL DE OSSD
OSSD ABIERTO
202
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2
OBJETOS NO DETECTADOS Y T ≥ T0
203
CIERRE DE OSSD
OSSD CERRADO
204
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2
205
APERTURA DE OSSD
OBJETOS EN PZ2 Y ANTES EN PZ1

FIG. 7

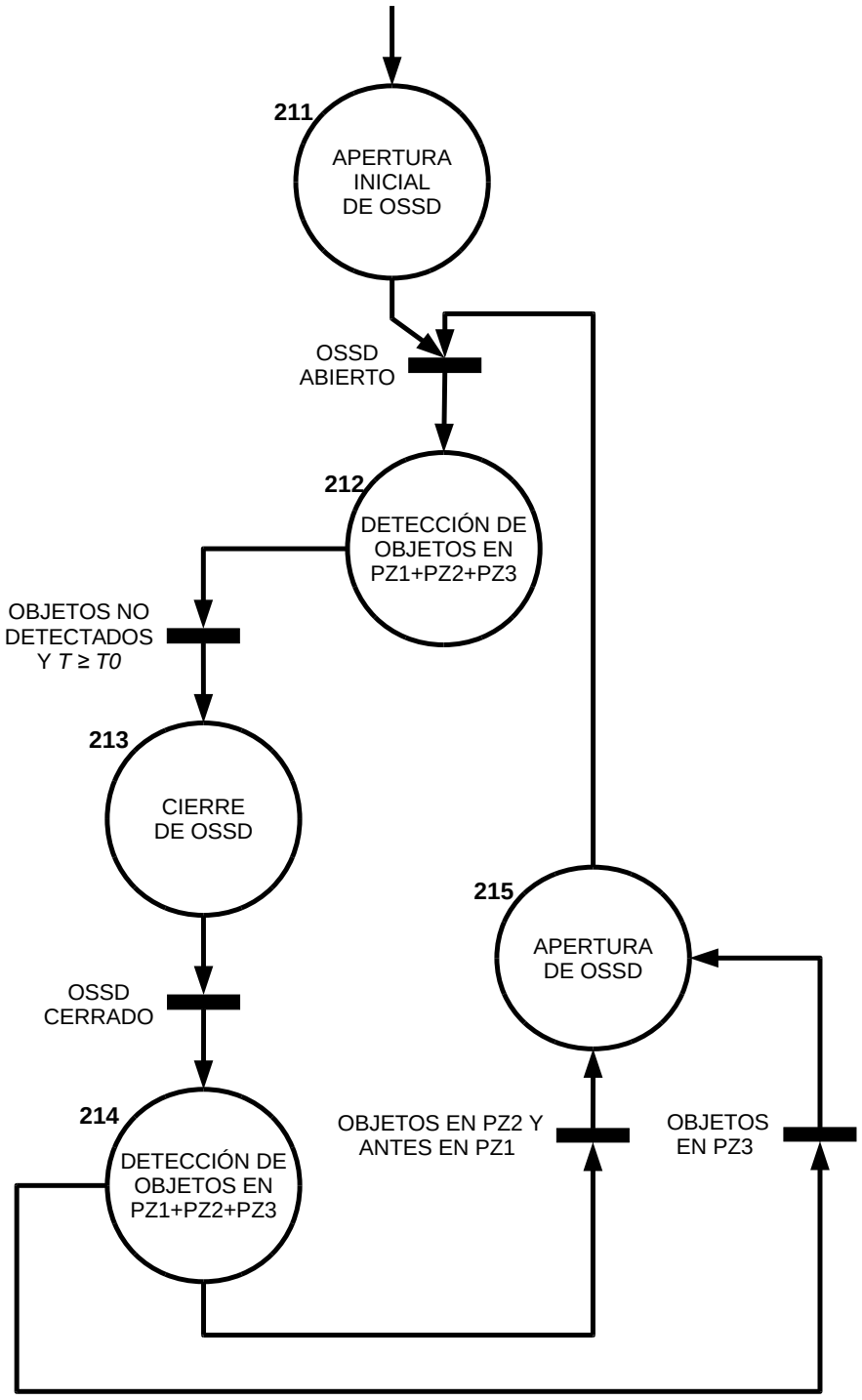

211
APERTURA INICIAL DE OSSD
OSSD ABIERTO
212
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2+PZ3
OBJETOS NO DETECTADOS Y T ≥ T0
213
CIERRE DE OSSD
OSSD CERRADO
214
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2+PZ3
215
APERTURA DE OSSD
OBJETOS EN PZ2 Y ANTES EN PZ1
OBJETOS EN PZ3

FIG. 8

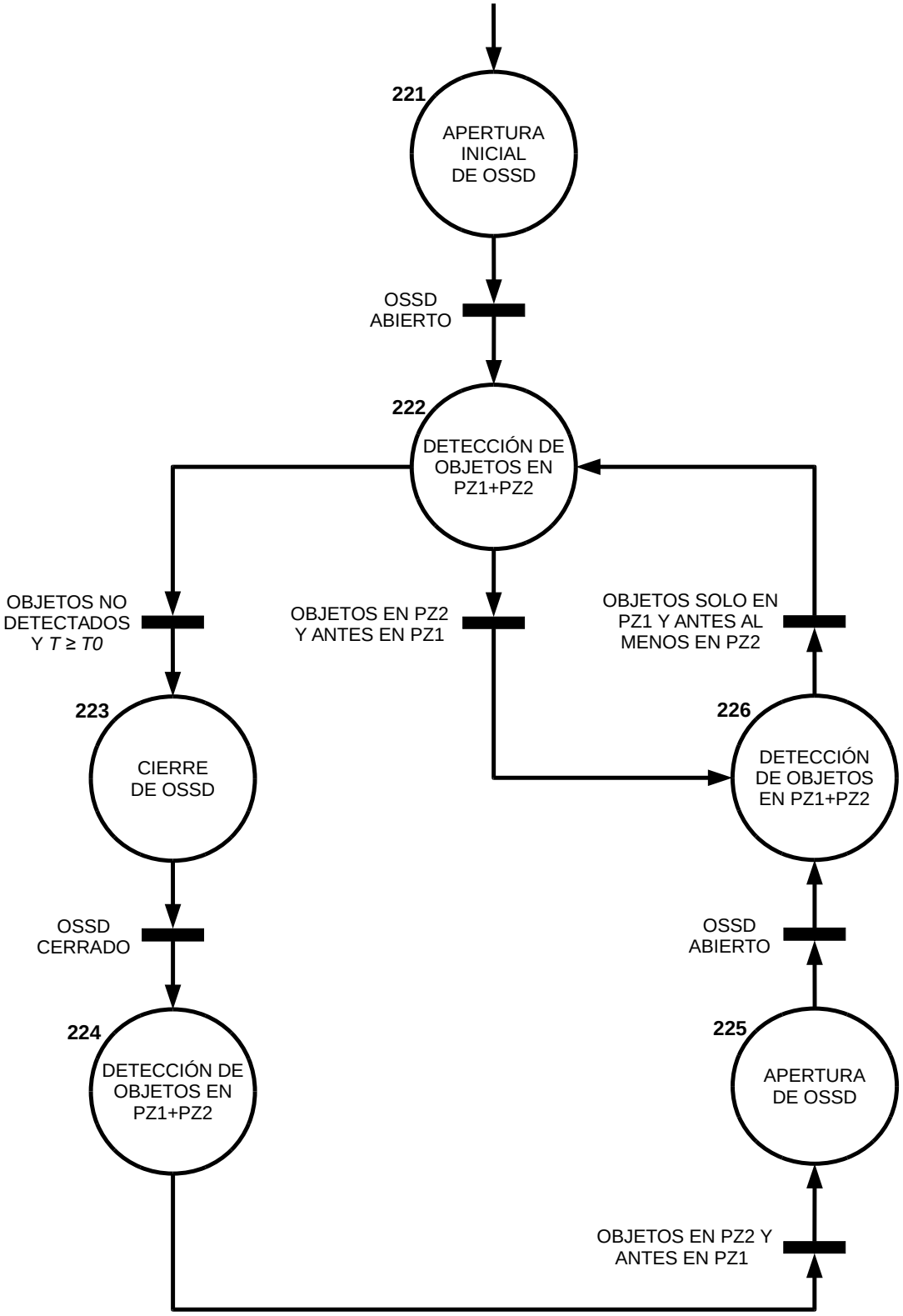

221
APERTURA INICIAL DE OSSD
OSSD ABIERTO
222
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2
OBJETOS NO DETECTADOS Y T ≥ T0
OBJETOS EN PZ2 Y ANTES EN PZ1
OBJETOS SOLO EN PZ1 Y ANTES AL MENOS EN PZ2
223
CIERRE DE OSSD
226
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2
OSSD CERRADO
OSSD ABIERTO
224
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2
225
APERTURA DE OSSD
OBJETOS EN PZ2 Y ANTES EN PZ1

FIG. 9

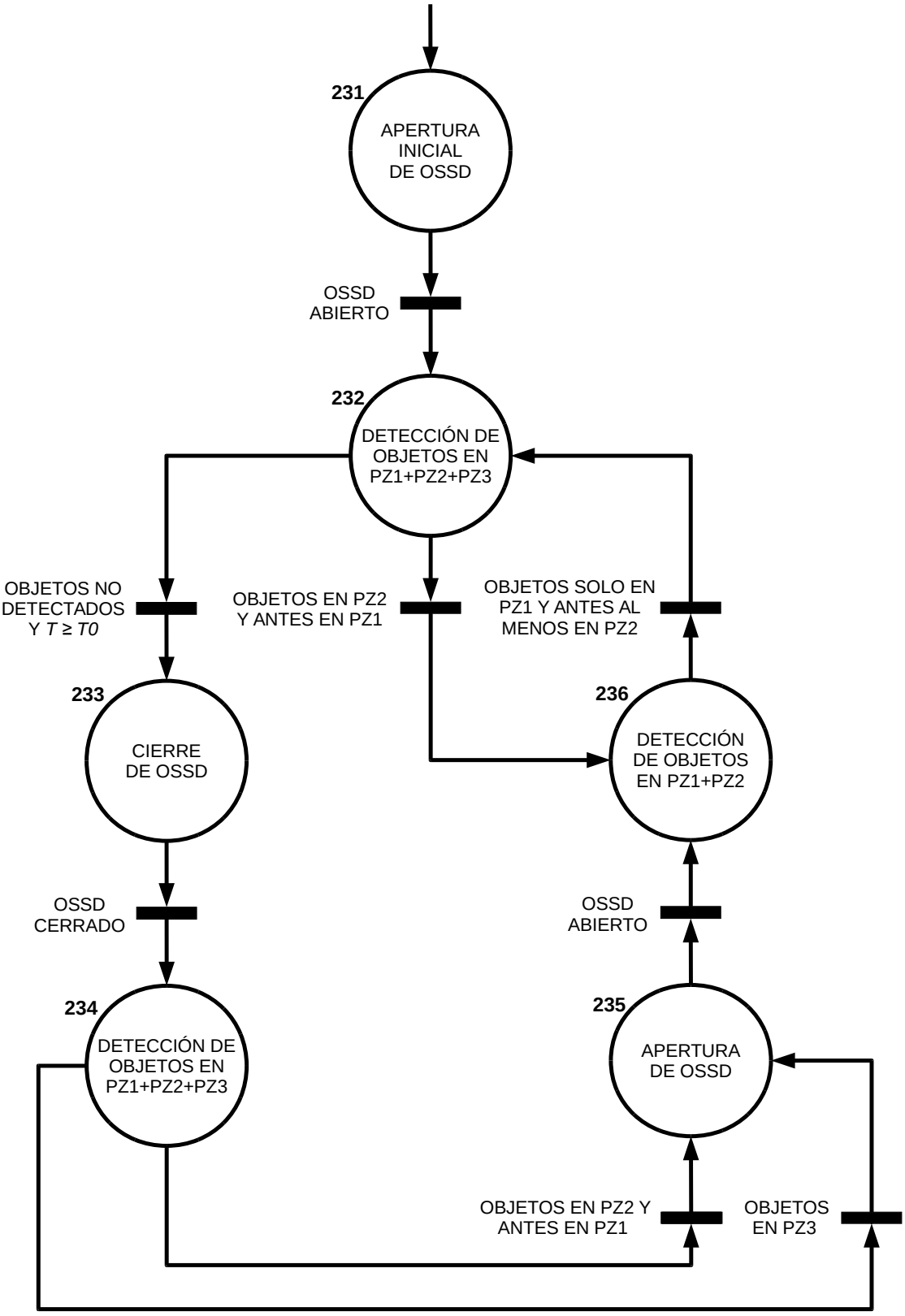

231
APERTURA INICIAL DE OSSD
OSSD ABIERTO
232
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2+PZ3
OBJETOS NO DETECTADOS Y T ≥ T0
OBJETOS EN PZ2 Y ANTES EN PZ1
OBJETOS SOLO EN PZ1 Y ANTES AL MENOS EN PZ2
233
CIERRE DE OSSD
236
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2
OSSD CERRADO
OSSD ABIERTO
234
DETECCIÓN DE OBJETOS EN PZ1+PZ2+PZ3
235
APERTURA DE OSSD
OBJETOS EN PZ2 Y ANTES EN PZ1
OBJETOS EN PZ3

FIG. 10

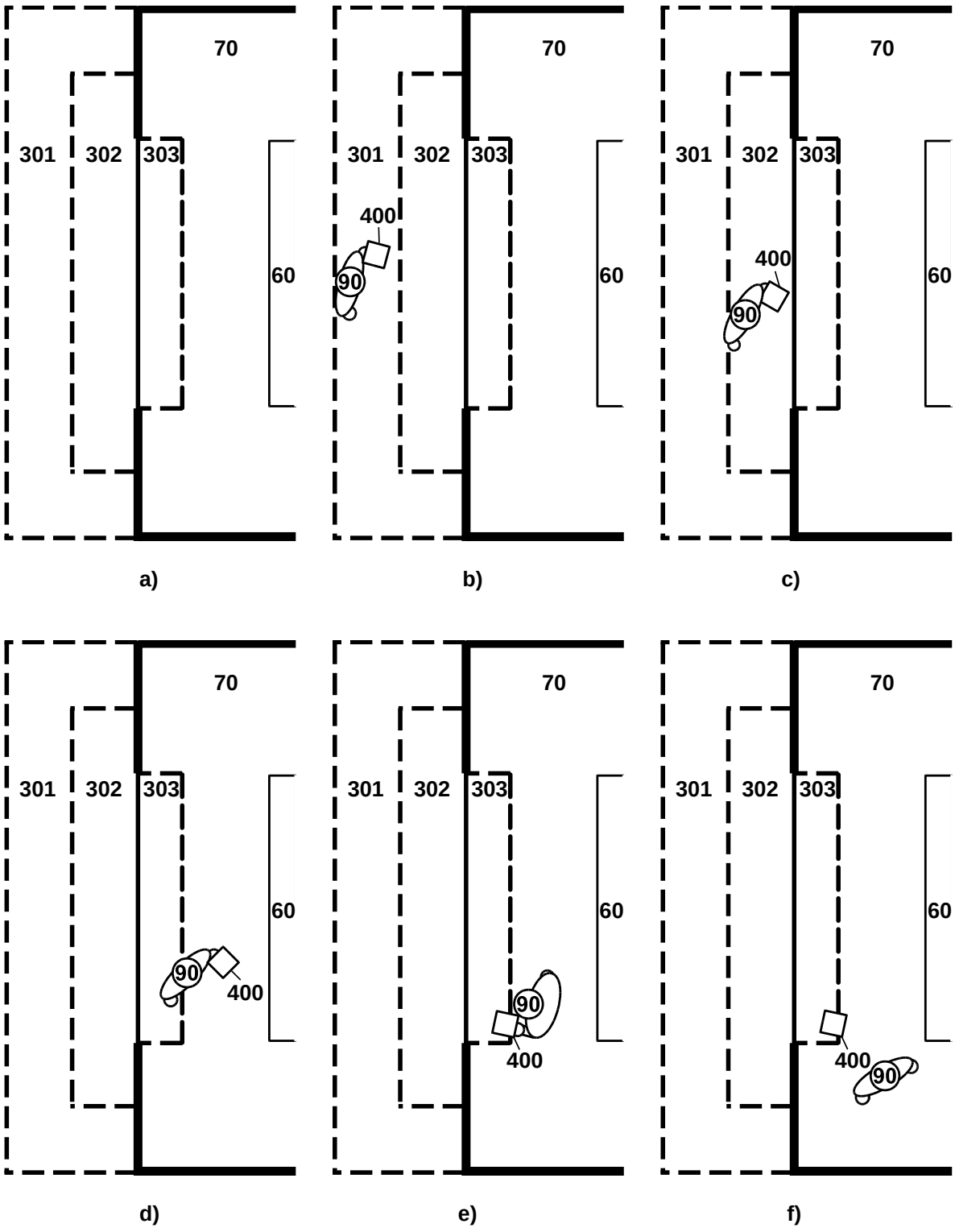


FIG. 11

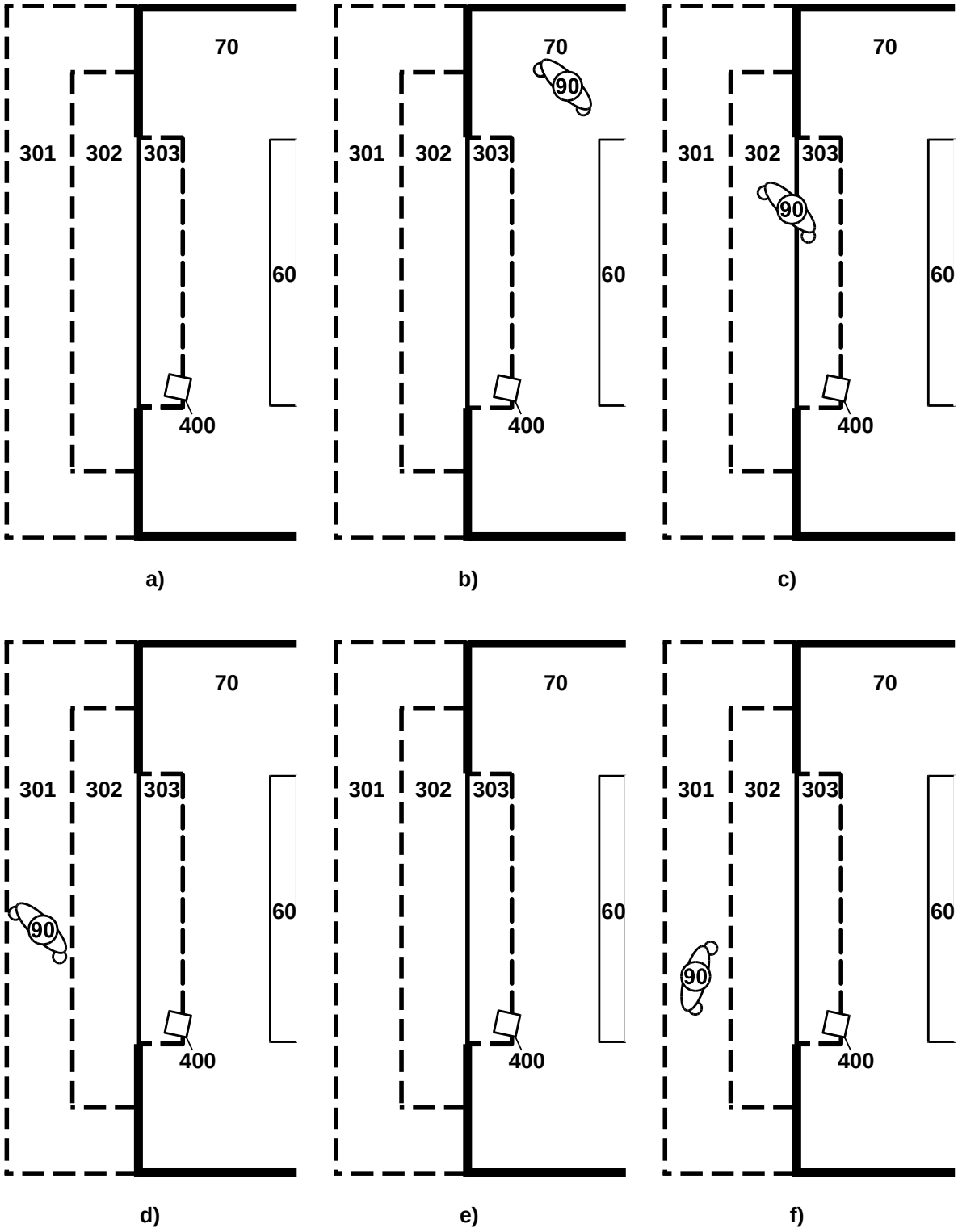


FIG. 12

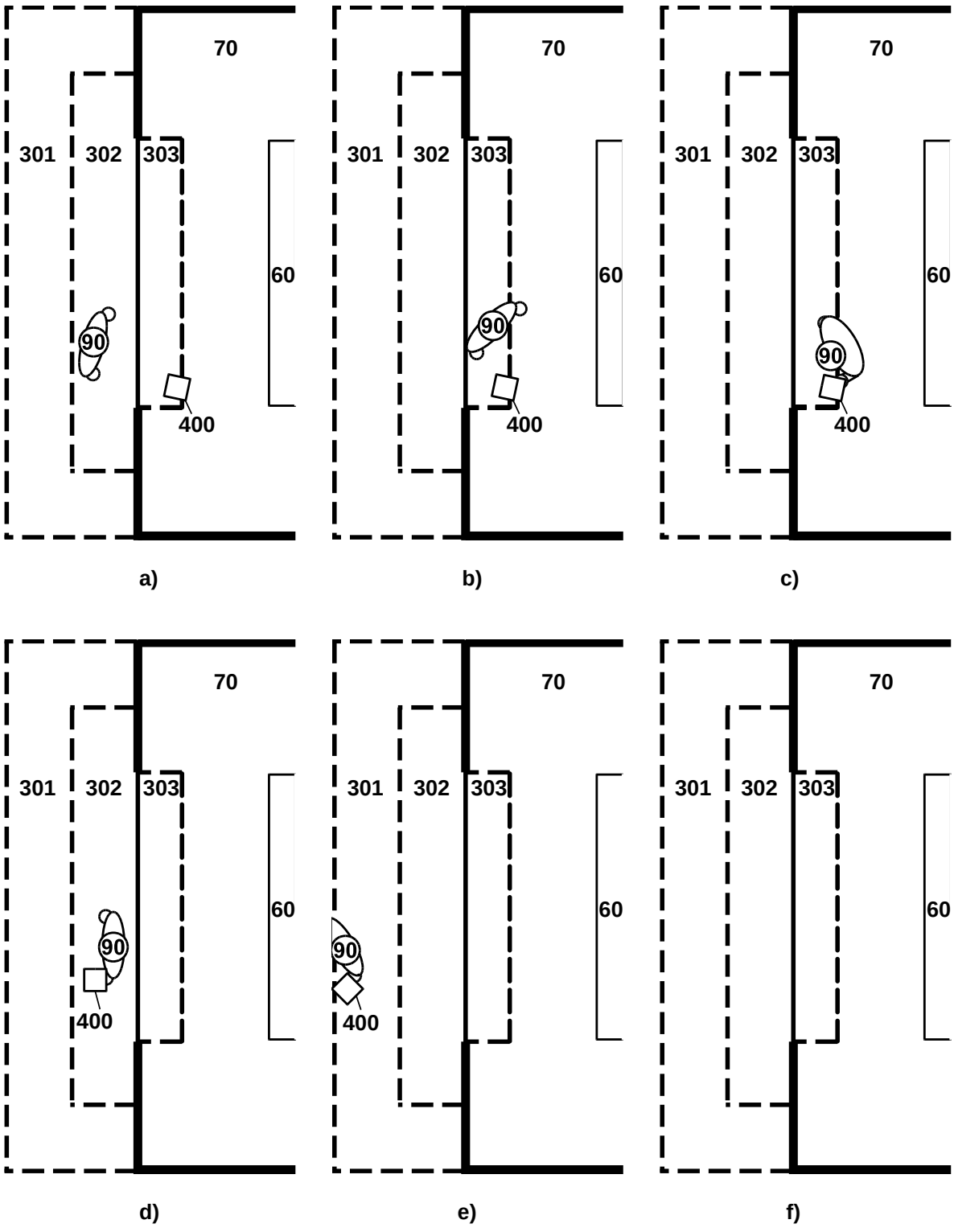


FIG. 13

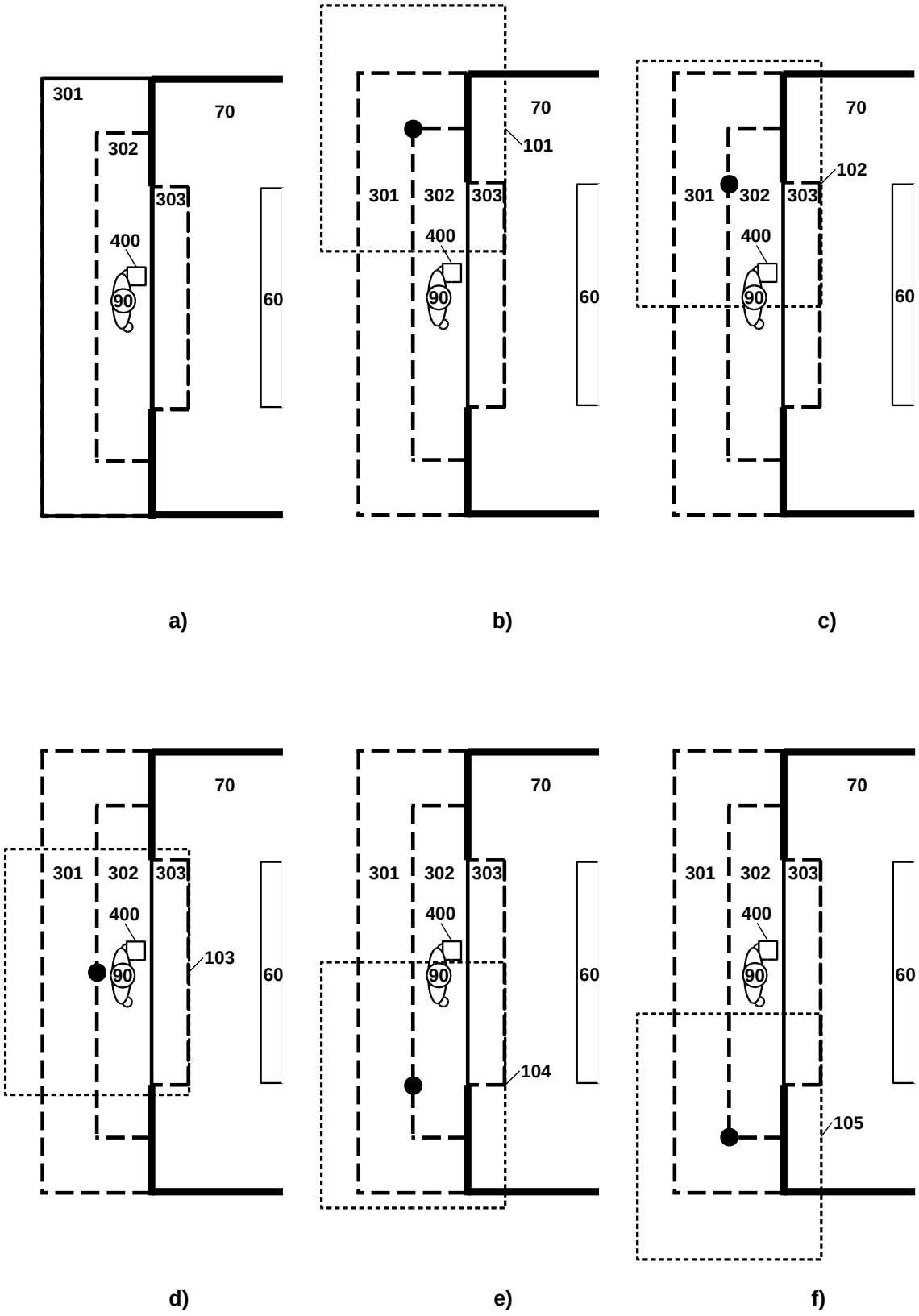

301
70
302
303
400
90
60
a)
70
101
301
302
303
400
90
60
b)
70
102
301
302
303
400
90
60
c)
70
301
302
303
400
90
103
60
d)
70
301
302
303
400
90
104
60
e)
70
301
302
303
400
90
105
60
f)

FIG. 14

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201631621

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 20.12.2016

(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**
A	US 2012182419 A1 (WIETFELD MARTIN) 19/07/2012, Párrafos 40-64; figuras.	1, 5-8, 10-16
A	US 2015049911 A1 (DOETTLING DIETMAR et al.) 19/02/2015, Párrafos 44-73; figuras.	1, 4-7, 10-16
A	US 2004125206 A1 (LOHMANN LUTZ) 01/07/2004, Párrafos 40-94; figuras 1-4.	1, 6, 7, 10-13, 15, 16
A	US 6829371 B1 (NICHANI SANJAY et al.) 07/12/2004, Columna 11, línea 63-columna 24; línea 21; figuras.	1, 6, 7, 10-12, 15, 16

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**
30.11.2017	M. J. Lloris Meseguer	1/5

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G06T7/00 (2017.01)
G06K9/00 (2006.01)
F16P3/00 (2006.01)
B25J9/16 (2006.01)

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

G06T, G06K, F16P, 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

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 30.11.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-16	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-16	**SI**
	Reivindicaciones		**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 2012182419 A1 (WIETFELD MARTIN)	19.07.2012
D02	US 2015049911 A1 (DOETTLING DIETMAR et al.)	19.02.2015
D03	US 2004125206 A1 (LOHMANN LUTZ)	01.07.2004
D04	US 6829371 B1 (NICHANI SANJAY 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

De todos los documentos recuperados del estado de la técnica, se considera que los documentos D01-D04 son los más próximos a la solicitud que se analiza. A continuación se comparan las reivindicaciones de la solicitud con estos documentos.

Reivindicación 1

El documento D01 describe un método de seguridad para una máquina (14), que puede ser un robot, basado en la detección de presencia de objetos (38) en una zona de protección asociada a la máquina.

El método comprende:

Adquirir información visual asociada a la zona de protección, proporcionada por dos cámaras (16, 18) dispuestas sobre la zona de protección, separadas a una determinada distancia (b). Ambas cámaras visualizan una región (33), que comprende la zona de protección. Mediante la información de las dos cámaras (16, 18) se obtiene una imagen en tres dimensiones de esta región (33). La región presenta una estructura con bordes paralelos y unas marcas de referencia se disponen en la estructura. Se determinan unas distancias de referencia entre las cámaras y las marcas de referencia, y una posición en la estructura se determina en base a las distancias de referencia.

La zona de protección comprende tres zonas (ver figura 2). Una primera zona (34), más alejada de la máquina, una segunda zona (36) contigua a la primera, más cercana a la máquina, y la tercera zona (12) que rodea a la máquina, que es la zona de trabajo de la máquina (14).

La salida de las cámaras (16, 18) se conecta a una unidad de control y evaluación (20) que controla el funcionamiento de la máquina (14) en función de las imágenes captadas, pudiendo detener la máquina o hacer que funcione a una velocidad reducida.

Si un objeto (38), que puede ser una persona, es detectado por las cámaras accediendo a la primera zona (34), la unidad de control (20) activa una señal que produce que la máquina (14) opere a una velocidad reducida y se activan unas señales de aviso, visuales y/o acústicas.

Si el objeto (38) es detectado por las cámaras accediendo a la segunda zona (36), la unidad de control (20) activa una señal que produce la detención de la máquina (14).

La reivindicación 1 de la solicitud se diferencia de este documento en que indica el empleo de una única cámara, dispuesta sobre la zona de protección, que puede detectar la presencia de un objeto en la primera zona de protección y detectar, en un instante consecutivo en el tiempo, la presencia de un objeto en la segunda zona de protección. De esta forma la información visual se obtiene de una única cámara que monitoriza la línea de transición entre la primera y la segunda zona de protección. Además, mediante una detección de un objeto en la primera zona y en un instante posterior en la segunda zona, detecta el acercamiento del objeto a la máquina. De manera que no se detiene inicialmente la máquina cuando se detecta un objeto en una zona sino cuando la cámara detecta el acercamiento del objeto, de una zona a otra.

El problema técnico objetivo que resuelve así la reivindicación 1 es poder detectar el acercamiento de un objeto a partir del empleo de una sola cámara dispuesta sobre las zonas de protección y ordenar la detención de la máquina en el caso de detectar el acercamiento del objeto al pasar de una zona de protección a otra más próxima a la máquina.

El documento D02 describe otro método de seguridad para una máquina (22), que puede ser un robot, basado en la detección de presencia de personas (34) en una zona de protección (24, 30) asociada a la máquina.
El método comprende:
Adquirir información visual asociada a la zona de protección (24, 30). La información visual consiste en una imagen en tres dimensiones de la zona de protección, que en un modo de realización se puede obtener mediante dos cámaras (14, 16).
Mediante una unidad de evaluación (18), conectada a los medios de control de la máquina o robot (20), se determina la posición de los objetos detectados a partir de la información de las imágenes obtenidas por las cámaras. En función de las posiciones detectadas se envían distintas señales para controlar el funcionamiento de la máquina.
Cuando la unidad de evaluación detecta que una persona (34) entra en la zona de protección (30), se reduce la velocidad del robot. A continuación se realiza un seguimiento en el tiempo de la posición de la persona (24) que ha sido detectada en la zona de protección (30) y la posición del robot (22), para determinar si se aproximan más que una determinada distancia (38). En tal caso, la unidad de evaluación (18) activa una señal que detiene el robot (38).

El documento D02 no emplea una sola cámara para detectar la entrada de un objeto a la zona de protección. Además, en este documento no se realiza la detención de la máquina cuando la persona se acerca a ella, dentro de una zona de protección, sino cuando la persona se encuentra a menos de una distancia determinada de la máquina.

El documento D03 describe otro método de seguridad para una máquina (1) que emplea un sistema (5) que comprende medios para iluminar la zona de protección (50) y dos cámaras (51, ver figura 2). Cuando el sistema (5) detecta un objeto dentro de una zona (7) próxima a la máquina, ordena la parada de la máquina. En caso de detectar un objeto en una zona próxima a la anterior (8), pero más alejada de la máquina, el sistema activa una señal de aviso.

El documento D03 tampoco emplea una sola cámara para detectar la entrada de un objeto a la zona de protección, ni realiza la detención de la máquina cuando un objeto se aproxima a ella, dentro de una zona de protección, sino cuando la persona es detectada dentro de una zona de protección.

El documento D04 describe un método para poder detectar un objeto, como puede ser una persona (44), a partir del empleo de una sola cámara (40) dispuesta sobre una zona de protección (36 y 38) alrededor de una máquina, ordenando la detención de la máquina en el caso de detectar el objeto. En este documento se menciona el empleo de una cinta (48) a lo largo del perímetro de la zona de protección (Ver figura 7). Cuando el sistema detecta la oclusión de la cinta (48) por parte de un objeto (44), ordena la detención de la máquina que se encuentra dentro de la zona de protección (36).

Este documento se diferencia del contenido de la reivindicación 1 en que no detecta el acercamiento del objeto, no realizando la detención de la máquina cuando el objeto se acerca. En este documento se detiene inicialmente la máquina cuando se detecta un objeto por la oclusión de la cinta.

A la vista de los documentos mencionados anteriormente, citados en el Informe sobre el Estado de la Técnica, ninguno de estos documentos, o cualquier combinación relevante de ellos, resuelve el problema mencionado anteriormente. Por lo tanto, la reivindicación 1 se considera que presenta novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP.

Reivindicaciones 2-9

Las reivindicaciones 2-9 dependen de la reivindicación 1 y, en consecuencia, también se considera que presentan novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP.

Reivindicaciones 10-15

La reivindicación 10 presenta un contenido equivalente a la reivindicación 1 en el contexto de un sistema de seguridad para una máquina industrial. Dado que la reivindicación 1 se ha considerado que presenta novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP., también se considera que la reivindicación 15 presenta novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP.

Las reivindicaciones 11-15 dependen de la reivindicación 10 y, en consecuencia, también se considera que presentan novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP.

Reivindicación 16

El contenido de la reivindicación 16 es dependiente de cualquiera de las reivindicaciones 1-8. Dado que las reivindicaciones 1-8 se ha considerado que presentan novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP., también se considera que la reivindicación 16 presenta novedad y actividad inventiva tal y como se establece en los Artículos 6.1 y 8.1 LP.