

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 951 842**

51 Int. Cl.:

G01C 3/08 (2006.01)

E04H 4/16 (2006.01)

G05D 1/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2018 PCT/US2018/047583**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.02.2019 WO19040653**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2018 E 18849210 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3673232**

54 Título: **Sistema de control de limpiador de piscina**

30 Prioridad:

22.08.2017 US 201762548827 P

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

25.10.2023

73 Titular/es:

**PENTAIR WATER POOL AND SPA, INC. (100.0%)
400 Regency Forest Drive
Cary, NC 27518, US**

72 Inventor/es:

**BRAIDIC, KEVIN;
ROTUNDO, JOHN;
FREVE, DAN y
SOWERWINE, WILLIAM**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 951 842 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de control de limpiador de piscina

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**Antecedentes de la invención**

10 Existen un número de limpiadores de piscina automáticos diferentes. La mayoría de los limpiadores de piscina automáticos incluyen uno o más componentes para accionar el limpiador de piscina a lo largo de un suelo y paredes laterales de una piscina. Por ejemplo, los limpiadores laterales por presión y los limpiadores por succión convencionales a menudo usan conjuntos de turbina hidráulica como sistemas de accionamiento para accionar una o más ruedas. El agua suministrada a través del limpiador de piscina acciona los conjuntos de turbina, que a su vez, accionan las ruedas. También se han desarrollado limpiadores de piscina robóticos que utilizan un motor en lugar de agua para accionar los limpiadores de piscina.

15 La mayoría de los limpiadores laterales por presión y succión existentes y algunos limpiadores de piscina robóticos funcionan según algoritmos aleatorios. En otras palabras, la ruta del limpiador de piscina es aleatoria. Algunos limpiadores robóticos se hacen funcionar de manera más deliberada utilizando un algoritmo de control, pero muchos de tales algoritmos de control no funcionan para limpiar una piscina mucho mejor que los algoritmos aleatorios.

20 El documento US 2014/015959 da a conocer un sistema de limpieza de piscina que utiliza un vehículo robótico de limpieza de superficie alimentado de energía para desplazarse adyacente a superficies que contienen agua de una piscina mientras está sumergido dentro de la piscina. Una cámara captura el movimiento del vehículo. Una estación seca sirve al intermediario a través de una red de área amplia entre el vehículo y un servidor que se comunica con el dispositivo electrónico portátil. El documento US 2014/015959 también da a conocer un sistema de control de limpiador de piscina para localizar y retirar residuos de un entorno acuático, comprendiendo dicho sistema un limpiador de piscina que incluye un alojamiento definido por una o más paredes, un dispositivo de obtención de imágenes conectado operativamente al limpiador de piscina y configurado para adquirir al menos una imagen primaria del entorno acuático, y un controlador en comunicación con el dispositivo de obtención de imágenes, en el que el controlador identifica residuos candidatos a partir de la al menos una imagen primaria, determina una ruta de limpieza óptima para cada una de la al menos una imagen primaria y guía al limpiador de piscina hasta los residuos candidatos a lo largo de la ruta de limpieza óptima hasta que el entorno acuático esté limpio. El documento US 2014/015959 también da a conocer un método para determinar una ruta de un limpiador de piscina que incluye un dispositivo de obtención de imágenes, que comprende las etapas de controlar un dispositivo de obtención de imágenes para adquirir una o más imágenes primarias desde el dispositivo de obtención de imágenes y recibir la una o más imágenes primarias desde el dispositivo de obtención de imágenes.

25 El documento WO 2014/151267 da a conocer limpiadores de piscina, sistemas y métodos que generalmente incluyen un limpiador de piscina y una estación de atraque. El limpiador de piscina puede incluir una batería y un contenedor de residuos. La estación de atraque generalmente incluye una abertura configurada y dimensionada para recibir al menos parcialmente el limpiador de piscina. Al recibir el limpiador de piscina en la abertura del alojamiento, la estación de atraque puede recargar automáticamente la batería del limpiador de piscina y/o limpiar automáticamente el contenedor de residuos del limpiador de piscina.

30 El documento WO 2014/004929 da a conocer un sistema de control de limpiador de piscina que incluye un telémetro láser con un primer generador de línea láser, un segundo generador de línea láser, y una cámara. El primer generador de línea láser y el segundo generador de línea láser están posicionados para emitir líneas láser paralelas y la cámara está posicionada para capturar una imagen de las líneas láser proyectadas sobre un objeto. El sistema de control también incluye un controlador en comunicación con el telémetro láser y configurado para controlar el funcionamiento de los generadores de línea láser para emitir las líneas láser y para controlar la cámara para capturar la imagen. El controlador también está configurado para recibir la imagen desde la cámara, calcular una distancia de píxeles entre las líneas láser en la imagen, y calcular la distancia física entre la cámara y el objeto basándose en la distancia de píxeles.

35 El documento WO 2016/137886 da a conocer un limpiador de piscina robótico y un sistema de control de un limpiador de piscina robótico que tiene un sensor óptico colocado en relación con una ruta de admisión del limpiador robótico para monitorizar un flujo de material a través de la ruta de admisión. El sistema de control de limpiador de piscina robótico puede monitorizar una salida de un sensor óptico del limpiador de piscina robótico para determinar si un nivel detectable de residuos está fluyendo a través de la ruta de admisión. El limpiador de piscina robótico puede realizar una o más operaciones en respuesta a una determinación de que un nivel detectable de residuos fluye a través de la ruta de admisión basándose en la salida del sensor óptico.

40 El documento EP 2607573 da a conocer un limpiador de piscina automático que comprende una unidad de bomba, una unidad de control y un sensor. El sensor está configurado para detectar objetos extraños en la piscina. La unidad de control está configurada para activar la unidad de bomba a un primer nivel de potencia que es menor que la potencia

máxima cuando el sensor no detecta un objeto extraño. Se configura además para activar la unidad de bomba a un segundo nivel de potencia, que es mayor que el primer nivel de potencia, en respuesta a una señal de la unidad de sensor que indica la detección de un objeto extraño.

5 Sumario de la invención

Un objeto de la invención es proporcionar un sistema de control de limpiador de piscina para localizar y retirar residuos de un entorno acuático.

10 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de control de limpiador de piscina para localizar y retirar residuos de un entorno acuático como se define en la reivindicación 1.

15 El controlador puede configurarse además para crear una imagen secundaria a partir de la al menos una imagen primaria, siendo la imagen secundaria la al menos una imagen primaria con contraste potenciado, binarizar la imagen secundaria para crear una imagen terciaria, en donde se crea contraste de blanco y negro dentro de la imagen terciaria, y filtrar el ruido y los artefactos de la imagen terciaria para identificar objetos que van a retirarse del entorno acuático. El controlador puede configurarse adicionalmente para utilizar datos históricos de imágenes anteriores que incluyen un objeto particular para determinar si el objeto particular no es un residuo o es residuos candidatos para su retirada.

20 El dispositivo de obtención de imágenes puede configurarse adicionalmente para adquirir una o más imágenes del entorno acuático de manera continua. El dispositivo de obtención de imágenes puede ser una cámara.

25 La invención está dirigida a un sistema de control de limpiador de piscina para localizar y retirar residuos de un entorno acuático. El sistema de control de limpiador de piscina comprende un dispositivo de obtención de imágenes configurado para acoplarse en un alojamiento de un limpiador de piscina, y un controlador en comunicación con el dispositivo de obtención de imágenes.

30 El controlador está configurado para controlar el dispositivo de obtención de imágenes para adquirir al menos una imagen primaria desde el dispositivo de obtención de imágenes, recibir la al menos una imagen primaria desde el dispositivo de obtención de imágenes, crear una imagen secundaria a partir de la al menos una imagen primaria, siendo la imagen secundaria la al menos una imagen primaria con contraste potenciado, binarizar la imagen secundaria para crear una imagen terciaria, en donde se crea contraste de blanco y negro dentro de la imagen terciaria, filtrar el ruido y los artefactos de la imagen terciaria para identificar objetos que van a retirarse del entorno acuático, seguir los objetos que van a retirarse del entorno acuático, y determinar cuál de los objetos que van a retirarse del entorno acuático debe retirarse a continuación. La imagen secundaria puede ser una combinación lineal de un primer porcentaje de un canal de saturación y un segundo porcentaje de un canal de azul. Cada píxel de la combinación lineal puede tener un valor que representa una característica de brillo de la imagen secundaria.

40 El controlador puede configurarse además para binarizar la imagen secundaria cambiando cada píxel por encima de un valor de umbral a blanco y cada píxel por debajo del valor de umbral a negro. El valor de umbral puede estar entre aproximadamente de 100 a aproximadamente 200. Un usuario puede determinar el valor de umbral basándose en el entorno acuático. El ruido y los artefactos más pequeños que un tamaño de umbral pueden filtrarse de la imagen terciaria. El tamaño de umbral puede ser de aproximadamente 5 milímetros.

45 El controlador puede configurarse además para analizar el movimiento de los objetos en el entorno acuático para determinar si los objetos no son residuos o son residuos candidatos para su retirada del entorno acuático. El controlador puede configurarse además para guiar el limpiador de piscina para retirar residuos candidatos del entorno acuático.

50 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para determinar una ruta para un limpiador de piscina que incluye un dispositivo de obtención de imágenes, siendo el método como se define en la reivindicación 12.

55 El dispositivo de obtención de imágenes puede adquirir una o más imágenes primarias del entorno acuático de manera continua y el dispositivo de obtención de imágenes puede ser una cámara.

Breve descripción de los dibujos

60 La figura 1A es una vista isométrica superior de un limpiador de piscina robótico a modo de ejemplo que puede implementar algoritmos de control dados a conocer en el presente documento;

la figura 1B es una vista en sección transversal tomada generalmente a lo largo de las líneas 1B-1B de la figura 1A y que representa gráficamente componentes internos y características a modo de ejemplo del limpiador de piscina robótico de la figura 1A;

65 la figura 2 es un diagrama a modo de ejemplo de un sistema o módulo de control para un limpiador de piscina que implementa uno o más algoritmos de control usados en realizaciones de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama de flujo que representa las etapas implementadas por uno o más algoritmos de control usados en realizaciones de la presente invención;

5 la figura 4 es una imagen que representa un canal de saturación invertido extraído de una imagen o vídeo tomado de un entorno acuático;

la figura 5 es una imagen que representa un canal de azul extraído de una imagen o vídeo tomado del entorno acuático;

10 la figura 6 es una imagen que representa una combinación lineal de la saturación invertida y los canales de azul de las figuras 4 y 5;

la figura 7 es una imagen que representa la binarización de la imagen de combinación lineal de la figura 6;

15 la figura 8 es una imagen en la que se han filtrado objetos más pequeños que un tamaño de umbral (es decir, se devuelven a negro) de la imagen binarizada de la figura 7;

la figura 9 es idéntica a la imagen de la figura 8 con los objetos primero y segundo que van a seguirse resaltados (es decir, rodeados);

20 la figura 10 es un diagrama que representa un seguimiento a modo de ejemplo de los objetos primero y segundo de la figura 9;

25 la figura 11 es un diagrama que representa objetos que se mueven a lo largo de una ruta consistente o proyectada (para la que se mantienen los seguimientos) y otros que se mueven a lo largo de una ruta errática o inconsistente (para la que se descartan los seguimientos);

la figura 12 es una imagen que incluye numerosos seguimientos que representan rutas de diversos objetos dentro del entorno acuático;

30 la figura 13 es una imagen similar a la de la figura 12 con algunos de los seguimientos retirados o descartados después de utilizar el método generalmente comentado con respecto a la figura 11;

35 la figura 14 es un gráfico que representa un porcentaje de masa de residuos restante a lo largo del tiempo para una distribución de residuos difusos pesados;

la figura 15 es un gráfico que representa un porcentaje de masa de residuos restante a lo largo del tiempo para una distribución de residuos difusos ligeros;

40 la figura 16 es un gráfico que representa un porcentaje de masa de residuos restante a lo largo del tiempo para una distribución de residuos continua; y

la figura 17 es un diagrama que representa una estrategia de puntuación a modo de ejemplo para rutas potenciales (Ruta 1 y Ruta 2).

45 **Descripción detallada de la invención**

50 La siguiente discusión se presenta para permitir que un experto en la técnica realice y use realizaciones de la invención. La siguiente descripción detallada debe leerse con referencia a las figuras, en las que elementos similares en diferentes figuras tienen números de referencia similares. Las figuras, que no están necesariamente a escala, representan realizaciones seleccionadas y no se pretende que limiten el alcance de las realizaciones de la invención. Los expertos en la técnica reconocerán que los ejemplos proporcionados en el presente documento tienen muchas alternativas útiles y caen dentro del alcance de realizaciones de la invención dentro del alcance de las reivindicaciones.

55 Realizaciones de la invención proporcionan un sistema de control de limpiador de piscina que comprende un limpiador de piscina para su funcionamiento en entornos acuáticos cerrados. Más específicamente, realizaciones de la invención proporcionan algoritmos de control para el funcionamiento de un limpiador de piscina robótico autónomo para el funcionamiento en entornos acuáticos, por ejemplo, entornos de piscina y/o *spa*. Los algoritmos de control utilizan imágenes o vídeos para determinar residuos objetivo o candidatos para su retirada. El algoritmo de control permite que el limpiador de piscina se dirija a y recoja residuos, en lugar de deambular sin rumbo y aleatoriamente en todo el entorno acuático, por lo tanto, atravesando y limpiando todo el entorno acuático en un período de tiempo más corto.

60 Las figuras 1A y 1B ilustran un limpiador de piscina a modo de ejemplo 20 que puede implementar los algoritmos de control dados a conocer en el presente documento. En algunas realizaciones, el limpiador de piscina 20 puede incluir un alojamiento 22 que tiene una pluralidad de paredes, por ejemplo, una pared superior 24, una pared inferior 26, una primera pared lateral 28, una segunda pared lateral 30, una pared delantera 32, y una pared trasera 34, que todos

forman una forma generalmente rectangular. En otras realizaciones ilustrativas, el alojamiento 22 puede tener cualquier número adecuado de paredes y/o puede tener cualquier forma adecuada. Aunque la terminología direccional se utiliza en el presente documento (por ejemplo, delantera, trasera, hacia delante, hacia atrás, etc.), tal terminología se usa para describir componentes o características en relación entre sí y no pretende que esté limitada. Por ejemplo, las paredes 32, 34 se describen como paredes delantera y trasera, pero un experto en la técnica comprenderá que el limpiador de piscina robótico 20 es capaz de moverse en una primera dirección en la que la pared delantera 32 está orientada hacia una dirección de desplazamiento, pero el limpiador de piscina 20 también puede invertirse de manera que la pared trasera 34 esté orientada hacia una dirección de desplazamiento.

En algunas realizaciones, el limpiador de piscina 20 incluye una pluralidad de ruedas, por ejemplo, un conjunto de ruedas delanteras 40 y un conjunto de ruedas traseras 42, cada una de las cuales se acciona por un sistema de accionamiento (no mostrado). Una rueda delantera 40 y una rueda trasera 42 están acopladas operativamente a la primera pared lateral 28 y una rueda delantera 40 y una rueda trasera 42 están acopladas operativamente a la segunda pared lateral 30. Cada una de las ruedas 40, 42 se acciona por un sistema de accionamiento. El sistema de accionamiento puede incluir, por ejemplo, una pluralidad de ejes, engranajes y/u otros componentes que están conectados operativamente a, por ejemplo, un motor 44 que proporciona energía de rotación a los ejes, engranajes, y/u otros componentes. En otras realizaciones, el limpiador de piscina 20 puede accionarse por presión o succión, en cuyo caso, el limpiador de piscina 20 puede incluir una turbina u otro dispositivo de direccionamiento de fluido que controla un flujo de agua a través del limpiador de piscina 20 para hacer rotar las ruedas 40, 42. En la realización representada en la figura 1A, se dan a conocer cuatro ruedas. En otras realizaciones, el limpiador de piscina 20 puede incluir dos ruedas, tres ruedas, o ninguna ruedas en absoluto. En realizaciones sin ruedas, el limpiador de piscina 20 puede atravesar el entorno acuático a través de bandas de rodadura alargadas, orugas, u otros componentes que facilitan la locomoción.

Todavía en referencia a las figuras 1A y 1B, el limpiador de piscina 20 puede incluir adicionalmente un conjunto delantero de cepillos de fregado 50 y/o un conjunto trasero de cepillos de fregado (no mostrado) que ayudan a mover los residuos desde una superficie que se va a limpiar a una entrada 52 que se coloca detrás del conjunto delantero de cepillos de fregado 50 y delante del conjunto trasero de cepillos de fregado. Los cepillos de fregado también se pueden proporcionar como un solo cepillo en lugar de dos secciones discretas. En algunas realizaciones, se extraen residuos y agua a través de la entrada 52, en un tubo de entrada 54, y en un cartucho de filtro 56. El cartucho de filtro 56 recoge residuos y el agua (sin residuos) se expulsa del limpiador de piscina 20, por ejemplo, a través de una o más salidas 60 en la pared superior 24 del limpiador de piscina 20. En otras realizaciones, la una o más salidas pueden colocarse en cualquier pared del limpiador de piscina 20. En una realización adicional, el limpiador de piscina 20 puede incluir una bolsa de residuos (no mostrada), u otro elemento de captura de residuos interno o externo.

Aunque en el presente documento se describen un limpiador de piscina particular 20 y variaciones del mismo, debe entenderse que los principios de la presente invención pueden implementarse dentro de cualquier limpiador de piscina. Por ejemplo, los principios de la presente invención pueden implementarse dentro de un limpiador de piscina de lado por succión o presión, dentro de un limpiador de piscina que tiene diferentes componentes, características, y/o funciones que el limpiador de piscina 20 descrito en el presente documento, o cualquier otro limpiador de piscina adecuado, todo dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Como se ve mejor en la figura 2, el limpiador de piscina 20 puede incluir además un módulo o sistema de control 100 que incluye un controlador 102 y otros componentes, como se comenta con más detalle a continuación, para hacer funcionar el limpiador de piscina 20. Los algoritmos de control pueden implementarse dentro del módulo o sistema de control 100 y pueden hacer funcionar una o más características y/o componentes del limpiador de piscina 20 y/o el módulo o sistema de control 100 puede recibir retroalimentación de uno o más componentes para hacer funcionar los algoritmos de control para hacer funcionar el limpiador de piscina 20 o para hacer funcionar otros componentes, funciones, y/o características del limpiador de piscina 20. Uno o más elementos del sistema de control 100 pueden proporcionarse en un recinto sustancialmente hermético al agua.

El sistema de control 100 puede incluir el controlador 102, tal como una unidad central de procesamiento ("CPU"), una unidad de procesamiento gráfico ("GPU"), o ambas, un procesador 104, una memoria 105, un medio de almacenamiento 106 (por ejemplo, una base de datos (no mostrada)), y/o cualquier otro componente adecuado (por ejemplo, un dispositivo de entrada/salida, una unidad de visualización, un dispositivo de interfaz de red, una unidad de disco, etc.). El procesador 104 puede ser, por ejemplo, un microprocesador, un microcontrolador, un procesador de señal digital, o cualquier otro procesador adecuado. El procesador 104 está acoplado comunicativamente a la memoria 105. La memoria 105 puede realizarse como cualquier tipo de dispositivo de memoria informático adecuado, incluyendo dispositivos de memoria fijos y/o extraíbles (por ejemplo, memoria volátil tal como una forma de memoria de acceso aleatorio o una combinación de memoria de acceso aleatorio y memoria de solo lectura, tales como tarjetas de memoria, por ejemplo, tarjetas SD, lápices de memoria, discos duros, y/u otros). Código de programa, por ejemplo, los algoritmos de control dados a conocer en el presente documento, puede almacenarse dentro de la memoria 105 y/o en el medio de almacenamiento 106. El código de programa puede ejecutarse por el procesador 104 para realizar diversas operaciones, como se comentará con más detalle a continuación.

El sistema de control 100 puede incluir además cualquier número de componentes adecuados para proporcionar

retroalimentación al controlador 102 y/o al que el sistema de control proporciona instrucciones. Los componentes a modo de ejemplo que proporcionan retroalimentación o información al sistema de control 100 incluyen, pero no se limitan a, uno o más dispositivos de obtención de imágenes 110 configurados para capturar vídeo o imágenes del entorno acuático (por ejemplo, uno o más de una cámara o sensor de imagen, una cámara de vídeo, y/o cualquier otro dispositivo de obtención de imágenes adecuado). En algunas realizaciones, uno o más dispositivos de obtención de imágenes pueden montarse en el alojamiento 22 del limpiador de piscina 20, por ejemplo, en un borde delantero. En otras realizaciones, el dispositivo de obtención de imágenes puede montarse en otras porciones del limpiador de piscina 20 y extenderse hacia arriba desde la pared superior 24. El dispositivo de obtención de imágenes está diseñado para colocarse en una ubicación donde pueden detectarse y registrarse residuos en el entorno acuático.

El dispositivo de obtención de imágenes 110 está diseñado para capturar imágenes de objetos sumergidos dentro del entorno acuático. En algunas realizaciones, el dispositivo de obtención de imágenes puede montarse en la superficie exterior del alojamiento 22 del limpiador de piscina 20. En otras realizaciones, el dispositivo de obtención de imágenes 110 está montado dentro del alojamiento 22 del limpiador de piscina 20. En algunos casos, el dispositivo de obtención de imágenes 110 está montado en un agarrador del limpiador de piscina 20. En algunas realizaciones, el dispositivo de obtención de imágenes es una cámara e incluye un sensor de imagen. En un caso, la cámara está fabricada por Omnivision Technologies (Santa Clara, CA) y se proporciona bajo el modelo OV09732-H35A. La cámara y/o el sensor de imagen pueden proporcionarse en una carcasa impermeable (no mostrada). Los datos de la cámara y/o el sensor de imagen pueden procesarse a través del módulo 3 de Raspberry Pi Compute con software escrito a medida para el procesamiento de imágenes.

El sistema de control 100 también puede incluir uno o más giroscopios 112, uno o más sensores de inclinación 114, uno o más acelerómetros (no mostrados), una o más brújulas 118, uno o más de otros sensores 120, uno o más inclinómetros (no mostrados), o cualquier otro componente que pueda proporcionar retroalimentación, por ejemplo, alrededor del limpiador de piscina 20 y/o el entorno alrededor del limpiador de piscina 20.

Adicionalmente, el controlador 102 es capaz de enviar instrucciones al dispositivo de obtención de imágenes 110, por ejemplo, para cambiar un ángulo o área de visión del dispositivo de obtención de imágenes 110 o para realizar otras funciones. En algunas realizaciones, el controlador 102 puede estar en comunicación con el dispositivo de obtención de imágenes 110 y también puede enviar instrucciones al dispositivo de obtención de imágenes 110 para recopilar de manera continua imágenes de un entorno acuático. El controlador 102 también puede enviar instrucciones al motor 44 para controlar el funcionamiento del limpiador de piscina 20, a un control direccional 124 para controlar el movimiento del limpiador de piscina 20, y/o a cualquier otro componente del limpiador de piscina 20 para controlar cualquier operación del limpiador de piscina 20. El controlador 102 también puede recibir datos de cualquiera de los componentes del limpiador de piscina 20, por ejemplo, con respecto a la función de esos componentes (por ejemplo, fallo u otras condiciones).

El módulo o sistema de control 100 puede estar conectado además a una red (no mostrada), de modo que el módulo o sistema de control 100 pueda comunicarse con dispositivos remotos, por ejemplo, un ordenador, un dispositivo móvil, módulos o sistemas de control de otros limpiadores de piscina, o cualquier otro dispositivo adecuado. De esta manera, se pueden proporcionar instrucciones al módulo o sistema de control 100 para controlar diversos aspectos del limpiador de piscina 20. En una realización a modo de ejemplo, un dispositivo móvil (por ejemplo, por medio de una aplicación en el dispositivo móvil) puede utilizarse para encender y apagar el limpiador de piscina, controlar el movimiento del limpiador de piscina 20, controlar el horario de funcionamiento del limpiador de piscina 20, y/o controlar cualquier otro componente, función, o característica del limpiador de piscina 20.

El sistema de control 100, a través del controlador 102, implementa uno o más algoritmos destinados a optimizar las rutas, trayectorias, o caminos de limpieza dentro de un entorno acuático, por ejemplo, una piscina, identificar ubicaciones específicas de residuos dentro del entorno acuático y determinar la mejor ruta a tomar basándose en el tamaño y ubicación de residuos a lo largo de cada ruta potencial y una suavidad de cada ruta potencial. Durante una operación de limpieza, el sistema de control 100 evalúa de manera continua diferentes rutas y toma la mejor ruta en cada evaluación hasta que todo el entorno acuático esté limpio o hasta que se apague el limpiador de piscina 20. De esta manera, el tiempo necesario para limpiar el entorno acuático es mucho menor que los limpiadores de piscina convencionales.

En una primera realización de un algoritmo de control 200 representado en la figura 3, a medida que el limpiador de piscina 20 se mueve alrededor del entorno acuático, el dispositivo de obtención de imágenes 110 está recogiendo constantemente imágenes del entorno acuático (por ejemplo, a 2 imágenes por segundo, a 5 imágenes por segundo, a 10 imágenes por segundo, a más de 10 imágenes por segundo, o cualquier otro intervalo adecuado). En algunas realizaciones, el dispositivo de obtención de imágenes 110 adquiere al menos una imagen primaria del entorno acuático. El controlador 102 recibe la al menos una imagen primaria del dispositivo de obtención de imágenes 110. En un nivel alto, el algoritmo de la figura 3 identifica cualquier número de rutas candidatas (o potenciales) que pueden tomarse, identifica todos los objetos de residuo en cada ruta candidata, puntúa cada ruta en función de los residuos, aplica penalizaciones (como se comenta más adelante), y elige la ruta candidata con la mejor puntuación de ruta. Como se comentará con más detalle a continuación, el algoritmo realiza estas etapas para cada imagen que se recoge, lo que significa que se podría elegir una ruta diferente en cualquier punto en el tiempo. En algunas realizaciones, el

algoritmo crea una imagen secundaria con contraste potenciado a partir de la imagen primaria, binariza la imagen secundaria para crear una imagen terciaria con contraste de blanco y negro, filtra el ruido y los artefactos de la imagen terciaria para identificar objetos que van a retirarse del entorno acuático, sigue los objetos que van a retirarse del entorno acuático y determina en qué orden se pueden retirar los objetos del entorno acuático.

5 Antes de la etapa 202 de la figura 3, un balance de blancos y un ajuste de ganancia del dispositivo de obtención de imágenes 110 se realizan dinámicamente, lo que ayuda a compensar las condiciones de entorno variables, por ejemplo, diferentes grados de brillo (por ejemplo, días soleados brillantes frente a piscinas de interior, etc.). En la etapa 10 202, para cada imagen que se genera del entorno acuático, se extraen los canales de saturación (figura 4) y de azul (figura 5), creando de ese modo contraste entre un entorno estructural (por ejemplo, las paredes y/o superficies de piscina 150 del entorno acuático) y residuos dentro de la piscina 152 u otro entorno acuático. A continuación, se crea una combinación lineal de canales de saturación y de azul, como se ve en la figura 6. El resultado de la combinación lineal de los canales de saturación y de azul de la imagen es una imagen con contraste potenciado. En algunas 15 realizaciones, se asigna un primer porcentaje designado al canal de saturación extraído de cada imagen. En algunas realizaciones, un segundo porcentaje designado se asigna al canal de azul. En algunas realizaciones, un primer porcentaje designado del canal de saturación se combina con un segundo porcentaje designado del canal de azul, con un total de los porcentajes designados primero y segundo del 100 %, creando de ese modo la combinación lineal.

20 Una vez que se crea la imagen de combinación lineal con contraste potenciado, en la etapa 204 de la figura 3, se binariza la imagen de combinación lineal. Más particularmente, cada píxel en la imagen de combinación lineal tiene un valor (de 0 a 255) que representa su brillo. Cuando se binariza la imagen de combinación lineal, cada píxel por encima de un umbral se cambia a blanco y cada píxel por debajo del umbral se cambia a negro. En algunas realizaciones, cuando la imagen secundaria se binariza, se crea una imagen terciaria que tiene contraste en blanco y negro. En algunas realizaciones, el umbral está entre aproximadamente 100 y aproximadamente 200. En algunas 25 realizaciones, el umbral es aproximadamente entre aproximadamente 125 y aproximadamente 175. Aunque en el presente documento se dan a conocer umbrales particulares, debe entenderse que el umbral es dinámico para diferentes porciones de una imagen y de imagen a imagen. Más particularmente, hay una corrección del fondo local que se realiza para determinar un valor de umbral más óptimo para diferentes regiones dentro de una imagen. La característica de corrección del fondo ayuda a igualar secciones dentro de una imagen que contienen diferentes 30 regiones que tienen diferentes características (por ejemplo, áreas brillantes y oscuras).

En otras realizaciones, el umbral puede ser personalizable, por ejemplo, el limpiador de piscina 20 puede incluir una interfaz de usuario o puede ser programable a través de, por ejemplo, una aplicación en un dispositivo móvil, por lo que un usuario puede seleccionar un tamaño de umbral. En otras realizaciones más, el usuario puede introducir, por 35 ejemplo, a través de una interfaz de usuario, un tipo de superficie de piscina (por ejemplo, vinilo, hormigón, etc.) y el algoritmo de control 200 establece automáticamente los umbrales (y/o filtros adicionales, pesos, y/u otros parámetros usados en otras etapas de procesamiento). En otras realizaciones alternativas más, el algoritmo de control 200 puede detectar un tipo de superficie de piscina y/o condiciones de entorno y ajusta automáticamente el umbral y/u otros parámetros. De esta manera, basándose en el entorno acuático particular, un usuario puede seleccionar un umbral 40 diferente. En esta etapa, la binarización crea una imagen binarizada, como se ve en la figura 7, y proporciona un contraste adicional de los residuos 152 del entorno estructural 150, lo que puede ayudar a aislar los residuos 152 (mostrados en blanco en la figura 7) y también ayuda a aumentar la eficiencia de las operaciones matemáticas posteriores (por ejemplo, al calcular una puntuación de ruta), como se comenta con más detalle a continuación.

45 Con referencia nuevamente a la figura 3, en la etapa 206, el ruido transitorio y otros artefactos se filtran de la imagen binarizada. Más particularmente, los objetos más pequeños que un tamaño de umbral se filtran de la imagen binarizada y, por lo tanto, se cambian a negro en la imagen binarizada. Como se ve en la diferencia entre las figuras 7 y 8, objetos más pequeños 156 (véase la figura 7) se han filtrado (se han pasado a negro) en la imagen binarizada para crear una imagen filtrada (figura 8). El tamaño de umbral depende del tipo de superficie de piscina y/o la resolución de sensor. 50 Por ejemplo, con una superficie Pebble Tec[®], el tamaño de umbral puede ser de aproximadamente 5 milímetros. En entornos acuáticos que utilizan hormigón o vinilo, se puede utilizar un tamaño de umbral mucho más bajo. En otras realizaciones, el tamaño de umbral puede ser personalizable, por ejemplo, el limpiador de piscina 20 puede incluir una interfaz de usuario o puede ser programable a través de, por ejemplo, una aplicación en un dispositivo móvil, por lo que un usuario puede seleccionar un tamaño de umbral. De esta manera, basándose en el entorno acuático particular, un usuario puede seleccionar un tamaño de umbral diferente. Por ejemplo, en una situación en la que la aplicación 55 acuática incluye un diseño en una superficie de la aplicación acuática, el tamaño de umbral puede establecerse para que sea mayor que en un entorno acuático sin diseño.

60 La retirada de objetos más pequeños (para crear la imagen filtrada de la figura 8) ayuda a retirar artefactos, tales como superficies de piscina con textura, diseños de piscina o acabados (por ejemplo, Pebble Tec[®], etc.), puntos creados por el movimiento de la superficie del agua, o cualquier otro artículo que no es un residuo dentro del entorno acuático. La retirada de objetos más pequeños también elimina el ruido, por ejemplo, ruido eléctrico en el dispositivo de obtención de imágenes (es decir, errores en las señales). De esta manera, el algoritmo de control elimina cualquier cosa de la imagen binarizada que pueda confundirse como residuos, pero no es un residuo. El tamaño del mundo real 65 de los residuos puede determinarse mediante el uso de un algoritmo de calibración de tablero de ajedrez estándar.

En la etapa 208 de la figura 3, los objetos se siguen utilizando la imagen filtrada (de la figura 8). Con referencia a la figura 9, a medida que el limpiador de piscina 20 se mueve hacia delante, se esperaría que objetos más grandes, tal como el primer objeto 160 y el segundo objeto 162 de la figura 9, se moverían hacia abajo y hacia la izquierda en cada imagen capturada posterior (después de las etapas 202, 204 y 206 de la figura 3). Esta expectativa se puede utilizar para distinguir entre residuos reales y ruido transitorio y artefactos. Un ejemplo de operación de seguimiento de objetos se representa en la figura 10. En la figura 10, el primer objeto seguido 160 se muestra en rojo y el segundo objeto seguido 162 se muestra en azul (ambos de la figura 9). Los círculos para cada objeto seguido representan las posiciones reales de los objetos seguidos y las estrellas para cada objeto seguido representan una posición proyectada o anticipada (en algún momento en el futuro) para cada uno de los objetos seguidos. Con referencia al primer objeto seguido 160, la ruta original se muestra como 160a con la ruta proyectada del primer objeto seguido 160 que se muestra etiquetada con 160a. En algunas circunstancias, el primer objeto seguido 160 puede no seguir la ruta proyectada. En la figura 10, el primer objeto seguido 160 no sigue la ruta proyectada y, en su lugar, se desvía hacia la posición indicada por 160b y se calcula una nueva ruta proyectada (como se muestra por la estrella etiquetada con 160b). Los algoritmos de control utilizados en las realizaciones de la presente invención determinan si el desplazamiento fuera de la ruta proyectada o anticipada garantiza la eliminación del objeto seguido como residuos o la retención del objeto seguido como residuos.

Los objetos seguidos se evalúan a continuación en la etapa 210 de la figura 3. Si, como se ve en la figura 11, un objeto seguido parece estar moviéndose a lo largo de una trayectoria consistente o esperada, el seguimiento o ruta del objeto seguido se identifica como un seguimiento de alta calidad, por ejemplo, como se ve con el objeto seguido A. Si faltan datos para un objeto seguido, de tal manera que es posible que el sistema de control haya recogido datos para más de un objeto o haya recogido datos para algo que no es sea residuo, se descarta el seguimiento o ruta para el objeto seguido, por ejemplo, como se ve con el objeto seguido B. Adicionalmente, si los datos para un objeto seguido son erráticos (por ejemplo, no siguen a lo largo de una trayectoria consistente o esperada), es probable que el objeto seguido no sea un residuo, como es probable que no sea un objeto estático en una superficie de la piscina, y, por lo tanto, se descarta el seguimiento o ruta para el objeto seguido, por ejemplo, como se ve con el objeto seguido C. Este método para retirar objetos seguidos con un seguimiento o ruta errática ayuda a retirar los efectos causados por, por ejemplo, puntos de sol erráticos de ondulaciones superficiales y otros efectos de iluminación. Si un objeto seguido está moviéndose demasiado en el entorno acuático, es posible que el objeto seguido siga siendo residuo, pero se mueve lo suficiente como para se retire su seguimiento o ruta. En este caso, si el objeto seguido permanece en el entorno acuático, el objeto seguido puede reconocerse nuevamente como residuos potenciales, pero el algoritmo de control puede determinar que es diferente del objeto seguido original y comenzará a seguirlo como un objeto separado.

El resultado de la evaluación y retirada (o retención) de varios seguimientos o rutas para objetos seguidos se representa en las figuras 12 y 13. Más particularmente, la figura 12 representa todos los seguimientos (en varios colores a lo largo de la imagen) y la figura 13 representa una versión revisada de la imagen de la figura 12 con varios seguimientos o rutas retiradas (a través de la etapa de evaluación 210 de la figura 3). De esta manera, solo quedan residuos candidatos, los residuos candidatos que representan objetos para el sistema de control 100 y se identifican como residuos que es necesario retirar. Una vez que los seguimientos se evalúan en la etapa 210 de la figura 3, el algoritmo de control determina qué ruta tomar para retirar los residuos restantes (es decir, residuos candidatos) en la etapa 212 y guía el limpiador de piscina 20 a lo largo de la ruta seleccionada hasta los residuos candidatos en la etapa 214. La determinación de qué trayectoria o ruta tomar en la etapa 212 se comentará con más detalle a continuación.

La etapa de determinar qué trayectoria o ruta tomar y, por lo tanto, qué residuos candidatos retirar a continuación se evalúan en la etapa 212 de la figura 3. La etapa incluye un número de subetapas para determinar cuál de un posible conjunto de rutas debe tomarse. Más particularmente, para cada ruta, se selecciona información de residuos que se encuentra en una ruta actual, una lógica de agrupamiento se aplica opcionalmente para condensar residuos densos en menos objetos grandes con el fin de evaluar una puntuación de ruta, y cada ruta se puntúa según la siguiente ecuación:

$$\text{puntuación}_j = [\sum_i f(A_i)g(d_i)] p(\Delta\theta_j)$$

La puntuación de ruta es una formulación matemática que determina la mejor ruta, trayectoria, o camino a tomar con el fin de recoger residuos candidatos. La puntuación se basa en parte en una ubicación actual del limpiador de piscina 20 y las ubicaciones de los residuos candidatos en el campo de visión del dispositivo de obtención de imágenes 110. La puntuación de ruta se calcula para cada ruta potencial. El algoritmo de control está realizando de manera continua estos cálculos de puntuación de ruta (para cada imagen que se toma y manipula por las etapas 202 a 210 de la figura 3) para determinar si permanecer en la ruta actual o cambiar su curso a una ruta diferente.

En la puntuación de ruta, la suma es sobre información de residuos para la ruta actual, j. Cada uno de los diferentes componentes de la ecuación para determinar una puntuación de ruta para una ruta se comentará ahora con más detalle.

$$f(A_i) = \left(\frac{A_i}{\alpha}\right)^k$$

$f(A_i)$ representa un tamaño y densidad de un fragmento de residuo candidato, representando A_i el tamaño y la densidad del fragmento de residuo candidato, siendo α una escala de tamaño característica, y siendo k un término que ajusta la prioridad de residuos grandes. Cuando $k \geq 1$, k es un número real. Para $k = 1$, habrá una escala lineal de información de tamaño. Para $k > 1$, los objetos grandes se favorecerán más que linealmente con respecto a objetos pequeños. Para $k \gg 1$, los objetos grandes se favorecerán en detrimento de objetos pequeños. α es una constante que se selecciona para que sea un tamaño característico típico para la retirada de residuos. α es solamente relevante para $k > 1$. Para $k > 1$, se penalizarán objetos con un área $< \alpha$. Tanto k como α pueden estar preestablecidos o pueden ser personalizables basándose en una aplicación particular. En una realización a modo de ejemplo, puede ser de aproximadamente 5 milímetros (mm).

El parámetro de tamaño α determina los objetos que el dispositivo de obtención de imágenes 110 detectará o ignorará. El parámetro α mide el tamaño (área) de un objeto en un plano 2D. Esto significa que un objeto "grande" desde lejos puede ser del mismo tamaño que un objeto "pequeño" cerca. Sin embargo, hay un umbral de cuando el limpiador de piscina reconoce un objeto cerca, pero no corregirá su ruta si está fuera de su marco de referencia. En algunas realizaciones, el umbral puede ser de 5 milímetros (mm). Objetos pequeños (arena, guijarros, otros objetos no visibles a simple vista, etc.) generalmente se necesitaría que se agrupen juntos, para aumentar su tamaño (área), para que se reconozcan.

$$g(d_i) = \exp\left(\frac{-\max(0, d_i - d_0)}{\beta}\right)$$

$g(d_i)$ representa una distancia desde el limpiador de piscina hasta un fragmento de residuo candidato, siendo d_i la distancia al fragmento de residuos candidato, siendo d_0 una distancia mínima para penalización, y $d_0 \geq 0$ y siendo β una distancia característica de los residuos candidatos desde el limpiador de piscina. En una realización a modo de ejemplo, puede ser de aproximadamente 4 pies (aproximadamente 1,22 metros), pero podría ser mucho más grande. El numerador ($-\max(0, d_i - d_0)$) restringe el numerador a 0 o un número negativo.

Si $d < d_0$, $g = 1$, no hay penalización. De lo contrario, los residuos candidatos a una distancia mayor se penalizarán en relación con los residuos candidatos cerca del limpiador de piscina. Esto está destinado a priorizar fuertemente los residuos candidatos que están inmediatamente delante (por ejemplo, ubicado adyacente a) del limpiador de piscina, lo que es siempre un comportamiento deseable. La penalización relativa con respecto a residuos candidatos a una distancia de rango medio se determina mediante β . Para $\beta = \infty$, no hay penalización con respecto a residuos candidatos lejos del limpiador de piscina. En la práctica, un número grande será suficiente para ser ∞ . Para muchos valores de β , habrá un régimen de residuos candidatos cerca del limpiador de piscina que tienen una fuerte prioridad, y un régimen de residuos candidatos más alejados a los que se les asigna aproximadamente el mismo peso, independientemente de la distancia.

El tamaño y la densidad, $f(A_i)$, y la distancia, $g(d_i)$, a cada residuo candidato se suma para cada fragmento de residuo candidato a lo largo de una ruta particular.

$$p(\Delta\theta_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } |\Delta\theta_j| < \Delta_0 \\ (|\Delta\theta_j| - \Delta_0) \left(\frac{1 - p_{\min}}{\Delta_{\max} - \Delta_0} \right) & \text{de otro modo} \end{cases}$$

$p(\Delta\theta)$ representa cómo de suave es el movimiento entre la trayectoria o ruta actual y la trayectoria o ruta potencial a tomar (es decir, una desviación de ángulo de la ruta actual). En $p(\Delta\theta)$, Δ_0 es una desviación angular máxima de la trayectoria actual de modo que no se aplica ninguna penalización para cambiar el curso, y p_{\min} es el valor de salida mínimo posible de $p(\Delta\theta)$. $p_{\min} \geq 0$, y Δ_{\max} es la desviación angular máxima posible debido a un cambio en la trayectoria, lo que es una restricción física.

Este modelo para $p(\Delta\theta)$ permite no penalizar un rango de cambios en la trayectoria actual si no hay cambio en la trayectoria actual. Si $\Delta_0 = 0$, entonces cualquier cambio a la trayectoria actual se penalizará y será linealmente proporcional al cambio. Si $\Delta_0 = \Delta_{\max}$, entonces no se aplica ninguna penalización a ningún cambio en la trayectoria.

Después de realizar una búsqueda sobre el espacio de posibles rutas o trayectorias, la ruta de puntuación más alta se comparará con una puntuación umbral. Si la mejor ruta candidata tiene una puntuación suficientemente alta, entonces se aceptará la ruta candidata y el limpiador de piscina 20 cambiará de curso en consecuencia (o permanecerá en la misma ruta, si la ruta candidata es la ruta actual). Como se ha indicado anteriormente, el limpiador de piscina 20 está tomando imágenes de manera continua y, por lo tanto, las etapas 202-214 se repiten de manera continua para determinar la mejor trayectoria o ruta, ya que la mejor trayectoria o ruta puede cambiar de imagen a imagen. Cada vez que el limpiador de piscina toma una nueva imagen, el algoritmo repite las etapas 202 a 214 para determinar la mejor ruta actual (es decir, la ruta con la puntuación de ruta más alta) y guiar hasta los siguientes residuos en esa ruta. Antes, durante, o después de la retirada de los residuos candidatos a lo largo de la ruta seleccionada, el limpiador de

piscina 20 está tomando nuevamente una imagen y repitiendo las etapas 202 a 214 para determinar la mejor ruta actual (es decir, la ruta con la puntuación de ruta más alta) y determinar a qué residuos se guiará a continuación el limpiador de piscina. Las etapas 202 a 214 de la figura 3 se repiten hasta que todos los residuos candidatos se retiran del entorno acuático.

5 En resumen, los algoritmos de control usados en realizaciones de la presente invención evalúan todas las rutas o trayectorias candidatas dentro del campo de visión de la cámara 110 (u otro dispositivo de obtención de imágenes) y determinan una trayectoria o ruta para el limpiador de piscina 20 basándose en la puntuación de ruta, lo cuales evalúan el tamaño y la distancia a los residuos a lo largo de cada trayectoria o ruta y la suavidad del movimiento para cada
10 trayectoria o ruta. Una vez que se ha determinado una ruta de limpieza, el controlador 102 guía el limpiador de piscina 20 a lo largo de la ruta. De esta manera, los residuos más grandes y/o más cercanos generalmente se retiran primero y el limpiador de piscina 20 continúa recogiendo los siguientes residuos más grandes y/o más cercanos hasta que el entorno acuático esté libre o casi libre de residuos. El controlador 102 guía el limpiador de piscina 20 a lo largo de una o más rutas de limpieza hasta que todos los residuos se retiran del entorno acuático.

15 Como se ha indicado anteriormente, el dispositivo de obtención de imágenes 110 está tomando constantemente imágenes del entorno acuático y reteniendo las imágenes. Las imágenes pueden almacenarse dentro de la memoria 105 y/o el medio de almacenamiento 106. De esta manera, el algoritmo de control hace referencia constantemente a datos históricos en forma de imágenes (o fotogramas) anteriores para comparar la imagen actual con una o más
20 imágenes pasadas para evaluar el comportamiento de residuos en esas imágenes. Esto es útil, por ejemplo, en la etapa de evaluación 210 de la figura 3. Más particularmente, los datos históricos pueden usarse para evaluar si los objetos se han movido y/u otro comportamiento de los objetos para determinar si los seguimientos o rutas para esos objetos deben retirarse o retenerse como residuos candidatos. Los datos históricos también se pueden utilizar de cualquier otra manera para seguir la característica o el comportamiento de objetos dentro del entorno acuático.

25 En algunas realizaciones, el algoritmo de control puede determinar una ruta singular para retirar residuos candidatos del entorno acuático. Como se ha indicado anteriormente, el controlador 102 guiará entonces el limpiador de piscina 20 a lo largo de la ruta hasta que el entorno acuático esté limpio (se retiran todos los residuos candidatos). En otras realizaciones, el algoritmo de control determina múltiples rutas potenciales para retirar residuos candidatos del entorno acuático. El controlador 102 guiará el limpiador de piscina 20 a lo largo de la ruta que tiene la puntuación de ruta más
30 alta. En algunas realizaciones, al completar la ruta que tiene la puntuación de ruta más alta, el algoritmo puede evaluar de nuevo el entorno acuático para determinar la siguiente puntuación de ruta más alta. El limpiador de piscina 20 puede completar una ruta antes de comenzar otra ruta. En algunas realizaciones, el algoritmo determina una ruta que tiene una puntuación de ruta más alta mientras el limpiador de piscina 20 se guía a lo largo de una primera ruta. El controlador 102 puede dirigir el limpiador de piscina 20 para comenzar una segunda ruta antes de una primera ruta. Este proceso puede continuar hasta que todos los residuos candidatos se retiren del entorno acuático.

El uso de la ecuación indicada para calcular puntuaciones de ruta para cada ruta candidata (con residuos candidatos) se pretende que aborde las siguientes consideraciones:

40 Enfatizar en residuos grandes o densos: En algunas realizaciones, $f(A)$ se puede ajustar para favorecer relativamente residuos candidatos grandes sobre residuos candidatos pequeños. Los grupos de residuos candidatos pueden condensarse para dar objetos grandes equivalentes o residuos candidatos con el fin de evaluar la puntuación de ruta.

45 Enfatizar residuos cercanos: En algunas realizaciones, $g(d)$ favorece los residuos candidatos cercanos en un grado ajustable. En otras realizaciones, no hay preferencia por residuos candidatos cercanos o lejanos, pero nunca hay una preferencia por residuos candidatos lejanos.

50 Suavidad del movimiento: En algunas realizaciones, $p(\Delta\theta)$ ofrece una penalización ajustable para el cambio de curso, incluyendo una opción para no penalizar un intervalo de aproximadamente $\Delta\theta = 0$. En otras realizaciones, no hay penalización por cambiar el curso.

El algoritmo de control de la figura 3 se describirá ahora en un ejemplo simplificado ilustrativo. En primer lugar, se pueden utilizar perfiles de puntuación, por ejemplo, (1) a corto plazo, en el que el algoritmo de control prioriza fuertemente los residuos cercanos y da prioridad normal para el tamaño de residuos, (2) a corto plazo y voraz, en el que el algoritmo de control prioriza fuertemente los residuos cercanos y prioriza fuertemente los residuos grandes, (3) a medio plazo y voraz, en el que el algoritmo de control prioriza moderadamente los residuos cercanos y prioriza fuertemente los residuos grandes, y (4) igualitario, en el que el algoritmo de control prioriza débilmente los residuos cercanos y da prioridad normal con respecto al tamaño de residuos. Aunque se describen perfiles de puntuación
60 particulares, se puede utilizar cualquier número y tipos de perfiles de puntuación.

Usando los perfiles de puntuación descritos anteriormente, cualquier estrategia de puntuación de ejemplo se determina para las rutas potenciales (ruta 1 y ruta 2) representadas en la figura 17. Como se puede ver en la figura 17, el objeto 1 en la ruta 1 tiene un área de 84 centímetros cuadrados (13 pulgadas cuadradas) y está a 2 metros (7 pies) del limpiador de piscina, el objeto 2 en la ruta 1 tiene un área de 45 centímetros cuadrados (7 pulgadas cuadradas) y está a 0,6 metros (2 pies) del limpiador de piscina, y el objeto 3 en la ruta 2 tiene un área de 129 centímetros cuadrados

(20 pulgadas cuadradas) y está a 1 metro (4 pies) del limpiador de piscina. Las puntuaciones a modo de ejemplo para cada uno de los perfiles de puntuación (1) - (4) se muestran en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1

5

Perfil de puntuación	Puntuación de objeto 1	Puntuación de objeto 2	Puntuación de objeto 3	Suma de ruta 1	Suma de ruta 2
Corto plazo	0,04	7	2	7,04 (es decir, 7)	2
Corto plazo y voraz	0,5	49	40	49,5	40
Medio plazo y voraz	38,7	49	225	87,7	225
Igualitario	6,2	7	15	13,2	15

A partir de la tabla 1, se puede ver que las sumas de puntuación de ruta y, por lo tanto, la trayectoria o ruta tomada depende de los perfiles de puntuación. Por ejemplo, para el perfil de puntuación a corto plazo, la ruta 1 se elige con una puntuación más alta de 7, para el perfil de puntuación a corto plazo y voraz, la ruta 1 también se elige con una puntuación más alta de 49,5, para el perfil de puntuación a medio plazo y voraz, la ruta 2 se elige con una puntuación más alta de 225, y para el perfil de puntuación igualitario, la ruta 2 se selecciona con una puntuación más alta de 15.

Simulaciones

Se crearon simulaciones en un entorno bidimensional para determinar qué ganancias de rendimiento se pueden esperar de un limpiador de piscina que implementa el algoritmo de la figura 3 frente a un algoritmo aleatorio. En la simulación, se creó una representación bidimensional del entorno acuático con residuos en el mismo y se utilizaron simulaciones de cada uno de los dos limpiadores de piscina para limpiar la representación bidimensional del entorno acuático. Por algoritmo aleatorio, se entiende que el limpiador de piscina deambula alrededor de la superficie del entorno acuático en una línea sustancialmente recta y, cuando el limpiador de piscina se encuentra con una pared, el limpiador de piscina gira en una dirección aleatoria y continúa en línea sustancialmente recta en esa dirección. En las simulaciones, el limpiador de piscina continúa de esta manera (es decir, golpeando paredes, girando, y moviéndose en línea recta) hasta que el entorno acuático esté limpio. Las simulaciones que utilizan el algoritmo aleatorio tardaron más de 78 minutos en retirar el 99 % de los residuos. Por el contrario, las simulaciones mostraron que el 99 % de los residuos en la superficie, concretamente, el suelo, del entorno acuático se retiró en un poco menos de 15 minutos utilizando los algoritmos descritos en la presente memoria.

La recogida de residuos simulada también se realizó en dos distribuciones diferentes de residuos con condiciones iniciales idénticas. Con referencia a la figura 14, se representa una distribución de residuos pesados. En la distribución pesada, se registra una simulación de un porcentaje de masa de residuos restante a lo largo del tiempo para el algoritmo en la figura 3 (A1) y para el algoritmo aleatorio descritos anteriormente (A2). Los ajustes exponenciales también se incluyen para ambos algoritmos de la figura 3 (A3) y el algoritmo aleatorio (A4). De manera similar, una distribución de residuos ligeros se representa en la figura 15. De nuevo, se registra una simulación de un porcentaje de masa de residuos restante a lo largo del tiempo para el algoritmo en la figura 3 (A1) y para el algoritmo aleatorio descrito anteriormente (A2). Los ajustes exponenciales también se incluyen para ambos algoritmos de la figura 3 (A3) y el algoritmo aleatorio (A4).

En resumen, los gráficos de las figuras 14 y 15 muestran que, a pesar de la distribución de residuos (es decir, pesados o ligeros), se espera que los limpiadores de piscina que implementan los algoritmos dados a conocer en el presente documento (usando simulaciones) sean significativamente más rápidos en la recogida de residuos que el algoritmo aleatorio de ruta recta descrito anteriormente. Usando los ajustes exponenciales y los datos de estos gráficos, se pueden utilizar las escalas de tiempo para recoger residuos. De hecho, se espera que la escala de tiempo para recoger residuos sea (a través de simulación) 6,72 veces más corto para el algoritmo de la figura 3 con respecto al algoritmo aleatorio para la distribución de residuos ligeros y la escala de tiempo para recoger residuos se espera que sea (a través de simulación) 6,18 veces más corto para el algoritmo de la figura 3 con respecto al algoritmo aleatorio para la distribución de residuos pesados.

Los ajustes exponenciales de los datos de modelo de las figuras 14 y 15 están relativamente bien, pero tienen algunas deficiencias. Más particularmente, para el último aproximadamente de 1 % a aproximadamente 5 % de los residuos restantes, los ajustes exponenciales para el algoritmo de la figura 3 (A3) subestiman el rendimiento y los ajustes exponenciales para el algoritmo aleatorio (A4) sobreestiman el rendimiento. La cuestión fundamental es cómo se califica el rendimiento de limpieza. Si la prioridad principal es limpiar el 95 % de los residuos detectables dentro de un entorno acuático, entonces el ajuste exponencial es una buena medición y los gráficos de las figuras 14 y 15 y los tiempos de limpieza representados en las mismas serían precisos. Sin embargo, si la métrica es el período de tiempo que lleva limpiar el 99 % de los residuos detectables, a continuación, el algoritmo de la figura 3 (A3) funcionará mejor.

5 El tamaño de un entorno acuático (es decir, una piscina) y una distribución de los residuos dentro del entorno acuático también son factores para determinar el rendimiento relativo. Por ejemplo, una piscina grande con unas pocas hojas dispersadas es un caso ideal para el algoritmo de la figura 3. Más particularmente, el algoritmo de la figura 3 funcionará mejor que el algoritmo aleatorio, ya que el algoritmo de la figura 3 se dirigirá hacia y retirará cada una de las hojas dispersadas en un período de tiempo que sería mucho menor que el del algoritmo aleatorio, lo que tardaría más tiempo en encontrar aleatoriamente las pocas hojas dispersadas. Por el contrario, una piscina pequeña con una distribución de residuos no uniforme no verá tanto beneficio del algoritmo de la figura 3. Las pruebas iniciales con residuos en todo el suelo de la piscina (que es más pequeña) proporcionaron un tiempo de limpieza para el algoritmo de la figura 3 que fue solo aproximadamente 2,5 veces más rápido para el 99 % de retirada de residuos detectables que el tiempo de limpieza para el algoritmo aleatorio, como se ve en la figura 16. Similar a las figuras 14 y 15, la figura 16 representa un porcentaje de masa de residuos restante registrada a lo largo del tiempo para el algoritmo en la figura 3 (A1) y para el algoritmo aleatorio descrito anteriormente (A2). Los ajustes exponenciales también se incluyen para ambos algoritmos de la figura 3 (A3) y el algoritmo aleatorio (A4). Como se ve adicionalmente en la figura 16, el rendimiento de limpieza relativo para el algoritmo de la figura 3 (frente al algoritmo aleatorio) mejora a medida que la piscina se vuelve más limpia.

Diversas características y ventajas de la invención se exponen en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de limpiador de piscina para localizar y retirar residuos de un entorno acuático, comprendiendo el sistema de control de limpiador de piscina:
- 5 un limpiador de piscina (20) que incluye un alojamiento (22) definido por una o más paredes (24, 26, 28, 30, 32, 34);
- 10 un dispositivo de obtención de imágenes (110) conectado operativamente al limpiador de piscina y configurado para adquirir al menos una imagen primaria del entorno acuático; y
- 15 un controlador (102) en comunicación con el dispositivo de obtención de imágenes, en el que el controlador identifica residuos candidatos a partir de la al menos una imagen primaria, determina una ruta de limpieza óptima para cada una de la al menos una imagen primaria y guía el limpiador de piscina hasta los residuos candidatos a lo largo de la ruta de limpieza óptima hasta que el entorno acuático está limpio;
- 20 en el que el controlador está configurado además para determinar la ruta de limpieza óptima analizando objetos (160, 162) a lo largo de al menos dos rutas potenciales,
- asignar una puntuación de ruta a las al menos dos rutas potenciales y seleccionar la ruta de limpieza óptima que tiene la puntuación de ruta más alta.
2. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado además para:
- 25 crear una imagen secundaria a partir de la al menos una imagen primaria, siendo la imagen secundaria la al menos una imagen primaria con contraste potenciado,
- 30 binarizar la imagen secundaria para crear una imagen terciaria, en donde se crea contraste de blanco y negro dentro de la imagen terciaria, y
- 35 filtrar el ruido y los artefactos de la imagen terciaria para identificar objetos que van a retirarse del entorno acuático.
3. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado además para utilizar datos históricos de imágenes anteriores que incluyen un objeto particular para determinar si el objeto particular no es residuo o los residuos candidatos para su retirada.
- 40 4. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 1, la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que el dispositivo de obtención de imágenes está configurado además para adquirir una o más imágenes del entorno acuático de manera continua.
- 45 5. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 2 o cualquier reivindicación dependiente de la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado además para, después de identificar los objetos que van a retirarse del entorno acuático, seguir los objetos que van a retirarse del entorno acuático; y determinar cuál de los objetos que van a retirarse del entorno acuático debe retirarse a continuación.
- 50 6. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 2 o según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la imagen secundaria es una combinación lineal de un primer porcentaje de un canal de saturación y un segundo porcentaje de un canal de azul.
- 55 7. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 6, en el que cada píxel de la combinación lineal tiene un valor que representa una característica de brillo de la imagen secundaria.
8. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 7, en el que el controlador binariza la imagen secundaria cambiando cada píxel por encima de un valor de umbral a blanco y cada píxel por debajo del valor de umbral a negro.
- 60 9. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 8, en el que el valor de umbral está entre de aproximadamente 100 a aproximadamente 200; y/o en el que un usuario determina el valor de umbral basándose en el entorno acuático.
- 65 10. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 5 o según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que el ruido y los artefactos más pequeños que un tamaño de umbral se filtran de la imagen terciaria; y, opcional o preferiblemente, en el que el tamaño de umbral es de aproximadamente

5 milímetros.

- 5 11. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 5 o cualquier reivindicación dependiente de la reivindicación 5, en el que el controlador está configurado además para analizar el movimiento de los objetos en el entorno acuático para determinar si los objetos no son residuos o son residuos candidatos para su retirada del entorno acuático.
- 10 12. El sistema de control de limpiador de piscina según la reivindicación 1 o según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, en el que el dispositivo de obtención de imágenes es una cámara.
- 15 13. Un método para determinar una ruta para un limpiador de piscina (20) que incluye un dispositivo de obtención de imágenes, comprendiendo el método las etapas de:
- 20 controlar un dispositivo de obtención de imágenes (110) para adquirir una o más imágenes primarias del dispositivo de obtención de imágenes;
- recibir la una o más imágenes primarias desde el dispositivo de obtención de imágenes;
- 25 analizar la una o más imágenes primarias para identificar al menos dos rutas potenciales a través de un entorno acuático;
- identificar residuos a lo largo de las al menos dos rutas potenciales utilizando la una o más imágenes primarias;
- 30 calcular una puntuación de ruta para las al menos dos rutas potenciales que tienen residuos dentro del entorno acuático;
- seleccionar una ruta óptima basándose en la puntuación de ruta más alta de las al menos dos rutas potenciales; y
- 35 guiar el limpiador de piscina para retirar los residuos a lo largo de la ruta óptima.
14. El método según la reivindicación 13, en el que el dispositivo de obtención de imágenes adquiere una o más imágenes primarias del entorno acuático de manera continua.
15. El método según la reivindicación 13 o 14, en el que el dispositivo de obtención de imágenes es una cámara.

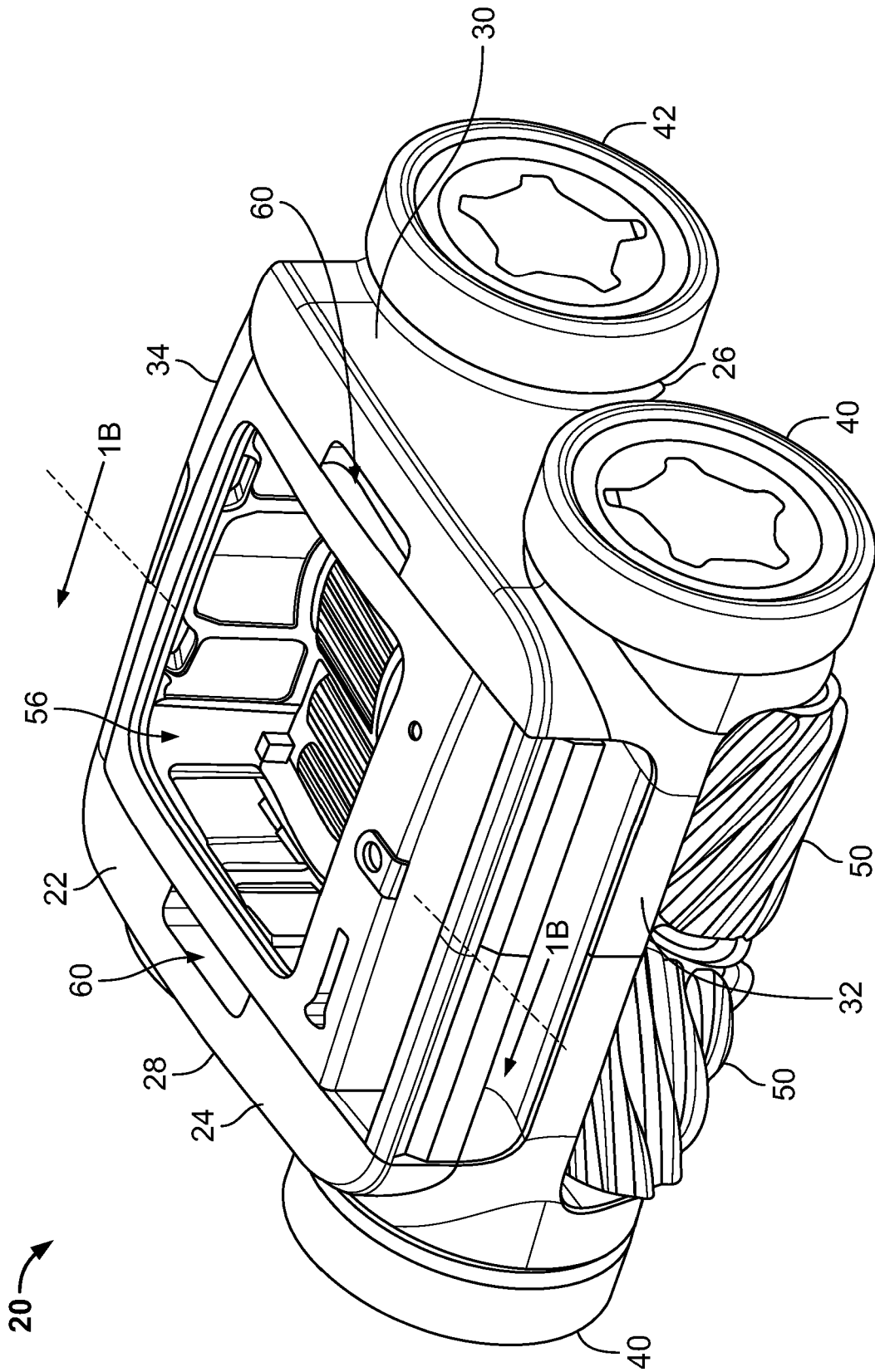


FIG. 1A

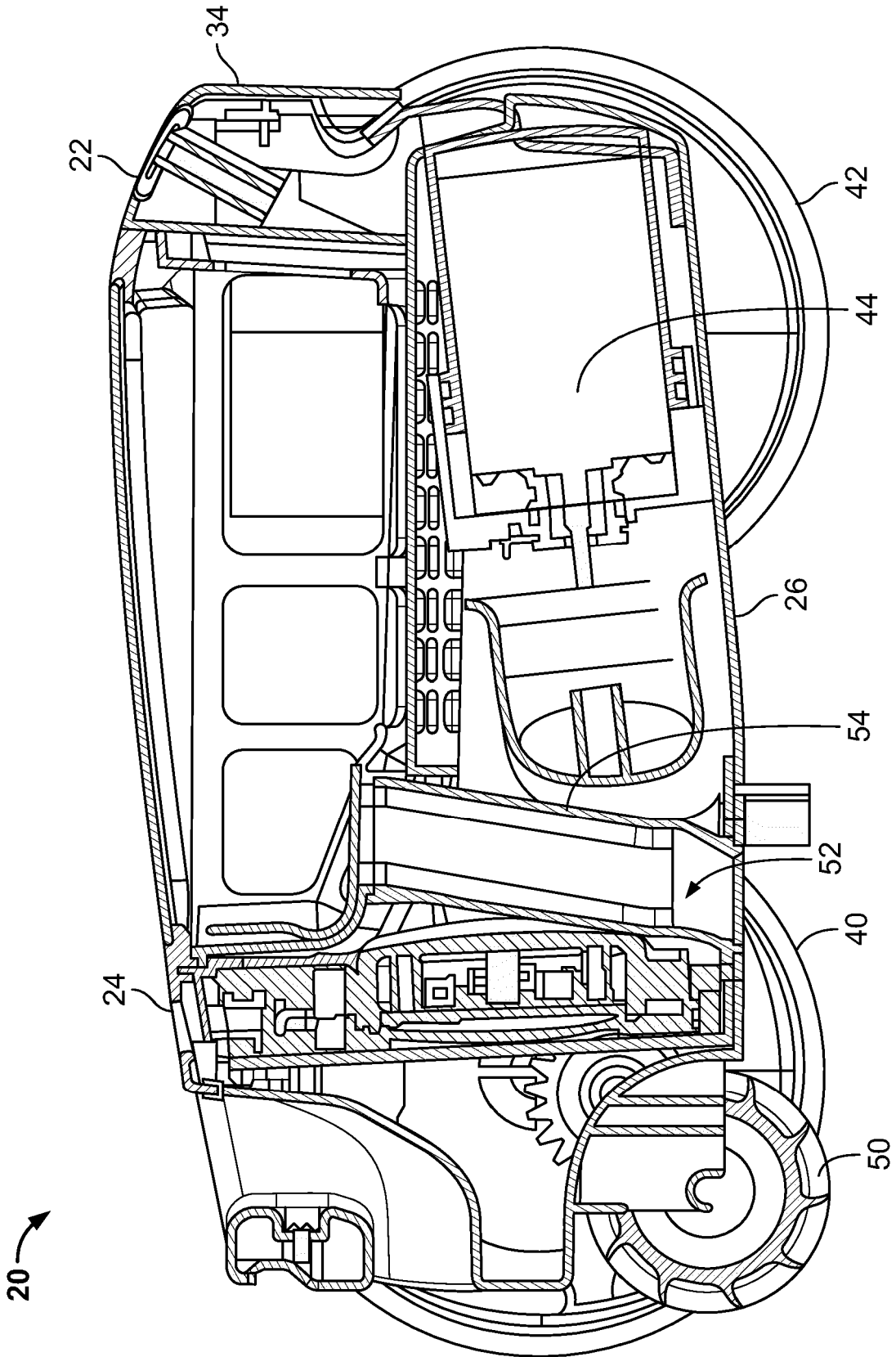


FIG- 1B

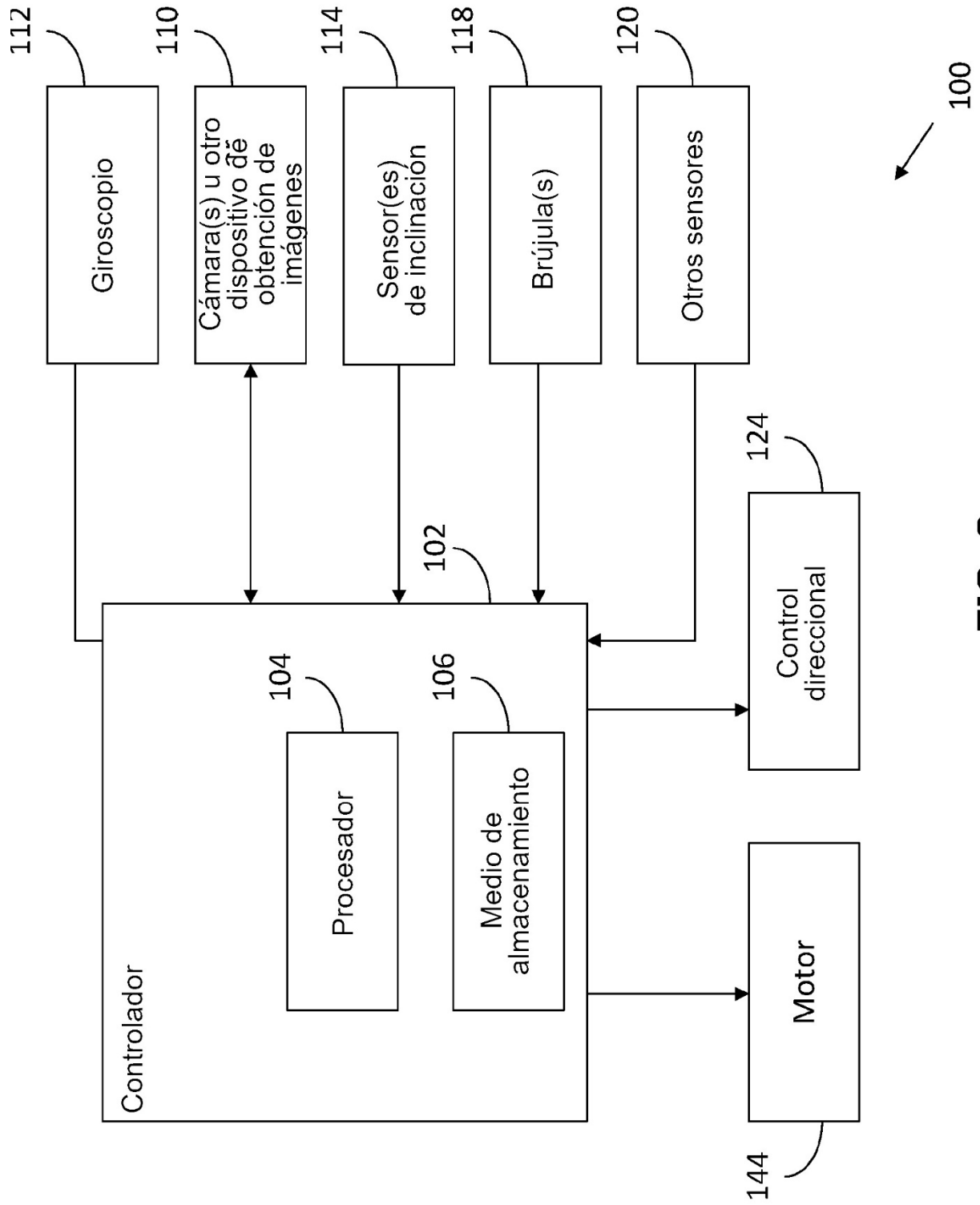


FIG. 2

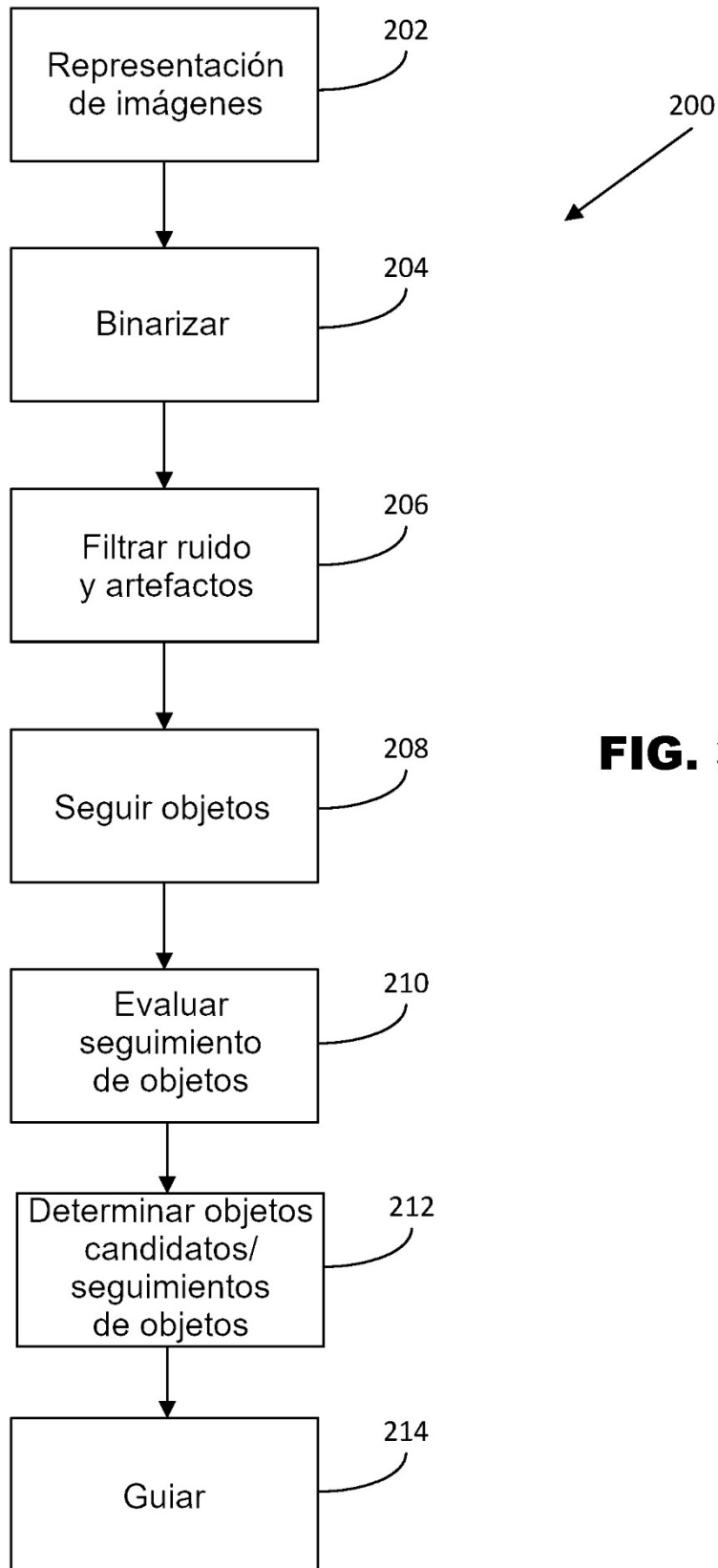




FIG. 4



FIG. 5



FIG. 6



FIG. 7

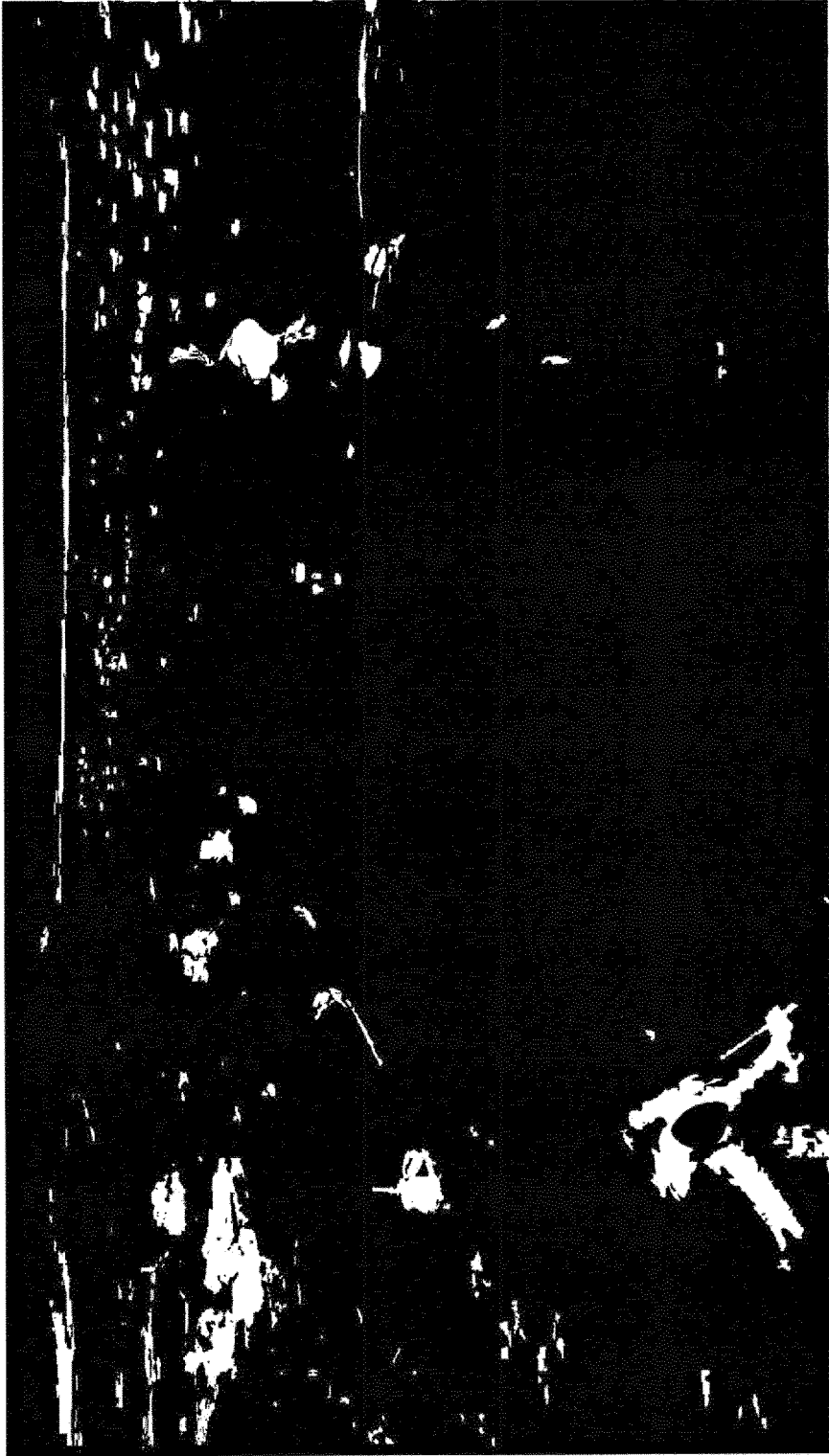


FIG. 8

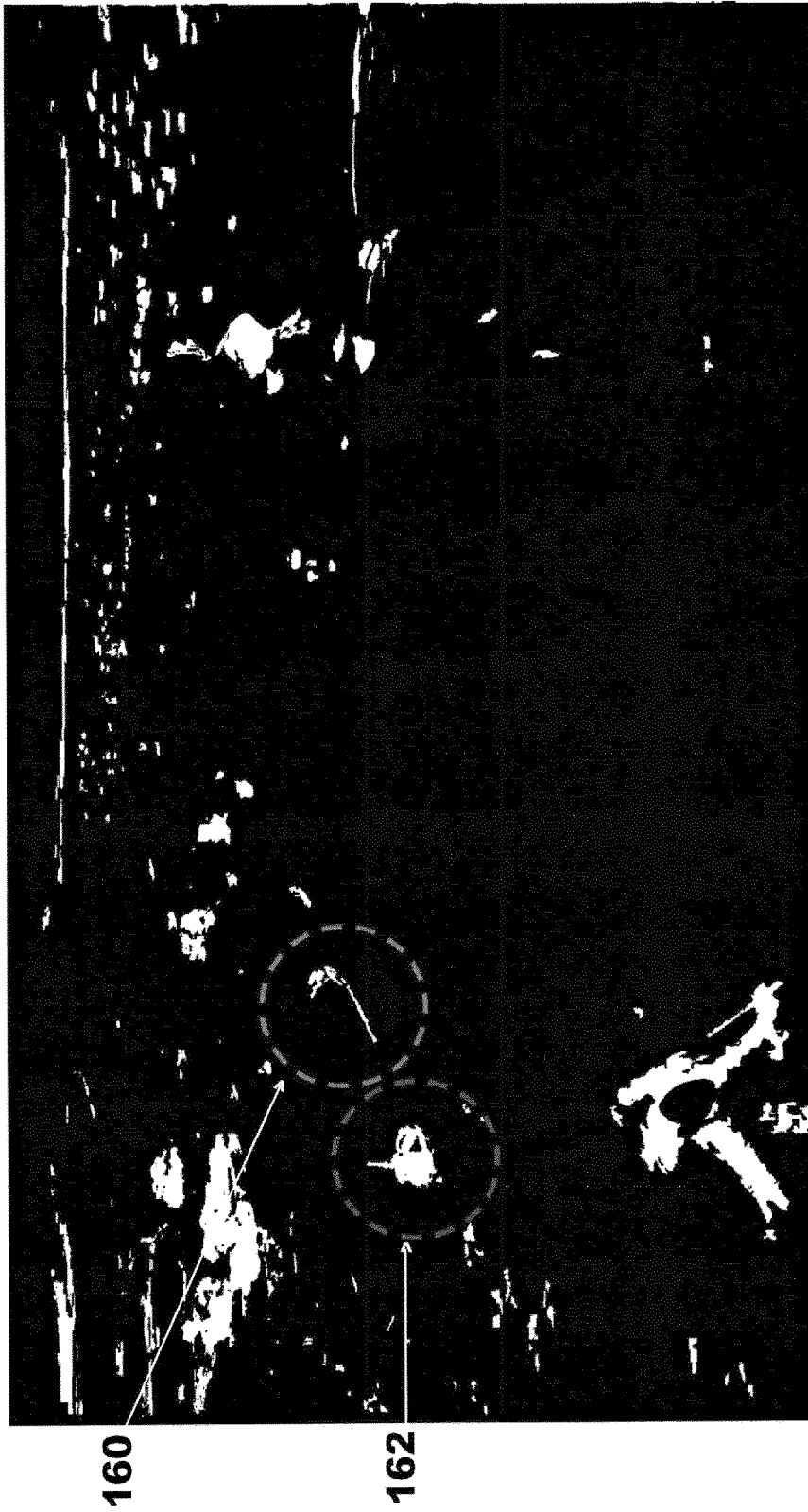


FIG. 9

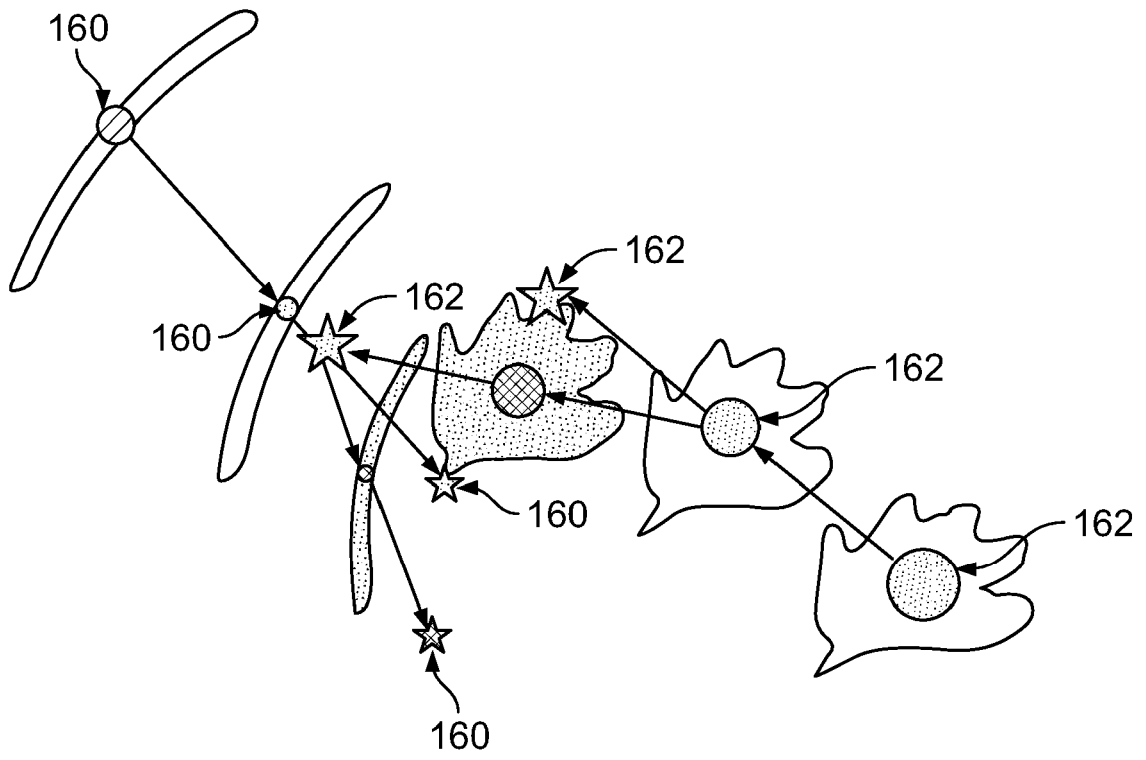


FIG. 10

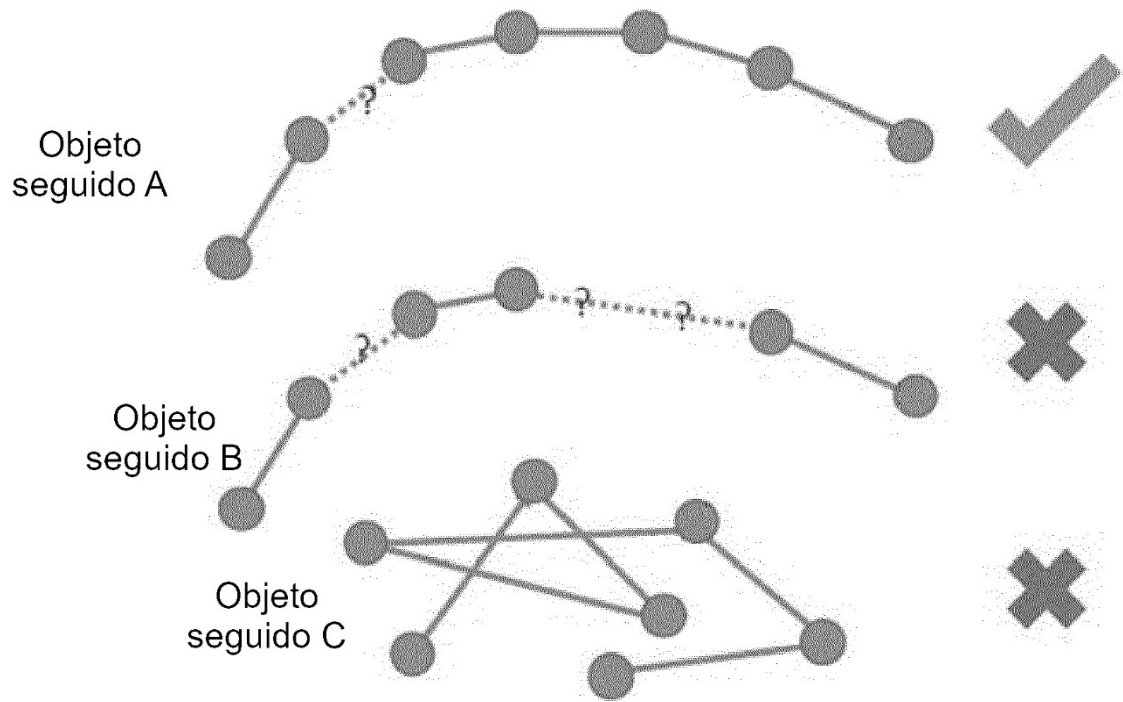


FIG. 11

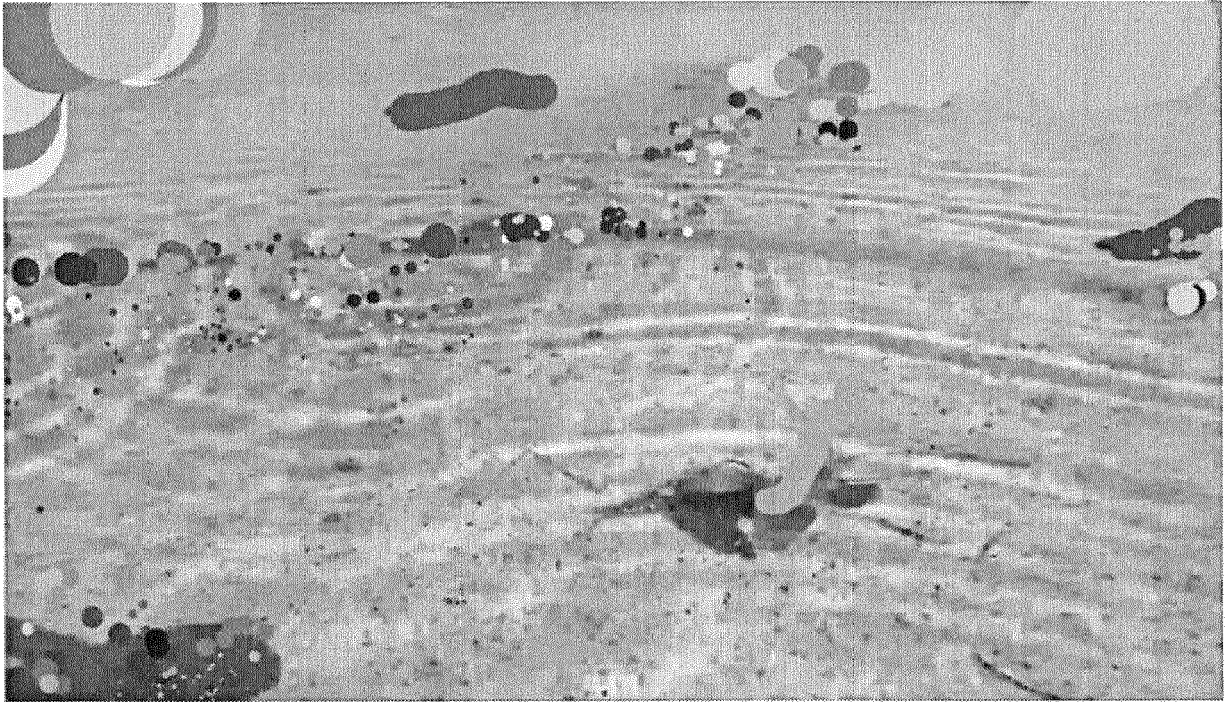


FIG. 12

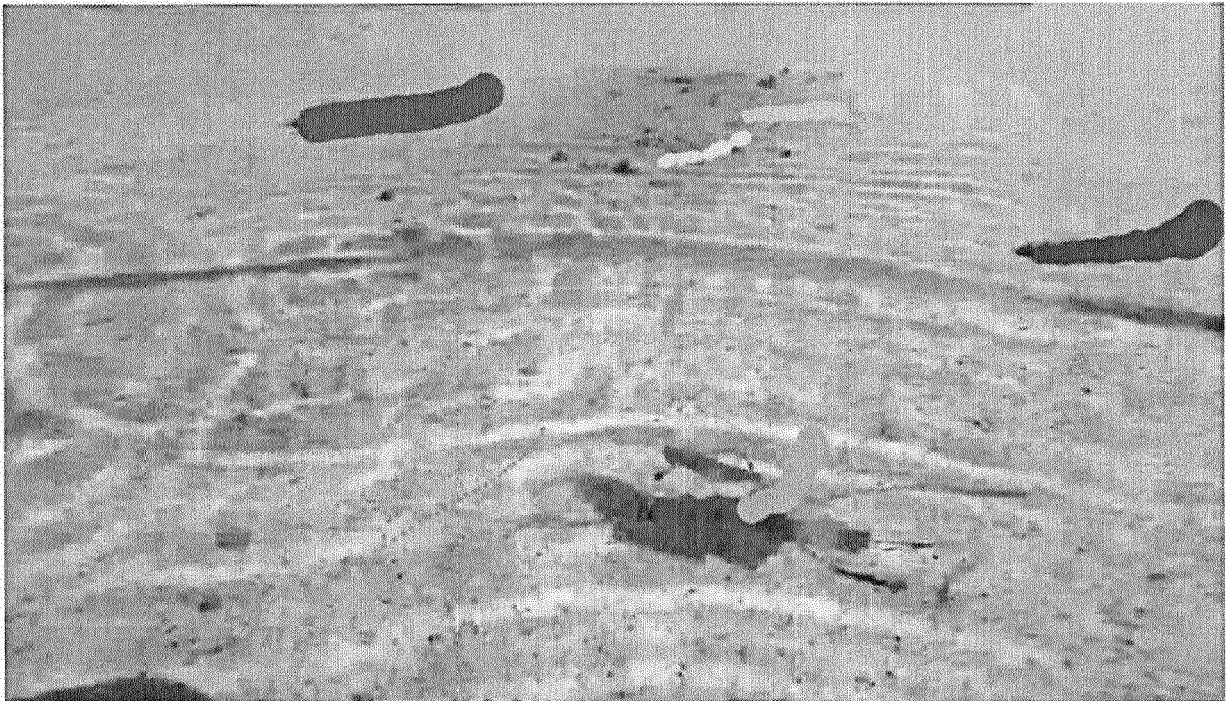


FIG. 13

Distribución de residuos difusos pesados

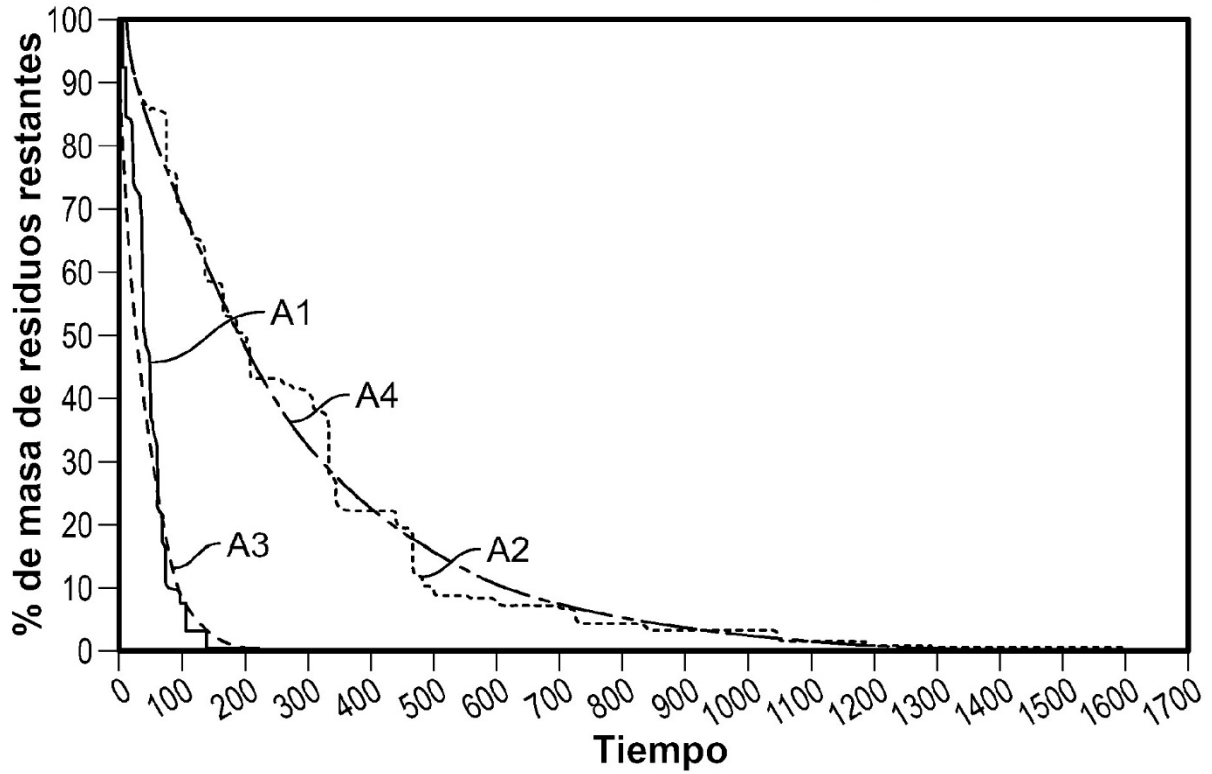


FIG. 14

Distribución de residuos difusos ligeros

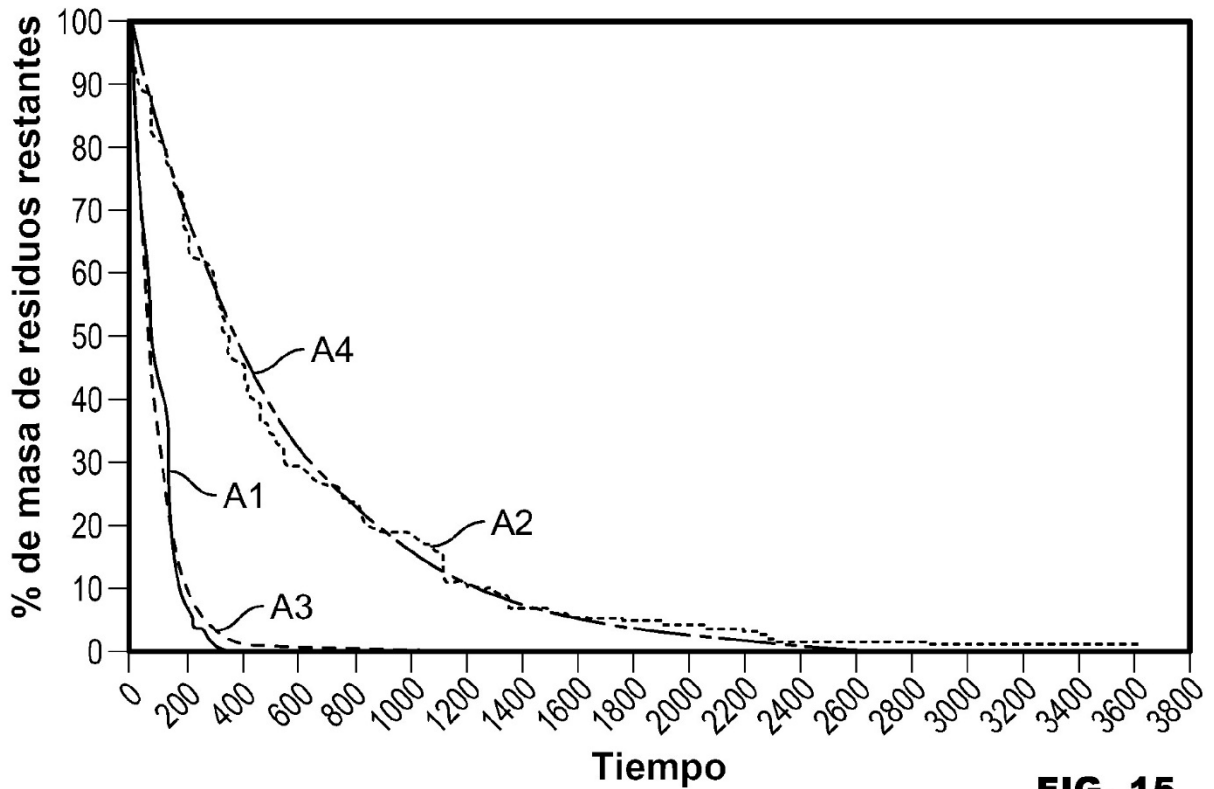


FIG. 15

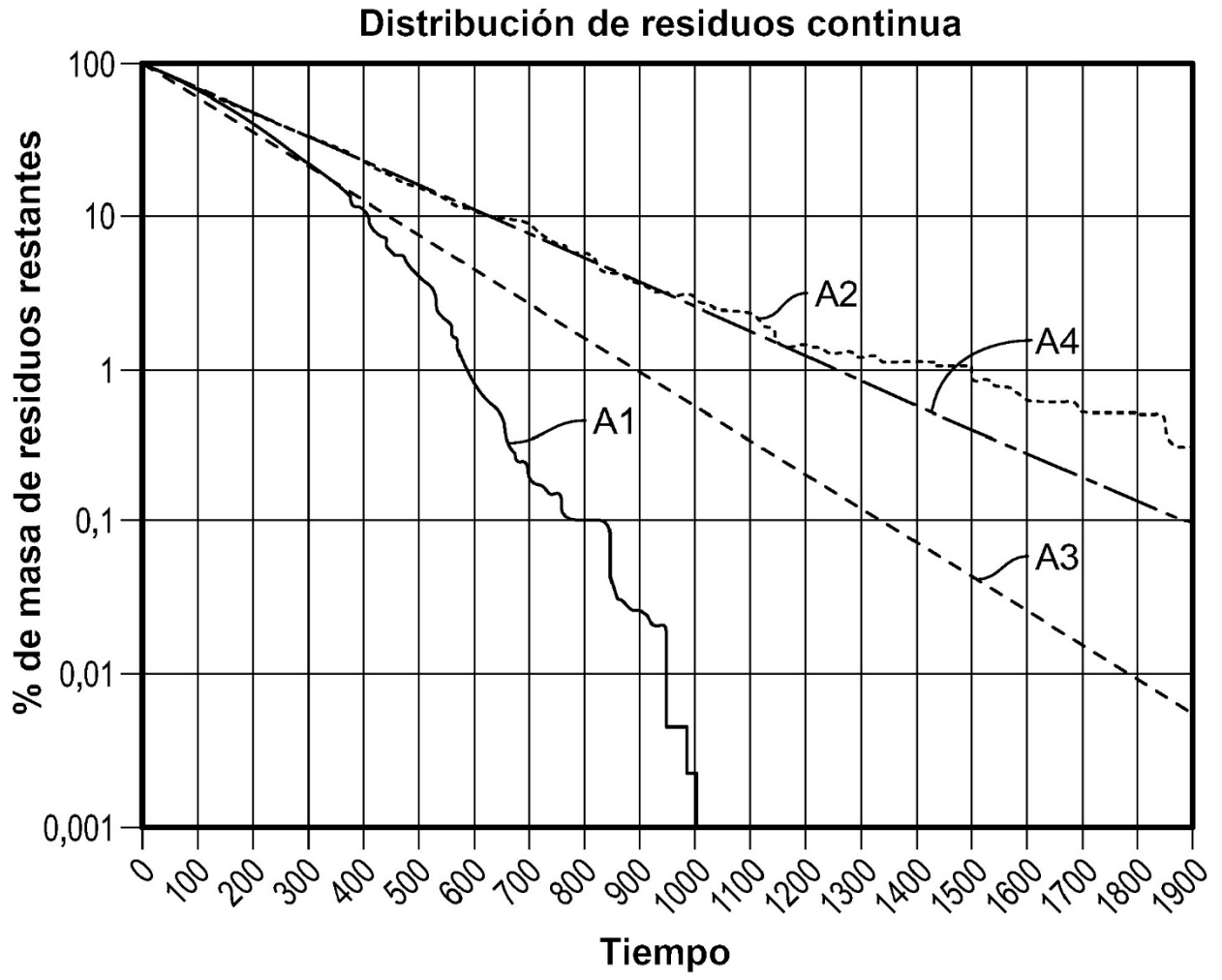


FIG. 16

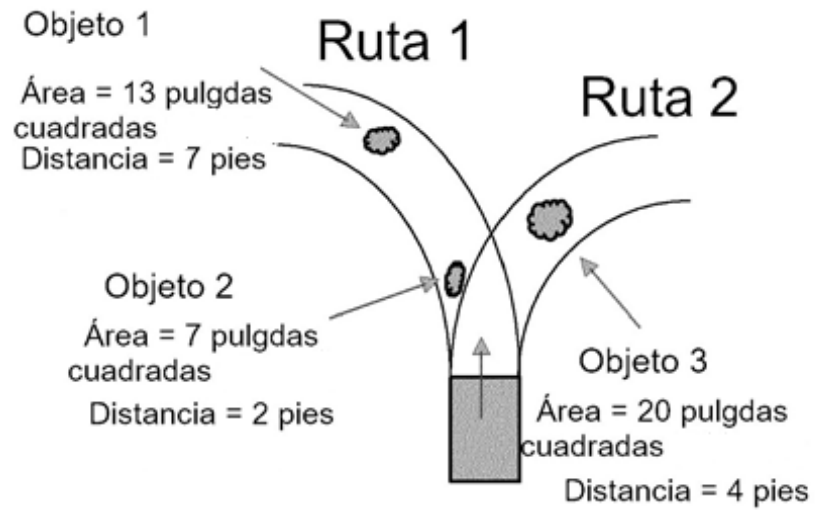


FIG. 17