

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
19 de mayo de 2011 (19.05.2011)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2011/058529 A2

- (51) Clasificación Internacional de Patentes: Sin clasificar
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/IB2010/055172
- (22) Fecha de presentación internacional:
15 de noviembre de 2010 (15.11.2010)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
2085-2009
16 de noviembre de 2009 (16.11.2009) CL
- (71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE** [CL/CL]; 340, Avenida del Libertador Bernardo O'Higgins, Santiago, Santiago, 8331150 (CL).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **AGUILERA RADIC, José Miguel** [CL/CL]; 340, Avenida del Libertador Bernardo O'Higgins, Santiago, Santiago, 8331150 (CL). **CIPRIANO ZAMORANO, Aldo Francisco José Tomás** [CL/CL]; 340, Avenida del

Libertador Bernardo O'Higgins, Santiago, Santiago, 8331150 (CL). **MERY QUIROZ, Domingo Arturo** [CL/CL]; 340, Avenida del Libertador Bernardo O'Higgins, Santiago, Santiago, 8331150 (CL). **SOTO ARRIAZA, Alvaro Marcelo Rodrigo** [CL/CL]; 340, Avenida del Libertador Bernardo O'Higgins, Santiago, Santiago, 8331150 (CL).

(74) Mandatario: **CLARKE MODET & CO - CHILE**; Huerfanos 835, piso 10, of. 1001, Huerfanos, Santiago, 8320176 (CL).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR THE REAL-TIME AUTOMATIC ANALYSIS OF THE QUALITY OF SAMPLES OF PROCESSED FISH MEAT BASED ON THE EXTERNAL APPEARANCE THEREOF, SAID SAMPLES TRAVELLING ON A CONVEYOR BELT SUCH THAT SURFACE DEFECTS CAN BE DETECTED AND THE FISH MEAT CAN BE SORTED ACCORDING TO QUALITY STANDARDS

(54) Título : MÉTODO Y SISTEMA PARA ANALIZAR AUTOMÁTICAMENTE EN TIEMPO REAL, LA CALIDAD DE MUESTRAS DE CARNES DE PESCADO PROCESADO EN BASE A SU APARIENCIA EXTERNA, QUE CIRCULAN A TRAVÉS DE UNA CINTA TRANSPORTADORA PERMITIENDO DETECTAR DEFECTOS SUPERFICIALES Y CLASIFICAR LAS CARNES SEGÚN PATRONES DE CALIDAD

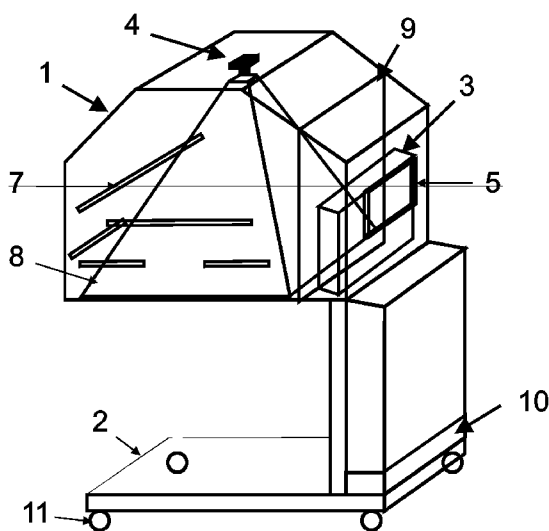


FIGURA 1

(57) Abstract: The invention relates to a method and system for the real-time automatic analysis of the quality of samples of processed fish meat based on the external appearance thereof, said samples travelling on a conveyor belt such that surface defects can be detected and the fish meat can be sorted according to quality standards. The invention comprises the following steps: automatically detecting the processed fish meat samples on the conveyor belt using a tracking method; capturing periodic images of the conveyor belt in order to produce a segmentation of the captured images; analysing the captured image in order to determine the shape and colour of the processed fish meat samples; counting the processed fish meat samples; and detecting surface defects on the processed fish meat samples, such as haematomas and melanosis. The system comprises: a portable device which is positioned above a conveyor belt and which includes a closed dome-type cover insulated from the surrounding environment, positioned above the conveyor belt, and an L-shaped base structure that is used to position the cover above the conveyor belt without handling same; means for storing and processing information; image-capture means; graphical user interface

[Continúa en la página siguiente]

WO 2011/058529 A2



(84) **Estados designados** (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):

ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— sobre el derecho del solicitante para solicitar y que le sea concedida una patente (Regla 4.17(ii))

— sobre el derecho del solicitante a reivindicar la prioridad de la solicitud anterior (Regla 4.17(iii))

— sobre la calidad de inventor (Regla 4.17(iv))

Publicada:

— sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe (Regla 48.2(g))

Declaraciones según la Regla 4.17:

— sobre la identidad del inventor (Regla 4.17(i))

means for inputting pre-defined parameters and viewing results; and lighting means for maximising the uniformity of the light intensity received by the processed fish meat samples in the entire space of the image to be captured.

(57) **Resumen:** Método y sistema para analizar automáticamente en tiempo real, la calidad de muestras de carnes de pescado procesados en base a su apariencia externa, que circulan a través de una cinta transportadora que permite detectar defectos superficiales y clasificar las carnes según patrones de calidad, que comprende: detectar automáticamente las muestras de carne de pescado procesado sobre la cinta transportadora a través de un método de rastreo; capturar imágenes periódicas de la cinta transportadora con el fin de realizar una segmentación de las imágenes capturadas; y analizar la imagen capturada para determinar la geometría y color de las muestras de carnes de pescado procesados; contar las muestras de carnes de pescado procesados; y detectar defectos superficiales en las muestras de carne de pescado procesados como hematomas y melanosis. Asimismo, el sistema comprende: un aparato portátil que se ubica sobre una cinta transportadora que posee: una cubierta cerrada y aislada del medio circundante, tipo cúpula, ubicada por sobre la cinta transportadora y una estructura base en forma de "L" que permite posicionar la cubierta sobre una cinta transportadora sin intervenirla; medios de almacenamiento y procesamiento de la información; medios de captura de imágenes; medios de interfaz gráfica de usuario para ingresar parámetros predefinidos y visualizar resultados; y medios de iluminación para maximizar la uniformidad de la intensidad de luz que reciben las muestras de carne de pescado procesado en todo el espacio de la imagen a capturar.

MÉTODO Y SISTEMA PARA ANALIZAR AUTOMÁTICAMENTE EN TIEMPO REAL, LA CALIDAD DE MUESTRAS DE CARNES DE PESCADO EN BASE A SU APARIENCIA EXTERNA, QUE CIRCULAN A TRAVÉS DE UNA CINTA TRANSPORTADORA PERMITIENDO DETECTAR DEFECTOS SUPERFICIALES Y CLASIFICAR LAS CARNES SEGÚN PATRONES DE CALIDAD

CAMPO DE APLICACIÓN

La presente invención se relaciona con un método y sistema basado en visión por computador y técnicas de reconocimiento de patrones, para detectar, medir y analizar automáticamente carnes de pescado procesados, especialmente de salmones, que circulan a través de una cinta transportadora, específicamente medir en tiempo real la geometría y color de las carnes, como también contar el número de piezas procesadas, detectar defectos superficiales como hematomas y clasificar las carnes según patrones de calidad.

DESCRIPCIÓN DEL ARTE PREVIO

El uso de visión digital en la determinación de calidad de alimentos ha sido un tema de activa investigación durante los últimos 30 años, debido al avance de la ciencia de la computación y al desarrollo de nuevas tecnologías y métodos. Ya en la década del 70 es posible encontrar investigaciones relacionadas al uso de visión por computador para el análisis de calidad de granos. En los años siguientes fueron publicados sistemáticamente trabajos

sobre reconocimiento de características como forma y defectos en los más variados alimentos, por ejemplo frutas, hortalizas, granos, pescados, carnes y productos elaborados.

Con la masificación de sensores digitales como cámaras CCD y el
5 avance computacional, el número y complejidad de los desarrollos ha aumentado. Hoy se puede encontrar trabajos que en tiempo real analizan automáticamente alimentos realizando tareas como medición de color, clasificación y detección de defectos, entre otras aplicaciones.

El procesamiento de las imágenes considera en general cinco pasos:

- 10 1) Adquisición de la imagen, la que puede ser en formato análogo para después transformarla a digital, o directamente digital con cámaras digitales;
- 2) Pre-procesamiento, para obtener una imagen mejorada pero de la misma dimensión de la imagen original;
- 3) Segmentación, en que se particiona la imagen en regiones disjuntas y
15 no traslapadas;
- 4) Medición de objetos, por ejemplo, tamaño, forma, color y textura de imagen; y
- 5) Clasificación para identificar y clasificar objetos en grupos diferentes.

20 La adquisición empleando cámaras CCD permite aumentar la velocidad de procesamiento y además la obtención de imágenes de mayor resolución que las antiguas análogas. En la actualidad las más comunes son las que

adquieren una imagen en tonos de gris o en color, empleando tres componentes (generalmente en el espacio de color RGB (red, Green, Blue) o UV).

El pre-procesamiento permite eliminar las distorsiones sufridas por la imagen en la adquisición, y se realiza de dos formas posibles: a nivel de pixel o bien a nivel local, dependiendo del tamaño de la vecindad de pixeles que se utiliza para el cálculo de un nuevo píxel. En esta etapa se realiza también generalmente una transformación del espacio de color de RGB a HSI (Hue, Saturation, Intensity) o $L^*a^*b^*$ (brillo, contenido de rojo o verde, contenido de amarillo o azul). También en esta etapa puede compensarse la iluminación y efectuar transformaciones a la imagen para corregir distorsiones.

Para la segmentación de imágenes en sus objetos constituyentes se utilizan generalmente cuatro métodos alternativos: basada en umbral, basada en región, basada en gradiente y basada en clasificación. Cada método presenta ventajas propias; por ejemplo, la segmentación basada en umbral es particularmente efectiva en escenas que contienen objetos sólidos que contrastan con el fondo.

La medición de objetos se realiza empleando diferentes atributos para evaluar calidad. En tamaño, por ejemplo, se consideran área, perímetro, longitud y ancho. En forma, se incluyen atributos como razón de área ($\text{Área}/(\text{Diámetro Máximo} \times \text{Diámetro Mínimo})$), razón de aspecto ($\text{Diámetro Máximo}/\text{Diámetro Mínimo}$), y circularidad ($\text{Perímetro}^2/\text{Área}$). El color es un atributo esencial con una gran resolución espacial, por lo que se ha utilizado en numerosos alimentos, que incluyen fruta, grano, carne y verduras. En cuanto a

la textura, generalmente cuantifica las variaciones de nivel de gris en una región.

También en el ámbito científico, se han desarrollado métodos de detección de defectos en filetes de pescado, como puntos de melanina usando
5 dos algoritmos simples de visión digital, determinación de calidad en truchas usando la información de color, además de sistemas de clasificación general como el caso del camarón blanco, detectando defectos, objetos extraños, color, y melanosis.

El documento de patente US 5784484 (21/07/1998), titulado "Device for
10 inspecting printed wiring boards at different resolutions", de UMEZAWA TADASHI, describe un dispositivo de inspección de circuitos impresos, que mide los cambios de formas y textura, además de imperfecciones dadas por formas fuera de un patrón pre-establecido de comparación y cambios de color. Sin embargo la presente invención no se basa en comparaciones con un patrón
15 pre-establecido, sino que mide directamente distintas variables visuales y reconoce patrones de defectos superficiales de las carnes de pescado en base a un método de entrenamiento basado en técnicas de reconocimiento de patrones.

El documento de patente EP 0221642A2 (13/05/1987), de ALLAN
20 ALASIAIR y colaboradores, titulado "Fish color grader", describe un equipo basado en el análisis de la absorción de luz visible en distintas frecuencias de luz donde la hemoglobina tiene un nivel de absorción peculiar. A través de la detección de los niveles de hemoglobina es posible obtener información del grado de deterioro de la carne de pescado. Sin embargo la presente invención

se basa en una tecnología distinta, visión por computador, la cual permiten realizar un análisis espacial y no puntual de la información emitida en todo el espectro visible, con medios de iluminación en toda la gama de frecuencias de éste. Además, gracias a la información bi-dimensional recibida por una cámara
5 de vídeo, se puede detectar la posición de las carnes de pescado y luego analizar toda la superficie, detectando patrones de color, forma e imperfecciones como manchas o moretones, en tiempo real.

El documento de patente JP 2001755854 (29/06/2001), de NAKAMURA TAKASHI, titulado "DEVICE FOR QUALITY INSPECTION BY IMAGE",
10 describe un equipo basado en técnicas de procesamiento de imágenes que revisa la correcta impresión de rótulos y legendas de productos alimenticios. Para la operación se indica que el sistema cuenta con una imagen patrón, con las características deseadas de impresión, la cual es comparada con imágenes de los productos bajo revisión. Producto de esta comparación, el
15 sistema es capaz de detectar fallas. Sin embargo la presente invención propuesta no utiliza comparación con patrones pre-establecidos de imágenes, sino que mide directamente distintas variables asociadas a apariencia visual y reconoce patrones de defectos superficiales de las carnes de pescado en base a un método de entrenamiento basado en técnicas de reconocimiento de
20 patrones.

El documento de patente US 4706336 (17/11/1987), de HARTMANN FRANZ y MATERN KLAUS, titulado "Apparatus for handling fish fillets for the purpose of quality inspection", describe un aparato para la inspección visual de filetes de pescado con fines de realizar control de calidad. El sistema opera en

conexión con una cinta transportadora que en su parte central tiene la capacidad de rotar los filetes para realizar la inspección por ambos lados por un operador humano. Sin embargo la presente invención, propone la inspección automática sin supervisión humana mediante el uso de técnicas de visión por

5 computador y reconocimiento de patrones.

El documento de patente US 4978225 (18/12/1990), de REIMER ERNEST M, titulado "Detection of anomalies in translucent material by candling", describe un sistema de inspección de filetes de pescado, principalmente para la detección de parásitos, y se basa en iluminar con rayos

10 de luz de diferentes radios, por lo que utiliza la relación entre defectos y radio de un rayo de iluminación. Sin embargo, la presente invención propone la inspección utilizando técnicas de visión por computador y reconocimiento de patrones.

El documento de patente US 6061086 (09/05/2000), de REIMER

15 ERNEST M y colaboradores, titulado "Apparatus and method for automated visual inspection of objects", describe un sistema para la inspección visual de productos en cintas transportadoras con fines de control de calidad y está orientada a la detección de parásitos en filetes de pescado. Este sistema consiste de dos cámaras, la primera posee un ángulo de visión de baja

20 resolución para una primera detección de una posible anomalía, mientras que la segunda posee un ángulo de visión restringido de alta resolución para realizar una detección exhaustiva de la detección indicada por la primera cámara. Sin embargo, la presente invención se orienta a la medición de otras

variables asociadas a la calidad visual de carnes de pescado utilizando herramientas y métodos distintos a los presentados en la patente aludida.

El documento de patente US 5784484 (21/07/1998), de UMEZAWA TADASHI, titulado "Device for inspecting printed wiring boards at different resolutions", describe un sistema de inspección visual de detección de patrones en particular patrones visuales de tarjetas de circuitos impresos, para lo cual adquiere un modelo pre-establecido de la apariencia normal del tipo de tarjeta bajo inspección, luego este patrón modelo es comparado con cada tarjeta bajo inspección con el objeto de detectar diferencias, las cuales indican algún tipo de anomalía o falla. Sin embargo la presente invención propuesta no utiliza comparación de imágenes con patrones pre-establecidos, sino que mide directamente distintas variables visuales y reconoce patrones de defectos superficiales de las carnes de pescado en base a un método de entrenamiento basado en técnicas de reconocimiento de patrones.

La empresa canadiense Dipix Technologies (www.dipix.com) se ha especializado en sistemas de inspección visual de alimento, en especial para la determinación de color, forma y tamaño de pan, galletas, pizzas y tortillas, con más de 150 sistemas instalados en Asia, Australia y Europa. Sus sistemas de inspección incorporan diversas funcionalidades agrupadas en tres herramientas principales: Qualivision para análisis y procesamiento de datos, Q-Reporter y Envision para generación de informes, gráficos y tablas.

Integrated Vision Products (www.sickivp.se), una empresa sueca, basa sus desarrollos en dos tecnologías: un Smart Vision Sensor con 512 elementos procesadores en arquitectura SIMD y un sistema de triangulación

lineal basado en láser, que permiten generar imágenes tridimensionales. Las aplicaciones incluyen determinación de forma y color en botellas, productos de madera y papel, y en alimentos, en particular en galletas.

Baader-Canpolar Inc. (www.baader-canpolar.com) es la empresa desarrolladora de Baader-820 Inspektor, un sistema que separa automáticamente filetes de pescado con defectos, utilizando una cámara inteligente, software de procesamiento avanzado de imágenes, software de comunicación y brazos separadores mecánicos que retiran los filetes con defectos de la línea, con una velocidad de procesamiento de 6 filetes por segundo. Entre los defectos que se detectan se encuentran membranas blancas, magulladuras y manchas de sangre.

Marel (www.marel.com), la empresa noruega más grande a nivel mundial de tecnología para la industria de proceso de pescados y carnes, posee tres equipos que usan visión digital. Uno es QVision, el cual consiste en un sistema de medición geométrica de filetes fuera de línea (muestreo). Mide largo, ancho, alto promedio y estima el peso de la muestra a partir del volumen. Otro equipo que usa visión digital es Intelligent Trimming Machine (ITM), la cual a partir de una imagen realiza el trimming de filetes en forma automática. Baader posee un equipo de características similares (www.baader.com). El último es Intelligent Portioning Machine (IPM), el cual a partir de una imagen o de un perfil obtenido con láser porciona filetes de pescado. Una similar función cumple el sistema de corte automático de filetes de pescado desarrollado por JLI Vision (www.jli.dk), una empresa danesa.

Otro organismo dedicado al desarrollo tecnológico en procesos del área, es Sintef (www.sintef.no), también de Noruega, la cual posee un amplio historial de investigación y desarrollo.

5 RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención provee un método y un sistema basado en visión por computador y técnicas de reconocimiento de patrones, para detectar, medir y analizar automáticamente carnes de pescado procesados, especialmente de salmones, que circulan a través de una cinta transportadora, específicamente
10 medir en tiempo real la geometría y color de las carnes, como también contar el número de piezas procesadas, detectar defectos superficiales como hematomas y clasificar las carnes según patrones de calidad.

Es así que se provee un método para analizar automáticamente en tiempo real, la calidad de muestras de carnes de pescado procesados en base
15 a su apariencia externa, que circulan a través de una cinta transportadora que permite detectar defectos superficiales y clasificar las carnes según patrones de calidad, que comprende: detectar automáticamente las muestras de carne de pescado procesados sobre la cinta transportadora a través de un método de rastreo; capturar imágenes periódicas de la cinta transportadora con el fin de
20 realizar una segmentación de las imágenes capturadas; analizar la imagen capturada para determinar la geometría y color de las muestras de carnes de pescado procesados; contar las muestras de carnes de pescado procesados; y

detectar defectos superficiales en las muestras de carne de pescado procesados como hematomas y melanosis.

De manera similar, se provee un sistema para analizar automáticamente en tiempo real, la calidad de muestras de carnes de pescado procesados en base a su apariencia externa, que circulan a través de una cinta transportadora que permite detectar defectos superficiales y clasificar las carnes según patrones de calidad, que comprende: un aparato portátil que se ubica sobre una cinta transportadora que trasporta muestras de carne de pescado procesado, que comprende: una cubierta cerrada y aislada del medio circundante, tipo cúpula, ubicada por sobre la cinta transportadora y una estructura base en forma de "L" que permite posicionar la cubierta sobre una cinta transportadora sin intervenirla; medios de almacenamiento y procesamiento de la información para: detectar automáticamente las muestras de carne de pescado procesado sobre la cinta transportadora a través de un método de rastreo; analizar una imagen capturada para determinar la geometría y color de las muestras de carnes de pecado procesado; contar las muestras de carnes de pescado procesados; y detectar defectos superficiales en las muestras de carne de pescado procesados como hematomas y melanosis; medios de captura de imágenes para capturar imágenes periódicas de la cinta transportadora; medios de interfaz gráfica de usuario para ingresar parámetros predefinidos y visualizar resultados; y medios de iluminación para maximizar la uniformidad de la intensidad de luz que reciben las muestras de carne de pescado procesado en todo el espacio de la imagen a capturar.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 muestra el aparato portátil que compone al sistema de la presente invención.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo del proceso de operación del sistema de la presente invención.

La figura 3 muestra el proceso método de rastreo de objetos sobre una cinta transportadora que comienza con la captura de la imagen.

La figura 4 muestra el proceso de análisis de la imagen capturada del objeto sobre una cinta transportadora.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Los objetivos de la presente invención se relacionan con proveer un método y un sistema para el análisis en tiempo real de carnes de pescados que circulan a través de una cinta transportadora, en especial carnes de salmones y truchas, con el fin de determinar la calidad de estos en base a su apariencia externa, donde se debe operar con un mínimo de error, y en forma automática, de manera de poder reemplazar la labor de un operador humano.

La invención presentada logra los objetivos anteriores mediante el desarrollo de: i) Un sistema que comprende un aparato portátil que se coloca sobre la cinta transportadora y que mediante un sistema de iluminación permite capturar en forma selectiva imágenes de las carnes de pescado que circulan a

través de la cinta transportadora; ii) Un método basado en técnicas de visión por computador y reconocimiento de patrones que logra caracterizar la calidad de las carnes de pescado en base a: la detección automática de las muestras de carne de pescado procesadas sobre la cinta transportadora; la medición en tiempo real de la geometría y color de las muestras de carne de pescado procesadas; el conteo de las muestras de carne de pescado procesadas; y la detección de defectos superficiales como hematomas y melanosis en las muestras de carne de pescado procesadas.

El aparato portátil que compone al sistema de la presente invención, permite su ubicación sobre una cinta transportadora que trasporta muestras de carne de pescado procesado, sin intervenir la estructura de la cinta transportadora. Este aparato está fabricado preferentemente en acero inoxidable anticorrosivo, y comprende una cubierta (1) cerrada y aislada del medio circundante, tipo cúpula, ubicada por sobre la cinta transportadora. Para soportar esta cubierta el aparato dispone de una estructura base, preferentemente de acero inoxidable (2), la cual permite además posicionar la cubierta sobre una cinta transportadora sin intervenirla. Dentro de la cubierta (1), se ubica un gabinete donde van el sistema computacional y eléctrico (3), separado de la sección de visión donde va instalado el dispositivo de captura de imágenes (4) en la parte superior de la cubierta (1). Fuera de la cubierta (1) se ubica la pantalla de interfaz de usuario (5), la que sirve tanto para configurar los análisis como para mostrar resultados en tiempo real. También dentro de la cubierta (1) están los componentes del sistema de iluminación, correspondiendo a fuentes de luz estables (6) y un difusor de luz (7) para

obtener iluminación estable y uniforme en la zona de captura de la imagen, que sería la cinta transportadora.

Para aislar el sistema computacional y los circuitos eléctricos una placa de acero (8) se utiliza para formar dos zonas independientes dentro de la cubierta (1). El equipo también dispone de un contrapeso (9) para equilibrar el
5 equipo, y de ruedas giratorias (10) para su fácil desplazamiento.

El sistema de iluminación de la presente invención, fue diseñado especialmente para maximizar la fidelidad en la adquisición de colores. Este sistema consiste de un arreglo de tubos fluorescentes de color D65 de 20W (4)
10 y 8W (8), posicionados para maximizar la uniformidad de la intensidad de luz que reciben las muestras de carne de pescado procesado, en adelante las muestras, analizadas en todo el espacio de la imagen. La configuración del sistema de iluminación fue diseñada mediante un software de simulación de iluminación creado para el equipo, donde se modela cómo se ilumina la zona
15 de imagen a partir de las fuentes de luz utilizadas, suponiendo que los tubos se comportan como fuentes puntuales de luz ordenados de tal forma que simulen la existencia de éstos ordenados en líneas del tamaño de los tubos y en la misma configuración que tendrán en el equipo. Para eliminar reflexiones indeseables, entre las fuentes de luz y las muestras se dispone de un difusor
20 de luz piramidal de acrílico de alta densidad. Los tubos fluorescentes son alimentados con balastos electrónicos de 25 kHz, cada uno alimentado por fuentes de alimentación de corriente continua de 310V. De esta manera, dado que el tiempo de integración de la luz en el CCD de la cámara del equipo es en promedio 8 ms, se asegura un error máximo de 0,5% en el color de imágenes

sucesivas, siendo 0,25% el error promedio. Como la intensidad de luz depende directamente del voltaje de alimentación, el equipo dispone de un regulador de tensión para entregar un voltaje de alimentación de la iluminación uniforme.

En la práctica, la iluminación de las esquinas es un 90% de la iluminación en el centro de la imagen, por lo cual la intensidad en zonas alejadas del centro de la imagen es corregida por software, para obtener imágenes con iluminación uniforme. Para esto, se capturó una imagen con el equipo de una plancha opaca homogénea, de color gris. Con la imagen capturada, se genera una matriz de tres dimensiones, donde cada elemento de esta matriz es multiplicado por el elemento correspondiente de la imagen (pixel), con el fin de que se obtenga una imagen resultante de color homogéneo, compensando las variaciones de intensidad de iluminación en los bordes. Se toma como referencia el centro de la imagen, donde la intensidad es máxima.

Los tubos fluorescentes en general se degradan con el uso, otorgando un distinto nivel de iluminación a medida que pasa el tiempo. Por lo mismo, la iluminación debe ser calibrada para su óptimo funcionamiento, para lo cual se provee una paleta de colores, dividida en 16 casilleros. En los casilleros superiores se ubican los valores blanco y negro, y los colores rojo, verde, azul anaranjado, amarillo y rosa, mientras en los casilleros inferiores se ubican niveles de gris, desde el blanco al negro. Para calibrar el equipo se ingresa al programa de calibración de color desde la configuración, se posiciona la paleta de colores sobre la cinta transportadora, y el sistema la detecta y modifica la

configuración de captura de imágenes para realizar la coincidencia de la imagen de la paleta con colores previamente cargados en la rutina.

Con el sistema operativo, y la cinta transportadora en operación normal y cargada de muestras de salmón o trucha, el sistema ejecuta en forma ininterrumpida un método de rastreo de muestras sobre la cinta transportadora, el cual se esquematiza en la figura 2, durante el cual se obtienen imágenes periódicas de la cinta con el fin de realizar una segmentación rápida de las imágenes capturadas. Esta segmentación consta de: capturar una imagen de alta resolución (imagen de 1024 x 960 pixeles), de la cinta transportadora y muestras (filetes) que existan sobre la cinta transportadora dando origen a una imagen capturada; remuestrear la imagen capturada de alta resolución para obtener una imagen de menores dimensiones con el fin de que el procesamiento sea veloz, dando origen a una imagen capturada remuestreada; pre-procesar la imagen capturada remuestreada mediante una transformación lineal de los canales RGB para incrementar el contraste entre las muestras (filetes) y el fondo (cinta transportadora), otorgando una imagen de alto contraste en tonos de gris, es decir, mayor a 5% de cambio respecto del rango dinámico de componentes de color o niveles de grises, donde se busca asignar un valor cercano a cien para los pixeles pertenecientes a la muestra y cercano a cero para los que no pertenecen, dando origen a una imagen remuestreada pre-procesada; segmentar por umbral la imagen remuestreada pre-procesada, la que produce una imagen binaria donde las muestras aparecen con un valor (generalmente valor "uno") y el fondo con otro valor (generalmente "cero"), denominada imagen remuestreada binaria); eliminar las

regiones donde las muestras aparezcan parcialmente fuera de la imagen remuestreada binaria, es decir, aquellas donde la región toque el borde de la imagen o queden fuera de una región de interés definida que sea menor a la imagen, originando una imagen re muestreada segmentada. Mientras no
5 existan muestras (filetes) completas en la cinta transportadora, la imagen remuestreada segmentada tendrá sólo un valor en todos sus pixeles (generalmente “cero”).

Para generar la imagen capturada remuestreada, se utiliza un algoritmo donde una imagen de dimensiones $W \times H$ se transforma a una nueva imagen de
10 dimensiones $w \times h$, donde se cumple que $W/w = H/h$, donde el color RGB de cada pixel de la imagen capturada remuestreada es una combinación lineal de los colores RGB de una región de pixeles de la imagen capturada. Estos términos están dados por la resolución de la cámara, donde W es el número de pixeles horizontales y H el número de pixeles verticales de la imagen
15 capturada. Por ejemplo, si W/w tiene un valor de 4, para el color de cada pixel de la imagen capturada remuestreada corresponde un color RGB formado por el promedio ponderado de regiones de 4×4 pixeles de la imagen capturada.

Para generar la imagen remuestreada pre-procesada, se requiere una etapa previa de configuración de parámetros, para la generación de dos listas;
20 por una parte se tiene una lista de colores RGB de las muestras, por ejemplo filetes de salmón, que es parte de los datos internos del equipo, que involucra a todos los tipos de tejidos que componen el filete, y por la otra, una lista de colores RGB de la cinta transportadora, que se genera al momento de reconocimiento de la cinta transportadora, que es parte de las opciones de

configuración del equipo antes de efectuar los análisis en operación normal. El tamaño de la lista de colores RGB de la cinta es similar a la cantidad de datos RGB de las muestras, y se realiza tomando muestras de color RGB de píxeles de la imagen de la cinta transportadora sin las muestras sobre ella. Con estas
5 dos fuentes de datos, se trata de obtener una subimagen de alto contraste mediante una transformación lineal de los componentes RGB que asigne el valor 100 a los colores que componen la muestra, y de -100 a los colores de la cinta transportadora. Una vez calculada la función de transformación mediante optimización de mínimo cuadrados, la subimagen de alto contraste muestra-
10 cinta se obtiene al aplicar la transformación a los valores RGB de los píxeles de la imagen capturada remuestreada. Para el éxito de esta transformación la cinta debe tener un color contrastante con las muestras.

El método de rastreo de la invención utiliza la segmentación descrita en los párrafos anteriores para localizar las muestras en la imagen, y además un
15 sistema de seguimiento de las muestras encontradas en la imagen remuestreada segmentada actual basado en las muestras encontradas en las imágenes re muestreadas segmentadas anteriores, el cual se compone de un vector de posiciones (x, y) de los centros de área de las regiones de la imagen remuestreada segmentada, donde "x" es el valor de coordenada horizontal
20 medida de izquierda a derecha de la imagen, e "y" el valor de coordenada vertical medida de arriba a abajo en la imagen; unas pistas horizontales virtuales creadas y destruidas en forma dinámica (pistas horizontales); un vector de posición vertical de los centros de las pistas horizontales; y vectores de posición horizontal de seguimiento de muestras en cada pista.

El movimiento de la cinta transportadora y la posición de la cámara digital en el equipo producen que las muestras se muevan en forma horizontal en la imagen, por ejemplo de izquierda a derecha. La cámara es el único sensor del equipo, en este caso sensor de imágenes, la cual es capaz de
5 obtener decenas de imágenes de alta resolución por segundo. En imágenes sucesivas, una muestra que avance por la cinta transportadora va variando su posición en forma horizontal en la imagen.

La imagen que se utiliza para el rastreo corresponde a las imagen remuestreada segmentada, por lo cual en imágenes sucesivas se ve avanzar
10 en forma horizontal sólo las regiones correspondientes a muestras completas contenidas en la imagen capturada (o en una región de interés de ésta), por lo que la posición vertical "y" del centro de área de estas regiones tendrán pequeñas variaciones, mientras que la variación estará principalmente en la coordenada horizontal "x" del centro de área. Si el movimiento es de izquierda
15 a derecha, en cada imagen sucesiva la coordenada "x" del centro de área de una región en particular va aumentando.

El número de pistas al comenzar la operación normal es cero. Al momento de aparecer la primera muestra en la imagen capturada, esta muestra aparece como una región en la imagen remuestreada segmentada
20 sólo cuando esté completamente contenida en la imagen capturada. En el momento que la región aparezca en la imagen remuestreada segmentada, se calcula el centro de área de la región, el cual es almacenado en el vector de posición (x, y) de los centros de área. Como es la primera región encontrada, y no hay pistas creadas, se crea la primera pista horizontal, correspondiente a

una región rectangular de longitud horizontal igual a la longitud horizontal de la imagen remuestreada segmentada, y de longitud vertical preferentemente de 8 pixeles, cuyo centro será la coordenada “y” del centro de área calculado en la región encontrada. El valor “y” es almacenado en la primera casilla del vector de posición vertical de centros de pistas horizontales, y el valor “x”, en la primera casilla del vector de posición horizontal de seguimiento de muestras. No hay más operaciones, por lo que el sistema adquiere otra imagen después de realizar estos procesos.

Al momento de adquirir la próxima imagen capturada, y generar la imagen remuestreada segmentada correspondiente, el movimiento de la cinta produce que la región que fue identificada anteriormente se mueva horizontalmente en la nueva imagen unos pocos pixeles. En este caso, el sistema inspecciona si la región corresponde a la misma encontrada en la imagen anterior, comparando las coordenadas de la posición del centro de área de esta región con los valores almacenados en los vectores de posición horizontal y vertical de las pistas. Por tratarse de la misma región pero desplazada horizontalmente, y además contando sólo con una pista creada, el valor “y” del centro de área de la región está contenida dentro de la pista creada, mientras que el valor “x” del centro de área de la región es mayor al valor almacenado en el vector de posición horizontal para seguimiento. Por lo mismo, en este caso se actualiza la primera casilla del vector de posición horizontal para seguimiento con el nuevo valor de “x”, mientras que la primera casilla del vector de posición vertical de centros de las pistas queda inalterada ya que se trata de la misma pista.

En otro caso, puede aparecer una segunda región en la imagen remuestreada segmentada, correspondiente a una segunda muestra. Para este caso, se efectúa el mismo procedimiento. Para la primera región el procedimiento es el mismo del párrafo anterior. Para la segunda, si no pertenece a la pista creada con la primera región encontrada, se crea una nueva pista usando el mismo procedimiento para la primera región encontrada, y almacenando las coordenadas "x" e "y" del centro de área de esta nueva región en los vectores correspondientes, en la segunda casilla, por el que en este caso el número de pistas es dos. Por el contrario, si pertenece a la misma pista, y el valor "x" de su centro de área es menor que el valor almacenado en la primera casilla del vector de posición horizontal para seguimiento, se conserva el valor de la primera casilla sin actualizarse.

El proceso de creación de pistas horizontales continúa para otras regiones que aparezcan en imágenes sucesivas. Cada vez que una región aparece, y además que el valor "y" de su centro de área no pertenezca a pista alguna, se creará una nueva pista y se realizará seguimiento como se indicó anteriormente. Una de las virtudes del proceso de creación dinámica de pistas es que hace innecesario el uso de otros sensores que detecten la presencia y posición de las muestras en la cinta, del mismo modo, su generalidad evita la necesidad de un orden específico de aparición de las muestras en la cinta para seguir su movimiento horizontal.

Una vez asignadas o actualizadas las pistas para todas las regiones de la imagen remuestreada segmentada, se realiza una búsqueda (barrido) en el vector de posición horizontal para seguimiento de cada pista buscando si un

valor "x" traspasa el centro de la imagen remuestreada segmentada, es decir, cuando el valor "x" del vector mencionado sea mayor a $w/2$. Si para alguna pista es verdadero, se entrega a la rutina de análisis la imagen capturada original y las coordenadas de los límites de la región correspondiente a la muestra a analizar. Mediante técnicas de programación multitarea, comienza el proceso de análisis de las muestras en forma paralela al proceso de rastreo. En este caso, antes de adquirir una nueva imagen se realiza nuevamente un barrido completo por el vector de posición horizontal de seguimiento de las pistas por si existe otra(s) muestra(s) que debe(n) ser analizada(s). Si no hay más muestras a analizar, se captura una nueva imagen y se borra la pista correspondiente a la muestra analizada, para que pueda ser ocupada por otro objeto. Si se debe analizar otra muestra, se realiza el análisis en paralelo cuando haya terminado la muestra que se estaba analizando anteriormente. Este proceso se repite hasta que no haya más muestras a analizar y se pueda capturar una nueva imagen. Mediante este sistema varias muestras pueden estar posicionadas en paralelo en la cinta, y el sistema será capaz de analizarlas individualmente.

Para el caso en que pistas se traslapen, puede que el valor "y" de la coordenada de su centro de área pertenezca a ambas pistas, en cuyo caso se asigna la región a la pista cuyo valor "y" del centro de la pista esté más cercano al valor "y" del centro de área de la región; en caso que el valor "y" de la coordenada del centro de área de una nueva región esté demasiado cerca (menor a 2píxeles) de un límite vertical (superior o inferior) de una pista, y que

pertenezca a ésta, se crea una nueva pista horizontal con centro en el valor “y” de la coordenada del centro de área del objeto.

Las regiones en la imagen remuestreada binaria que ya han traspasado la mitad de esta imagen pero que son igualmente contenidas completamente dentro de dicha imagen también son eliminadas de la imagen remuestreada segmentada. Para evitar problemas con la actualización de una pista cuando una región desaparece, los valores de los vectores de posición correspondientes a las casillas de las pistas existentes, pero sin regiones de la imagen remuestreada segmentada dentro de ellas, se actualizan artificialmente, es decir, se incrementa su valor correspondiente en el vector de posición horizontal de seguimiento.

En términos del proceso de análisis de cada muestra detectada, lo primero es recibir la imagen capturada original y las coordenadas de los límites donde se encuentra el objeto a analizar. En seguida, se realiza una segmentación análoga a la realizada para conseguir la imagen remuestreada durante el proceso de rastreo. Este análisis se realiza en la imagen capturada original, sin reducción de dimensionalidad, de manera de otorgar un mayor detalle y con ello mediciones de mayor precisión.

Después de la segmentación inicial, para separar objeto y fondo, se realiza la medición de características geométricas generales como área, perímetro, largo y ancho. El conteo total de píxeles que conforman al objeto corresponde al área, mientras que para el perímetro se cuentan los píxeles del contorno del objeto.

Para calcular el largo y ancho de la muestra, se circunscribe un rectángulo en dicha muestra, identificando el largo de la muestra con la longitud mayor del rectángulo y el ancho de la muestra con la longitud menor del rectángulo.

- 5 Luego se procede a la separación de elementos del mismo objeto. Esta separación se realiza mediante una transformación cuya entrada son los tres canales de la imagen original (R, G y B) y cuya salida son imágenes de intensidad o en tonos de gris, orientadas a formar alto contraste de un elemento de la imagen en particular, por lo cual existirán tantas imágenes como
10 elementos se quiera discriminar. Los parámetros de esta transformación corresponden a la optimización de una función no lineal en R, G y B, pero lineal en los coeficientes, que involucra las componentes i , $i*j$ y $\sqrt{i}$, donde $i, j = R, G, B$.

- Así, para encontrar los parámetros se dispuso de un conjunto de entrenamiento compuesto de cuatro listas de colores RGB correspondientes a
15 los cuatro tejidos que son identificados en las imágenes (músculo, peritoneo/grasa blanca, grasa café, y hematoma/melanososis). Cada elemento de estas listas tiene tres componentes, correspondientes a los valores R, G y B del color correspondiente al pixel. Para generar estas listas se dispuso de un set de entrenamiento de 50 imágenes típicas de muestras, en este caso de filetes
20 de salmón, entre las cuales se encuentran filetes sanos, con y sin grasa blanca (peritoneo), con y sin presencia de defectos y manchas, y con y sin grasa café. El método necesita de al menos 30 imágenes típicas para realizarlo y tener resultados satisfactorios.

Primero se separan manualmente los tejidos y se obtienen datos de color y forma de éstos. Con el uso de estas imágenes, se selecciona manualmente regiones correspondientes a cada tejido, con cada región con un identificador del tejido correspondiente, y se generan las listas de color RGB usando estas regiones. Adicionalmente, para las imágenes con defectos se almacenó, en una lista separada, información geométrica del defecto, como tamaño, forma y ubicación. Posteriormente, mediante optimización por mínimos cuadrados lineal se busca encontrar una transformación lineal en los parámetros (cuadrática en las variables RGB) tal que para las tríadas de colores RGB de un tejido en particular (por ejemplo músculo) se le asigne un valor 100 para los colores RGB asociados al tejido, y -100 para los otros tejidos. En la práctica, se dispuso de cuatro transformaciones, una para cada tejido que se quiere identificar. En forma general, con n elementos buscados en la imagen, se tiene que una típica transformación sería, para una pixel con valores de color R, G y B:

$$b = a_1 R + a_2 G + a_3 B + a_4 R^2 + a_5 G^2 + a_6 B^2 + a_7 RG + a_8 RB + a_9 GB + a_{10} \sqrt{R} + a_{11} \sqrt{G} + a_{12} \sqrt{B}$$

Los coeficientes a_k , $k = 1, \dots, 12$, son calculados en base a estimación de mínimos cuadrados, donde el valor de b es asignado como 100 ó -100 si el píxel cuyo color RGB corresponde al elemento designado o no, respectivamente. Los coeficientes a_k pueden ser agrupados en una matriz $M_{K \times n}$

para los n elementos, que en caso de la invención corresponden a los cuatro tejidos.

Una vez realizado el entrenamiento, los coeficientes a_k son parámetros fijos de la subrutina de análisis de objetos, los cuales son cargados al iniciar el sistema.

Con las subimágenes creadas con esta técnica, es posible analizar elementos o tejidos de la imagen por separado, donde a partir de una imagen a color RGB se generan n subimágenes de un solo canal, similar a imágenes en intensidad de gris.

Para el caso específico del salmón, se generan cuatro subimágenes: músculo, grasa blanca, grasa café y hematoma. Las subimágenes corresponden a imágenes en intensidad de gris (un canal de intensidad). Para obtener las regiones correspondientes a cada tejido, esas subimágenes se umbralizan. Como las imágenes tienen un rango aproximado de entre -100 y 100, se obtuvo que los umbrales óptimos para cada tejido es de 10 para músculo, -26 para peritoneo/grasa blanca, -20 para grasa café y -16 para hematoma/melanosis. Con estos umbrales por sí solos no es posible obtener de forma inmediata y directa las regiones correspondientes a cada tejido en particular, debido a que los tejidos por lo general no son completamente homogéneos y existen píxeles en las subimágenes que dan valores que no corresponden al tejido buscado por lo cual existe un procesamiento intermedio que busca limpiar las regiones para que no exista traslape entre ellas y eliminar aquellos píxeles donde la clasificación no sea clara o sea imprecisa. Por ello, se usa información cruzada de las regiones para evitar zonas traslapadas en

las regiones correspondientes a los tejidos, para luego mediante análisis morfológico de las regiones eliminar de una región sectores que son muy pequeños (del orden de pocos pixeles) o que por las características de las muestras la región encontrada no pertenece al lugar donde típicamente debe encontrarse, como son hematomas en la punta del filete, hematomas con forma alargada, grasa blanca encontrada que en realidad corresponde a mioceptos del músculo que son eliminados debido a su forma alargada, entre otros. Una vez que las regiones han sido identificadas se generan máscaras que serán usadas para la medición y clasificación del filete, que corresponden a imágenes binarias, de valores 0 y 1, tal que un valor 0 indica que el pixel no corresponde al tejido y 1 indica que sí corresponde. En particular, se realizan mediciones geométricas y cromáticas al filete, superponiendo cada máscara a la imagen original.

El sistema es capaz de detectar hematomas y melanosis en el filete de salmón cuya área sea mayor a $0,5 \text{ cm}^2$. La detección de defectos se basa en la creación de modelos de detección, o clasificadores, a partir de al menos 30 imágenes típicas, preferentemente un conjunto de 50 imágenes típicas de muestras usadas como set de entrenamiento, donde 25 de éstas corresponden a muestras con defectos (hematoma/melanosis). Para reconocer manchas, hematomas y melanosis, se obtiene primero la segmentación de éstos como se explicó en el párrafo anterior. Con el defecto aislado, se procede a evaluar si el defecto encontrado es verdadero o falso, para lo cual se usan clasificadores contruidos en base a las mediciones obtenidas en el set de entrenamiento. Por ejemplo, para el caso de melanosis el set de entrenamiento permite

obtener distribuciones de probabilidad sobre: tamaños mínimos y máximos, ubicación típica dentro del filete, comparación del defecto con el tejido circundante, entre otras. Estas distribuciones son luego utilizadas para clasificar si una potencial anomalía visual del filete se trata realmente de un defecto o no. En este sentido la detección se enfoca en un sistema de reconocimiento de patrones, donde se tienen los parámetros que definen los defectos, a diferencia de comparar directamente el filete con uno de muestra como sería el caso de usar una plantilla (“template”) de comparación o una imagen típica de salmón y compararla directamente con la imagen capturada.

El equipo no usa técnicas comparativas directas ya que las muestras, filetes de salmón, presentan gran variabilidad, no como en el caso de analizar productos iguales unos a otros (por ejemplo circuitos impresos) donde sí puede tenerse una plantilla (“template”) de comparación. Debido a la variabilidad de las muestras, las distribuciones mencionadas dan información general sobre la morfología y ubicación del defecto, por lo que cada posible defecto encontrado es verificado mediante estas distribuciones para verificar si está dentro de los parámetros normales o “patrón”.

Para los otros tejidos (músculo, grasa blanca/peritoneo y grasa café) se miden el color promedio y geometría usando la información de las máscaras generadas y la imagen capturada.

En términos de medición de color se usa como unidad de medida el estándar industrial “SalmoFan” desarrollado por Hoffmann-LaRoche. La medición cubre el rango completo de la coloración de músculo de salmón en una escala de 20 a 34. Esta medición se realiza considerando sólo el color del

músculo, entre los percentiles 25 y 75 para eliminar datos fuera de rango, ya que existen zonas en el salmón que naturalmente son muy claras o muy oscuras, que no influyen en la decisión de un experto en relación a la coloración. El color es luego medido y se obtiene la componente L^* del color medio medido mediante una transformación no lineal del color RGB descrito en Mery, 2006, León K., Mery D., Pedreschi F., León J. (2006) Color measurement in $L^*a^*b^*$ units from RGB digital images. Food Research International, 39, 1084-1091.

La componente L^* es la que más se asemeja a la valoración del color medido por expertos. En esta etapa las mediciones del equipo en la escala “SalmonFan” son calibradas según operadores humanos expertos con objeto de igualar las mediciones del equipo y los expertos.

Para el despliegue de resultados en línea se utilizan gráficos en el tiempo, histogramas y valor medido, todos mostrados en pantalla según la configuración de usuario. Los gráficos son mostrados según sean analizadas las muestras, y su escala se ajusta automáticamente a los valores que sean arrojados de los análisis.

Otra forma de visualizar resultados es mediante una interfaz Web. En este caso se obtienen histogramas y gráficos en el tiempo de los análisis anteriores (históricos). Principalmente, el acceso a esta interfaz Web es desde un terminal conectado a Internet interna de la empresa o planta. En forma adicional, mediante un sistema de cuentas autorizadas, también es posible configurar la conexión desde cualquier terminal remoto con acceso a internet.

Una característica del sistema y método es que individualiza a todos los objetos analizados, por lo cual cuenta los objetos que pasan por la cinta transportadora, por lo cual puede utilizarse como un contador de objetos que pasan por la cinta transportadora.

REIVINDICACIONES

1. Un método para analizar automáticamente en tiempo real, la calidad de muestras de carnes de pescado procesados en base a su apariencia externa, que circulan a través de una cinta transportadora que permite detectar defectos superficiales y clasificar las carnes según patrones de calidad, CARACTERIZADO porque comprende:
 - a. detectar automáticamente las muestras de carne de pescado procesado sobre la cinta transportadora a través de un método de rastreo;
 - b. capturar imágenes periódicas de la cinta transportadora con el fin de realizar una segmentación de las imágenes capturadas; y
 - c. analizar la imagen capturada para determinar la geometría y color de las muestras de carnes de pescado procesados; contar las muestras de carnes de pescado procesados; y detectar defectos superficiales en las muestras de carne de pescado procesados como hematomas y melanosis.
2. El método según reivindicación 1, CARACTERIZADO porque dicha segmentación de las imágenes capturadas comprende:
 - a. capturar una imagen de alta resolución (1024 x 960 píxeles) de la cinta transportadora y de las muestras de carne de pescado procesado que existan sobre la cinta transportadora;

b. remuestrear la imagen capturada de alta resolución para obtener una imagen de menores dimensiones con el fin de que el procesamiento sea veloz;

c. pre-procesar la imagen capturada remuestreada mediante una transformación lineal de los canales RGB (Red, Green, Blue) para incrementar el contraste entre las muestras de carne de pesado procesado y la cinta transportadora, otorgando una imagen de alto contraste en tonos de gris, es decir mayor a 5% de cambio respecto del rango dinámico de componentes de color o niveles de grises, donde se busca asignar un valor cercano a cien para los pixeles pertenecientes a la muestra de carne de pesado procesado y cercano a cero para los que no pertenecen;

d. segmentar por umbralización la imagen remuestreada pre-procesada, la que produce una imagen binaria donde las muestras de carne de pesado procesado aparecen con un valor, generalmente valor “uno” y la cinta transportadora con otro valor, generalmente “cero”;

e. eliminar las regiones donde las muestras aparezcan parcialmente fuera de la imagen remuestreada binaria, es decir, aquellas donde la región toque el borde de la imagen o queden fuera de una región de interés definida que sea menor a la imagen.

3. El método según reivindicación 2, CARACTERIZADO porque para remuestrear la imagen capturada se utiliza una imagen de dimensiones $W \times H$ la que se transforma a una nueva imagen de dimensiones $w \times h$,

donde se cumple que $W/w = H/h$, y donde el color RGB de cada pixel de la imagen capturada remuestreada es una combinación lineal de los colores RGB de una región de pixeles de la imagen capturada, donde W es el número de pixeles horizontales y H el número de pixeles verticales de la imagen capturada.

4. El método según reivindicación 2, CARACTERIZADO porque para pre-procesar la imagen remuestreada se requiere una etapa previa de configuración de parámetros, para la generación de dos listas.
5. El método según reivindicación 4, CARACTERIZADO porque para la generación de las dos listas se provee, para la primera lista una base de datos que comprende una lista de colores RGB de muestras de carne de pescado que identifican los tipos de tejidos que componen a dicha muestra de carne de pescado procesada; y para la segunda lista una base de datos que comprende una lista de colores RGB de la cinta transportadora.
6. El método según reivindicación 5, CARACTERIZADO porque con estas dos listas se obtiene una subimagen de alto contraste mediante una transformación lineal de los componentes RGB que asigne el valor 100 a los colores que componen la muestra de carne de pescado procesado, y de -100 a los colores de la cinta.
7. El método según reivindicación 2, CARACTERIZADO porque el método de rastreo utiliza dicha segmentación de las imágenes capturas y seguimiento de las muestras encontradas en la imagen remuestreada

segmentada actual basado en las muestras encontradas en las imágenes remuestreadas segmentadas anteriores, el cual se compone de:

- a. un vector de posiciones (x, y) de los centros de área de las regiones de la imagen remuestreada segmentada, donde "x" es el valor de coordenada horizontal medida de izquierda a derecha de la imagen capturada, e "y" el valor de coordenada vertical medida de arriba a abajo en la imagen capturada;
 - b. unas pistas horizontales virtuales creadas y destruidas en forma dinámica (pistas horizontales);
 - c. un vector de posición vertical de los centros de las pistas horizontales; y
 - d. vectores de posición horizontal de seguimiento de muestras en cada pista horizontal.
8. El método según reivindicación 7, CARACTERIZADO porque el número de pistas horizontales al comenzar el proceso es cero.
 9. El método según reivindicación 8, CARACTERIZADO porque al aparecer la primera muestra de carne de pescado procesado en la imagen capturada, aparece como una región en la imagen remuestreada segmentada sólo cuando esté completamente contenida en la imagen capturada.

10. El método según reivindicación 9, CARACTERIZADO porque a dicha región en la imagen remuestreada segmentada, se calcula el centro de área de la región, el cual es almacenado en un vector de posición (x, y) de los centros de área.
11. El método según reivindicación 10, CARACTERIZADO porque se crea una primera pista horizontal correspondiente a una región rectangular de longitud horizontal igual a la longitud horizontal de la imagen remuestreada segmentada, y de longitud vertical preferentemente de 8 pixeles, cuyo centro será la coordenada "y" del centro de área calculado en la región encontrada.
12. El método según reivindicación 11, CARACTERIZADO porque el valor "y" es almacenado en la primera casilla del vector de posición vertical de centros de pistas horizontales, y el valor "x", en la primera casilla del vector de posición horizontal de seguimiento de muestras de carne de pescado procesado.
13. El método según reivindicación 12, CARACTERIZADO porque cada vez que una región aparece en la imagen remuestreada segmentada y además el valor "y" de su centro de área no pertenezca a pista alguna, se creará una nueva pista horizontal.
14. El método según las reivindicaciones 3 y 13, CARACTERIZADO porque una vez asignadas o actualizadas las pistas horizontales para todas las regiones de la imagen remuestreada segmentada, se realiza una búsqueda o barrido en el vector de posición horizontal para seguimiento

de cada pista buscando si un valor "x" sea mayor a $w/2$, es decir, que traspasa el centro de la imagen remuestreada segmentada, es decir, cuando el valor "x" del vector mencionado, para comenzar el análisis de la imagen capturada.

15. El método según la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque para analizar cada muestra de carne de pescado procesado se debe contar con la imagen capturada y las coordenadas de los límites donde se encuentra dicha muestra a analizar.
16. El método según la reivindicación 15, CARACTERIZADO porque analizar cada muestra de carne de pescado procesado comprende realizar una segmentación para conseguir una imagen remuestreada durante el método de rastreo, para separar la muestra de carne de pescado y la cinta transportadora.
17. El método según las reivindicaciones 1 y 16, CARACTERIZADO porque las características geométricas de las muestras de carnes de pescado comprenden el área, el perímetro, el largo y ancho de las muestras de carne de pescado procesado.
18. El método según la reivindicación 17, CARACTERIZADO porque para determinar el área de la muestra de carne de pescado procesado comprende realizar un conteo total de píxeles de dicha muestra.

19. El método según la reivindicación 17, CARACTERIZADO porque para determinar el perímetro de la muestra de carne de pescado procesado comprende realizar un conteo de píxeles del contorno de dicha muestra.
20. El método según la reivindicación 17, CARACTERIZADO porque para determinar el largo y ancho de la muestra de carne de pescado procesado, comprende circunscribir un rectángulo en dicha muestra, identificando el largo de la muestra con la longitud mayor del rectángulo y el ancho de la muestra con la longitud menor del rectángulo .
21. El método según la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque para detectar defectos superficiales en las muestras de carne de pescado comprende identificar en dichas muestras cuatro tipos de tejidos correspondientes a músculo, peritoneo/grasa blanca, grasa café, y hematoma/melanosis.
22. El método según la reivindicación 21, CARACTERIZADO porque se dispuso de un conjunto de entrenamiento compuesto de cuatro listas de colores RGB correspondientes a los cuatro tejidos que son identificados en las imágenes capturadas, donde cada elemento de estas listas tiene tres componentes, correspondientes a los valores R, G y B del color correspondiente al pixel.
23. El método según la reivindicación 22, CARACTERIZADO porque para generar estas listas de colores RGB se dispuso de dicho conjunto de entrenamiento con al menos 30 imágenes típicas de muestras de carne de pescado procesado.

24. El método según la reivindicación 22, CARACTERIZADO porque dicho conjunto de entrenamiento comprende preferentemente 50 imágenes típicas de muestras de carne de pescado procesado.
25. El método según la reivindicación 24, CARACTERIZADO porque dichas imágenes típicas de muestras de carne de pescado procesado comprenden muestras de carne de pescado procesado sano, muestras de carne de pescado procesado con grasa blanca, muestras de carne de pescado procesado sin grasa blanca (peritoneo), muestras de carne de pescado procesado con presencia de defectos y manchas, muestras de carne de pescado procesado sin presencia de defectos y manchas, muestras de carne de pescado procesado con grasa café, y muestras de carne de pescado procesado sin grasa café.
26. El método según la reivindicación 25, CARACTERIZADO porque para obtener dichas imágenes típicas de muestras de carne de pescado procesado comprende:
- a. separan manualmente los tejidos y obtener datos de color y forma de dichos tejidos;
 - b. seleccionar manualmente regiones correspondientes a cada tejido, en dicha imágenes típicas; y
 - c. asignar un identificador a cada tejido y generar las listas de color RGB usando estas regiones.
27. El método según la reivindicación 26, CARACTERIZADO porque para identificar dichos tipos de tejidos se realiza una transformación

matemática cuya entrada son los tres canales de la imagen original (R, G y B) y cuya salida son imágenes de intensidad o tonos de gris, orientadas a formar un alto contraste de un elemento de la imagen en particular, por lo cual existirán tantas imágenes como elementos se quiera discriminar.

28. El método según la reivindicación 27, CARACTERIZADO porque dicha transformación matemática es una transformación lineal del tipo:

$$b = a_1 R + a_2 G + a_3 B + a_4 R^2 + a_5 G^2 + a_6 B^2 + a_7 RG + a_8 RB + a_9 GB + a_{10} \sqrt{R} + a_{11} \sqrt{G} + a_{12} \sqrt{B}$$

donde a_k , $k = 1, \dots, 12$, son calculados en base a estimación de mínimos cuadrados, y donde el valor de b es asignado como 100 ó -100 si el píxel cuyo color RGB corresponde a un tejido en particular o no, respectivamente.

29. El método según la reivindicación 28, CARACTERIZADO porque a partir de la imagen a color RGB se generan "n" subimágenes en intensidad de gris en un solo canal, donde "n" es la cantidad de tejidos a analizar en la muestra de carne de pescado procesado.
30. El método según la reivindicación 29, CARACTERIZADO porque dichas subimágenes se les realiza una umbralización para obtener las regiones correspondientes a cada tejido en las muestras de carne de pescado procesado.
31. El método según la reivindicación 30, CARACTERIZADO porque dicha umbralización comprende los valores para cada tejido que consiste en

valorizar el tejido músculo en valor 10, valor -26 para peritoneo/grasa blanca, valor -20 para grasa café y valor -16 para hematoma/melanosis.

32. El método según la reivindicación 31, CARACTERIZADO porque para evitar zonas traslapadas en las regiones correspondientes a los tejidos se utiliza información cruzada de dichas regiones, para luego mediante análisis morfológico, eliminar de una región sectores muy pequeños o que por las características de las muestras de carne de pescado procesado, la región de tejido encontrada no pertenece al lugar donde típicamente debe encontrarse.
33. El método según la reivindicación 32, CARACTERIZADO porque una vez que las regiones han sido identificadas se generan máscaras para realizar la medición y clasificación de la muestra de carne de pescado procesado, que corresponden a imágenes binarias, de valores 0 y 1, tal que un valor 0 indica que el pixel no corresponde al tejido y 1 indica que sí corresponde a tejido.
34. El método según la reivindicación 33, CARACTERIZADO porque se realiza una superposición de cada máscara generada y la imagen capturada que permiten mediciones geométricas y cromáticas a la muestra de carne de pescado procesado y mediante el reconocimiento de patrones, se obtienen los parámetros que definen los defectos superficiales en las muestras de carne de pescado procesados, como hematomas y melanosis.

35. Un sistema para analizar automáticamente en tiempo real, la calidad de muestras de carnes de pescado procesados en base a su apariencia externa, que circulan a través de una cinta transportadora que permite detectar defectos superficiales y clasificar las carnes según patrones de calidad, CARACTERIZADO porque comprende:

a. un aparato portátil que se ubica sobre una cinta transportadora que trasporta muestras de carne de pescado procesado, que comprende: una cubierta cerrada y aislada del medio circundante, tipo cúpula, ubicada por sobre la cinta transportadora y una estructura base en forma de "L" que permite posicionar la cubierta sobre una cinta transportadora sin intervenirla;

b. medios de almacenamiento y procesamiento de la información para: detectar automáticamente las muestras de carne de pescado procesado sobre la cinta transportadora a través de un método de rastreo; analizar una imagen capturada para determinar la geometría y color de las muestras de carnes de pescado procesado; contar las muestras de carnes de pescado procesados; y detectar defectos superficiales en las muestras de carne de pescado procesados como hematomas y melanos;

c. medios de captura de imágenes para capturar imágenes periódicas de la cinta transportadora;

d. medios de interfaz gráfica de usuario para ingresar parámetros predefinidos y visualizar resultados; y

e. medios de iluminación para maximizar la uniformidad de la intensidad de luz que reciben las muestras de carne de pescado procesado en todo el espacio de la imagen a capturar.

36. El sistema según la reivindicación 35, CARACTERIZADO porque al interior de la cubierta cerrada y aislada se ubica un gabinete que contiene: los medios de almacenamiento y procesamiento de la información; y los medios de captura de imágenes.
37. El sistema según la reivindicación 35, CARACTERIZADO porque al exterior de la cubierta cerrada y aislada se ubican los medios de interfaz gráfica de usuario.
38. El sistema según la reivindicación 35, CARACTERIZADO porque los medios de iluminación comprenden fuentes de luz estables y un difusor de luz para obtener iluminación estable y uniforme en la zona de captura de la imagen.
39. El sistema según la reivindicación 35, CARACTERIZADO porque el aparato portátil además comprende un contrapeso para equilibrar el aparato y ruedas giratorias para su desplazamiento.
40. El sistema según la reivindicación 35, CARACTERIZADO porque las muestras de carne de pescado procesado son filetes de salmón.
41. El sistema según la reivindicación 35, CARACTERIZADO porque las muestras de carne de pescado procesado son filetes de trucha.

1/4

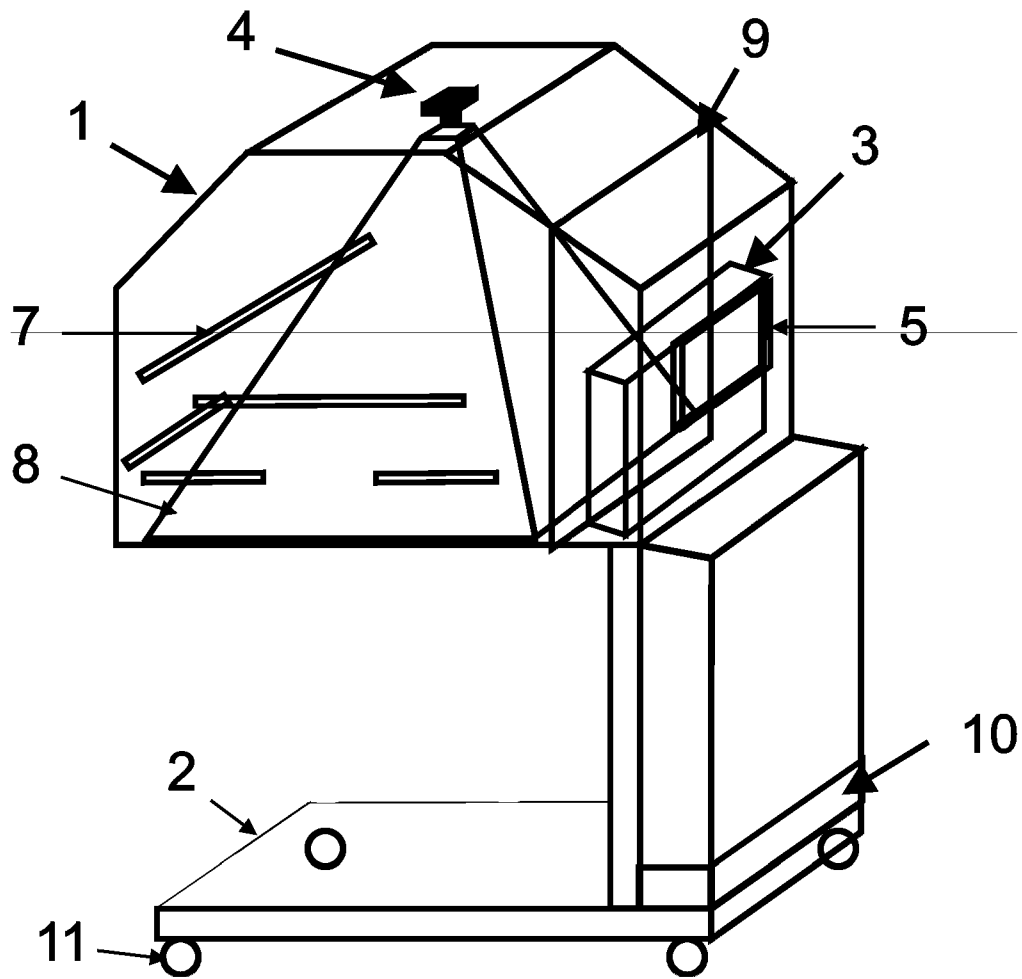


FIGURA 1

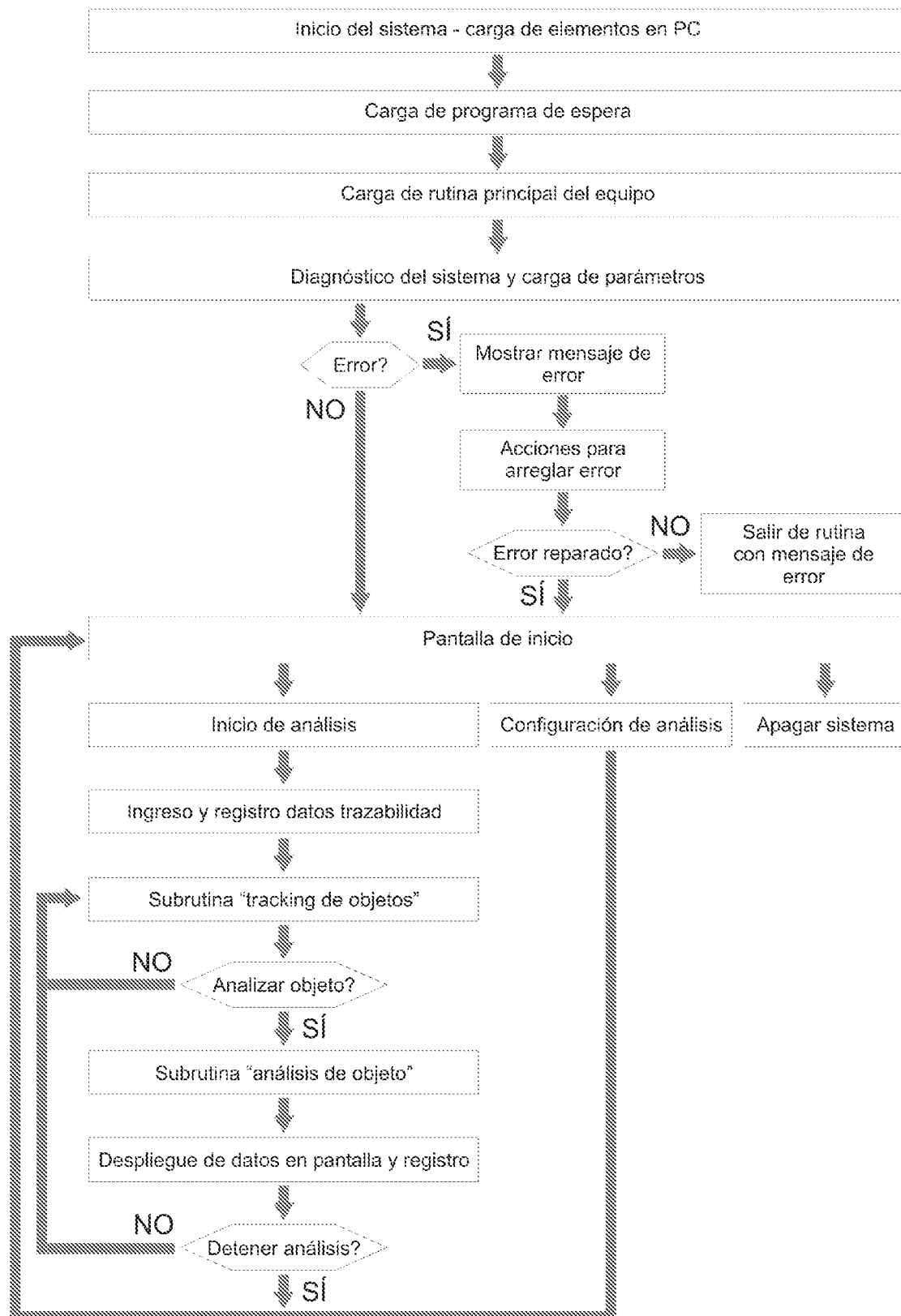


FIGURA 2

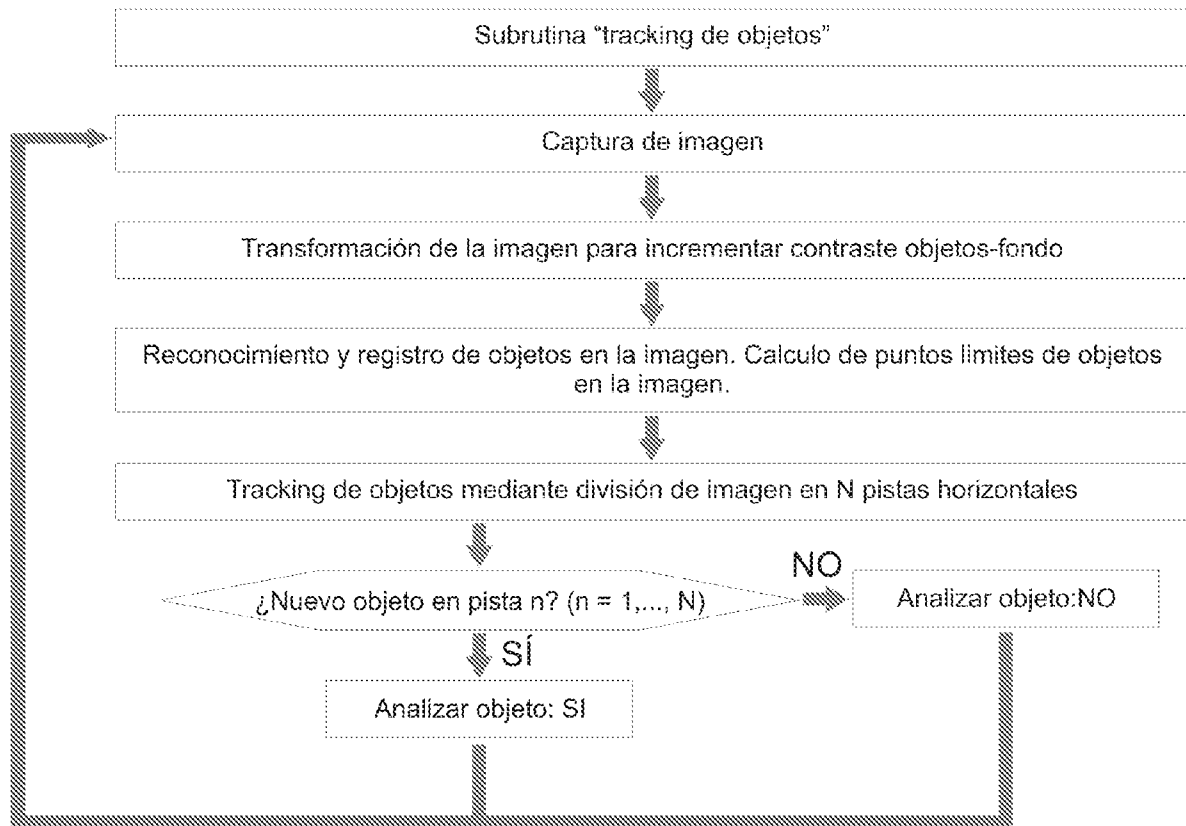


FIGURA 3

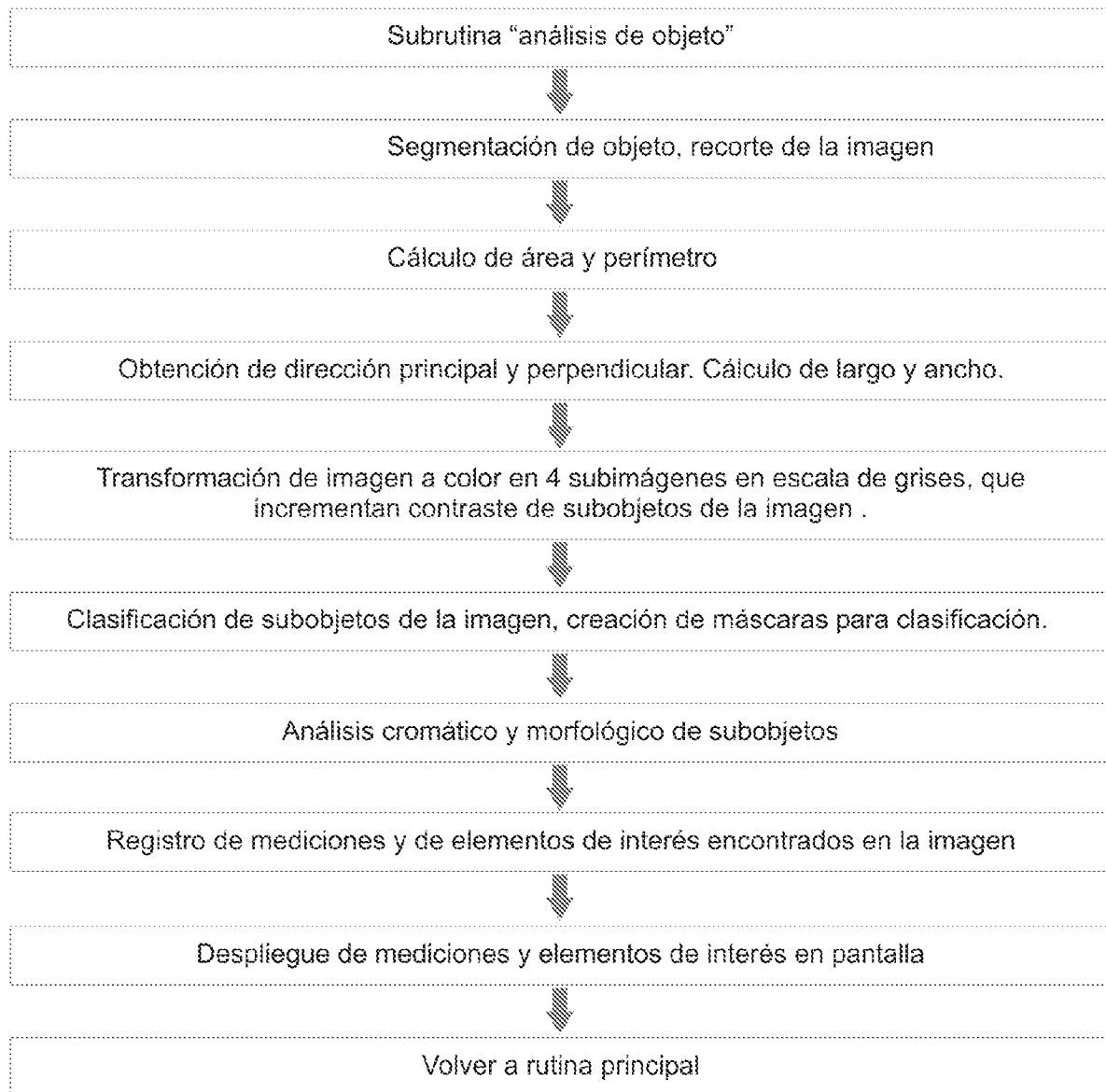


FIGURA 4