

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 422**

51 Int. Cl.:

**A61B 5/00**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2020** **PCT/EP2020/072985**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.02.2021** **WO21032670**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2020** **E 20754277 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024** **EP 4017342**

54 Título: **Identificar una parte del cuerpo**

30 Prioridad:

**20.08.2019 EP 19192688**

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

**23.01.2025**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.00%)**  
**High Tech Campus 52**  
**5656 AG Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**KOOIJMAN, GERBEN;**  
**MASCULO, FELIPE, MAIA;**  
**HEINRICH, ADRIENNE y**  
**FERNANDO, SKAKITH, DEVINDA**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 994 422 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

Identificar una parte del cuerpo

5 Campo de la invención

Esta divulgación se refiere a un dispositivo portátil que se utiliza para realizar una operación de cuidado personal en un sujeto, y en particular se refiere a una técnica para identificar una parte del cuerpo del sujeto sobre la cual se utiliza el dispositivo portátil.

10

Antecedentes de la invención

Existen muchos tipos de dispositivos portátiles que se pueden utilizar en una parte del cuerpo de un sujeto para llevar a cabo una operación de cuidado personal en el cuerpo. Por ejemplo, existen dispositivos portátiles para la eliminación de vellos no deseados utilizando diversas técnicas como el afeitado, la electrólisis, la depilación, las terapias láser y de luz (conocidas como fotodepilación o Luz Pulsada Intensa, IPL) y la inyección de antiandrógenos terapéuticos. Otros tipos de operaciones dermatológicas, que comprenden la reducción del crecimiento del cabello y el tratamiento del acné, también pueden utilizar tecnologías basadas en luz. Los dispositivos portátiles también se pueden utilizar para proporcionar un masaje al sujeto, para proporcionar un tratamiento de uñas, para proporcionar fisioterapia, para aplicar parches al sujeto (por ejemplo, electrodos de electrocardiograma, etc.). Otro tipo de dispositivo portátil que se puede utilizar en una parte del cuerpo es una sonda de ultrasonido. El documento WO 2018/149738 A1 describe un dispositivo de cuidado personal y un procedimiento para operar un dispositivo de cuidado personal.

15

20

25

Un tratamiento IPL está caracterizado porque el usuario del dispositivo IPL trata áreas relativamente pequeñas de la piel con el propósito de la eliminación del vello. El tratamiento IPL utiliza luz intensa para calentar la melanina en el cabello y en las raíces del cabello, lo que pone los folículos pilosos en una fase de reposo, previniendo el nuevo crecimiento del cabello. Este efecto tiene una duración limitada y, por lo tanto, el tratamiento debe repetirse de forma regular: típicamente una vez cada 4 a 8 semanas en la fase de mantenimiento después de un período inicial de aproximadamente dos meses en el que el tratamiento se realiza una vez cada dos semanas.

30

Un dispositivo de tratamiento IPL puede utilizar diferentes configuraciones de intensidad de luz para adaptarse a diferentes combinaciones de tono de piel y color de cabello. Algunos dispositivos de tratamiento IPL existentes, por ejemplo, el Philips Lumea, pueden incluir un sensor de tono de piel para medir el tono de piel, y el tono de piel medido puede ser utilizado para establecer/recomendar la configuración de intensidad de luz más segura. Además, diferentes partes del cuerpo pueden requerir diferentes características de tratamiento. En algunos casos, esto se puede abordar proporcionando y utilizando diferentes accesorios para el dispositivo de tratamiento IPL para su uso en diferentes partes del cuerpo, por ejemplo, para la cara y el área del bikini, pero es recomendable determinar la parte del cuerpo en la que se está utilizando (y/o se ha utilizado) el dispositivo de tratamiento IPL.

35

40

Esta información sobre la parte del cuerpo también es útil en el caso general de un dispositivo portátil para realizar una operación de cuidado personal, y la información puede utilizarse no solo para ajustar el funcionamiento del dispositivo portátil, sino también para guiar al usuario del dispositivo portátil en la realización de la operación de cuidado personal en una parte del cuerpo adecuada o parte de una parte del cuerpo, proporcionando un sumario o informe de la operación de cuidado personal realizada en el sujeto, programando un nuevo tratamiento de una parte del cuerpo y proporcionando contenido personalizado al usuario o sujeto.

45

Por lo tanto, existe la necesidad de mejoras en la identificación de una parte del cuerpo en la que se está utilizando un dispositivo portátil.

50 Resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto específico, se proporciona un procedimiento implementado por ordenador para identificar una parte del cuerpo de un sujeto en la que se utiliza un dispositivo portátil. El dispositivo portátil es para realizar una operación de cuidado personal en el sujeto y el dispositivo portátil que comprende una porción de cabeza para contactar la piel del sujeto durante la operación de cuidado personal. El dispositivo portátil además comprende uno o más sensores para medir un parámetro respectivo y generar señales de medición respectivas mientras el dispositivo portátil se utiliza sobre la piel del sujeto. El/los uno o más sensores que comprende al menos uno de: (a) un sensor de contacto con la piel, y el parámetro medido por el sensor de contacto con la piel es indicativo de si la porción de cabeza está en contacto con la piel, (b) un sensor de tono de piel, y el parámetro medido por el sensor de tono de piel es indicativo de un tono de piel de la piel con la que la porción de cabeza está en contacto, o indicativo de un tono de piel de la piel que está adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto, y (c) un sensor de proximidad, y el parámetro medido por el sensor de proximidad es indicativo de una distancia desde el sensor de proximidad hasta la piel adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto. El procedimiento comprende: obtener una señal de medición respectiva de cada uno de los uno o más sensores, cada señal de medición que comprende una serie temporal de mediciones del respectivo parámetro mientras se utiliza el dispositivo portátil en la piel del sujeto; analizar las una o más señales de medición obtenidas utilizando un modelo de aprendizaje

55

60

65

- automático entrenado, MLM, para identificar la parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil, en el que el MLM entrenado analiza una pluralidad de mediciones en una ventana de tiempo en cada una de las una o más señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo; y emitir una indicación de la parte del cuerpo identificada. Así, el primer aspecto proporciona mejoras en la identificación de partes del cuerpo mediante el uso de
- 5 un MLM entrenado que es capaz de identificar la parte del cuerpo en base a señales de medición de uno o más de un sensor de contacto con la piel, un sensor de tono de piel y un sensor de proximidad. Al analizar una pluralidad de mediciones en una ventana de tiempo en cada una de las señales de medición obtenidas, para identificar la parte del cuerpo, el MLM puede tener en cuenta la información temporal en las señales de medición.
- 10 En algunas realizaciones, el MLM entrenado es un modelo de regresión logística, una máquina de soporte vectorial, un bosque aleatorio, un clasificador de Naive Bayes, un clasificador de vecino más cercano, un clasificador de árbol de decisión, una red neuronal artificial, o cualquier combinación de los mismos.
- 15 En algunas realizaciones, el MLM entrenado analiza una medición en cada una de las una o más señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas mediciones. Estas realizaciones disponen que el MLM proporciona una identidad de la parte del cuerpo para cada muestra de medida en las señales de medición.
- En estas realizaciones, el procedimiento puede además comprender repetir el paso de analizar para una medición subsiguiente en cada una de las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas mediciones subsiguientes. Estas realizaciones permiten que una parte del cuerpo pueda ser identificada de forma continua durante el transcurso de una operación de cuidado personal.
- 20 En una realización, el procedimiento puede además comprender la determinación de valores respectivos de una o más características para la pluralidad de mediciones en la ventana de tiempo en cada una de las señales de medición obtenidas; y el MLM entrenado puede analizar los valores respectivos determinados para identificar la parte del cuerpo.
- 25 En esta realización, el procedimiento puede además comprender: mover la ventana de tiempo a través de las señales de medición obtenidas para proporcionar pluralidades subsiguientes de mediciones; y repetir el paso de analizar utilizando las pluralidades subsiguientes de mediciones para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas pluralidades subsiguientes de mediciones. Estas realizaciones permiten que una parte del cuerpo pueda ser identificada de forma continua durante el transcurso de una operación de cuidado personal.
- 30 En algunas realizaciones, el procedimiento además comprende: repetir el paso de analizar en mediciones subsiguientes en las una o más señales de medición para proporcionar una serie de salidas que indican una parte del cuerpo identificada; y aplicar un filtro a la serie de salidas para determinar una salida final que indica la parte del cuerpo en la que se utilizó el dispositivo portátil. Estas realizaciones proporcionan el beneficio de que las identificaciones espurias de partes del cuerpo pueden ser 'suavizadas' de la salida del MLM.
- 35 En algunas realizaciones, el procedimiento además comprende recibir confirmación de un usuario sobre una parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil durante un primer periodo de tiempo; y actualizar el MLM entrenado en base a la confirmación recibida y la parte de las señales de medición obtenidas correspondientes al primer periodo de tiempo. Estas realizaciones disponen que el MLM puede ser refinado para mejorar la precisión de detección. Estas realizaciones también disponen que el MLM puede ser personalizado o calibrado a la forma de las partes del cuerpo del sujeto.
- 40 En algunas realizaciones, la porción de cabeza del dispositivo portátil se selecciona de un conjunto de porciones de cabeza removibles, donde cada porción de cabeza en el conjunto es para su uso con una parte del cuerpo respectiva o partes del cuerpo respectivas, y el procedimiento además comprende obtener una indicación de la porción de cabeza removable utilizada en el dispositivo portátil durante la operación de cuidado personal, y el MLM entrenado además analiza la indicación obtenida con una o más señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo del sujeto sobre la que se utiliza el dispositivo portátil. Estas realizaciones mejoran la precisión de la identificación de la parte del cuerpo por el MLM utilizando la información sobre la(s) parte(s) del cuerpo que se van a tratar mediante la porción de cabeza removable que está en uso en el dispositivo portátil.
- 45 En algunas realizaciones, uno o más sensores que comprenden un sensor de contacto con la piel y al menos uno de un sensor de tono de piel y un sensor de proximidad, y el paso de análisis comprende: analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel para identificar un periodo de tiempo de contacto en el que el dispositivo portátil está en contacto con la piel; y analizar las una o más señales de medición obtenidas de al menos uno de los sensores de tono de piel y de proximidad para el periodo de tiempo de contacto identificado utilizando el MLM entrenado para
- 50 identificar la parte del cuerpo del sujeto sobre la cual se utiliza el dispositivo portátil en el periodo de tiempo de contacto identificado. Estas realizaciones hacen uso de la suposición de que el dispositivo portátil se mantiene en contacto con la piel mientras opera en una parte del cuerpo particular, rompiéndose el contacto cuando el dispositivo portátil se reubica en una parte del cuerpo diferente.
- 55
- 60
- 65

En estas realizaciones, el paso de analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel puede comprender la identificación del período de tiempo de contacto como un período de tiempo en el que el dispositivo portátil está en contacto continuo con la piel.

5 Alternativamente, en estas realizaciones, el paso de analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel puede comprender la identificación del periodo de tiempo de contacto como abarcando múltiples periodos de tiempo, en cada uno de los cuales el dispositivo portátil está en contacto continuo con la piel, y los múltiples periodos de tiempo están separados por menos de una cantidad umbral de tiempo. Estas realizaciones tienen la ventaja de que se permiten pequeños periodos de tiempo en el que se pierde el contacto con la piel.

10 En algunas realizaciones, el uno o más sensores que comprende al menos un sensor de contacto con la piel y un sensor de tono de piel.

15 En realizaciones alternativas, uno o más sensores que comprende al menos un sensor de contacto con la piel, un sensor de tono de piel y uno o más sensores de proximidad.

20 En algunas realizaciones, el o los sensores comprenden al menos una pluralidad de sensores de proximidad, y la pluralidad de sensores de proximidad están dispuestos en el dispositivo portátil de tal manera que cada sensor de proximidad mide un parámetro indicativo de la distancia desde el sensor de proximidad hasta una parte respectiva de la piel adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto.

En algunas realizaciones, el sensor de contacto con la piel es un sensor capacitivo, el sensor de tono de piel es un sensor óptico, y el sensor de proximidad es un sensor de proximidad en base a luz y/o sonido.

25 En algunas realizaciones, el sensor de proximidad que comprende un sensor láser de emisión de superficie de cavidad vertical (VCSEL).

30 En algunas realizaciones, la parte del cuerpo del sujeto es cualquiera de un pie, una pierna, una pantorrilla, una pierna, un muslo, vientre, torso, pecho, espalda, una mano, un brazo, un antebrazo, un brazo superior, una axila, un hombro, cuello, cara, labio superior, cuero cabelludo o cabeza.

35 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador que tiene código legible por ordenador incorporado en él, el código legible por ordenador estando configurado de tal manera que, al ser ejecutado por un ordenador o procesador adecuado, el ordenador o procesador se ve obligado a realizar el procedimiento de acuerdo con el primer aspecto o cualquier realización del mismo.

40 De acuerdo con un tercer aspecto específico, se proporciona un sistema que comprende un dispositivo portátil para realizar una operación de cuidado personal en un sujeto y un aparato para identificar una parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil. El dispositivo portátil que comprende una porción de cabeza para contactar la piel del sujeto durante la operación de cuidado personal. El dispositivo portátil además comprende uno o más sensores para medir un parámetro respectivo y generar señales de medición respectivas mientras el dispositivo portátil se utiliza sobre la piel del sujeto. El/los uno o más sensores que comprende al menos uno de: (a) un sensor de contacto con la piel, y el parámetro medido por el sensor de contacto con la piel es indicativo de si la porción de cabeza está en contacto con la piel, (b) un sensor de tono de piel, y el parámetro medido por el sensor de tono de piel es indicativo de un tono de piel de la piel con la que la porción de cabeza está en contacto, o indicativo de un tono de piel de la piel que está adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto, y (c) un sensor de proximidad, y el parámetro medido por el sensor de proximidad es indicativo de una distancia desde el sensor de proximidad hasta la piel adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto. El aparato comprende una unidad de procesamiento configurada para: obtener una señal de medición respectiva de cada uno de los uno o más sensores, cada señal de medición comprendiendo una serie temporal de mediciones del respectivo parámetro a medida que el dispositivo portátil se utiliza sobre la piel del sujeto; analizar las una o más señales de medición obtenidas utilizando un modelo de aprendizaje automático entrenado, MLM, para identificar la parte del cuerpo del sujeto sobre la cual se utiliza el dispositivo portátil, en el que el MLM entrenado está configurado para analizar una pluralidad de mediciones en una ventana de tiempo sobre cada una de las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo; y emitir una indicación de la parte del cuerpo identificada. Así, el tercer aspecto proporciona mejoras en la identificación de partes del cuerpo a través del uso de un MLM entrenado que es capaz de identificar la parte del cuerpo en base a señales de medición de uno o más de un sensor de contacto con la piel, un sensor de tono de piel y un sensor de proximidad. Debido a que el MLM entrenado está configurado para analizar una pluralidad de mediciones en una ventana de tiempo en cada una de las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo, el MLM está habilitado para tener en cuenta la información temporal en las señales de medición.

60 En algunas realizaciones, el MLM entrenado es un modelo de regresión logística, una máquina de soporte vectorial, un bosque aleatorio, un clasificador de Naive Bayes, un clasificador de vecino más cercano, un clasificador de árbol de decisión, una red neuronal artificial, o cualquier combinación de los mismos.

65

En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento está configurada para analizar una medición en cada una de las una o más señales de medición obtenidas utilizando el MLM para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas mediciones. Estas realizaciones disponen que el MLM proporciona una identidad de la parte del cuerpo para cada muestra de medida en las señales de medición.

En estas realizaciones, la unidad de procesamiento puede estar configurada adicionalmente para repetir el análisis para una medición posterior en cada una de las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas mediciones posteriores. Estas realizaciones permiten que una parte del cuerpo pueda ser identificada de forma continua durante el transcurso de una operación de cuidado personal.

En una realización, la unidad de procesamiento puede estar configurada además para determinar los valores respectivos de una o más características para la pluralidad de mediciones en la ventana de tiempo en cada una de las señales de medición obtenidas; y la unidad de procesamiento puede estar configurada para analizar los valores respectivos determinados utilizando el MLM para identificar la parte del cuerpo.

En esta realización, la unidad de procesamiento puede configurarse además para: mover la ventana de tiempo a través de las señales de medición obtenidas para proporcionar pluralidades subsecuentes de mediciones; y repetir el análisis utilizando las pluralidades subsecuentes de mediciones para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas pluralidades subsecuentes de mediciones. Estas realizaciones permiten que una parte del cuerpo pueda ser identificada de forma continua durante el transcurso de una operación de cuidado personal.

En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento está configurada además para: repetir el análisis en las mediciones subsiguientes en las una o más señales de medición para proporcionar una serie de salidas que indican una parte del cuerpo identificada; y aplicar un filtro a la serie de salidas para determinar una salida final que indica la parte del cuerpo sobre la que se utilizó el dispositivo portátil. Estas realizaciones proporcionan el beneficio de que las identificaciones espurias de partes del cuerpo pueden ser 'suavizadas' de la salida del MLM.

En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento está además configurada para recibir confirmación de un usuario sobre una parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil durante un primer período de tiempo; y actualizar el MLM entrenado en base a la confirmación recibida y la parte de las señales de medición obtenidas correspondientes al primer período de tiempo. Estas realizaciones disponen que el MLM puede ser refinado para mejorar la precisión de detección. Estas realizaciones también disponen que el MLM puede ser personalizado o calibrado a la forma de las partes del cuerpo del sujeto.

En algunas realizaciones, la porción de cabeza del dispositivo portátil es seleccionada de un conjunto de porciones de cabeza removibles, donde cada porción de cabeza en el conjunto es para su uso con una parte del cuerpo respectiva o partes del cuerpo respectivas, y la unidad de procesamiento está además configurada para obtener una indicación de la porción de cabeza removible utilizada en el dispositivo portátil durante la operación de cuidado personal, y analizar la indicación obtenida utilizando el MLM con las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil. Estas realizaciones mejoran la precisión de la identificación de la parte del cuerpo por el MLM utilizando la información sobre la(s) parte(s) del cuerpo que se van a tratar mediante la porción de cabeza removible que está en uso en el dispositivo portátil.

En algunas realizaciones, uno o más sensores que comprende un sensor de contacto con la piel y al menos uno de un sensor de tono de piel y un sensor de proximidad, y la unidad de procesamiento está configurada para analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel para identificar un periodo de tiempo de contacto en el que el dispositivo portátil está en contacto con la piel; y analizar las una o más señales de medición obtenidas de al menos uno de los sensores de tono de piel y el sensor de proximidad para el periodo de tiempo de contacto identificado utilizando el MLM entrenado para identificar la parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil en el periodo de tiempo de contacto identificado. Estas realizaciones hacen uso de la suposición de que el dispositivo portátil se mantiene en contacto con la piel mientras opera en una parte del cuerpo particular, rompiéndose el contacto cuando el dispositivo portátil se reubica en una parte del cuerpo diferente.

En estas realizaciones, la unidad de procesamiento puede estar configurada para analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel para identificar el período de tiempo de contacto como un período de tiempo en el que el dispositivo portátil está en contacto continuo con la piel.

Alternativamente, en estas realizaciones, la unidad de procesamiento puede estar configurada para analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel para identificar el período de tiempo de contacto como abarcando múltiples períodos de tiempo en cada uno de los cuales el dispositivo portátil está en contacto continuo con la piel, y los múltiples períodos de tiempo están separados por un tiempo inferior a un umbral. Estas realizaciones tienen la ventaja de que se permiten pequeños periodos de tiempo en el que se pierde el contacto con la piel.

En algunas realizaciones, el uno o más sensores que comprende al menos un sensor de contacto con la piel y un sensor de tono de piel.

En realizaciones alternativas, uno o más sensores que comprende al menos un sensor de contacto con la piel, un sensor de tono de piel y uno o más sensores de proximidad.

En algunas realizaciones, el o los sensores comprenden al menos una pluralidad de sensores de proximidad, y la pluralidad de sensores de proximidad están dispuestos en el dispositivo portátil de tal manera que cada sensor de proximidad mide un parámetro indicativo de la distancia desde el sensor de proximidad hasta una parte respectiva de la piel adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto.

En algunas realizaciones, el sensor de contacto con la piel es un sensor capacitivo, el sensor de tono de piel es un sensor óptico, y el sensor de proximidad es un sensor de proximidad en base a luz y/o sonido.

En algunas realizaciones, el sensor de proximidad que comprende un sensor láser de emisión de superficie de cavidad vertical (VCSEL).

En algunas realizaciones, la parte del cuerpo del sujeto es cualquiera de un pie, una pierna, una pantorrilla, una pierna, un muslo, vientre, torso, pecho, espalda, una mano, un brazo, un antebrazo, un brazo superior, una axila, un hombro, cuello, cara, labio superior, cuero cabelludo o cabeza.

En algunas realizaciones, el aparato es parte de, o de otra manera está comprendido en, el dispositivo portátil. En realizaciones alternativas, el aparato es separado del dispositivo portátil.

Estos y otros aspectos serán evidentes y se aclararán con referencia a la(s) realización(es) descrita(s) a continuación.

Divulgación breve de las figuras

Se describirán a continuación realizaciones ejemplares, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a las siguientes figuras, en las que:

La Figura 1 es una ilustración de un dispositivo portátil ejemplar que comprende sensores de contacto con la piel y un sensor de tono de piel;

La Figura 2 es una ilustración de una realización alternativa ejemplar de un dispositivo portátil que comprende sensores de contacto con la piel, un sensor de tono de piel y sensores de proximidad;

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar que comprende un dispositivo portátil para realizar una operación de cuidado personal y un aparato para identificar una parte del cuerpo en el que se utiliza el dispositivo portátil;

La Figura 4 es un gráfico de la precisión de clasificación en base al número de sensores de proximidad utilizados;

La Figura 5(a) es un gráfico de la precisión de clasificación en base a la longitud de un filtro mediano y la Figura 5(b) es un gráfico de la precisión de clasificación en base a la longitud de un filtro de moda;

La Figura 6 es un gráfico que muestra señales de medición ejemplares de sensores de contacto con la piel obtenidas en una fase de recolección de datos de entrenamiento;

La Figura 7 muestra dos diagramas de flujo que ilustran técnicas ejemplares para analizar señales de medición;

La Figura 8 ilustra una estructura ejemplar de un clasificador de bosque aleatorio;

La Figura 9 ilustra una estructura ejemplar de una red neuronal artificial;

Las Figuras 10-13 muestran resultados de clasificación para un clasificador de bosque aleatorio y una red neuronal artificial que son generalizados y personalizados;

La Figura 14 muestra el efecto de la aplicación del filtrado del modo de salida en la precisión de cuatro implementaciones diferentes del modelo de bosque aleatorio;

La Figura 15 es un diagrama de caja de precisión obtenido para una clasificación de bosque aleatorio en el que las señales de medición de contacto con la piel no se corrigen por la variabilidad entre los accesorios;

Las Figuras 16 y 17 son visualizaciones de un árbol de decisión para un modelo de bosque aleatorio personalizado;

y

La Figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar para identificar una parte del cuerpo.

Divulgación detallada de las realizaciones.

Como se mencionó anteriormente, las técnicas que se describen aquí pueden ser utilizadas para identificar una parte del cuerpo en la que se está utilizando un dispositivo portátil y/o se ha utilizado durante una operación de cuidado personal. Las técnicas pueden ser implementadas por el dispositivo portátil (por ejemplo, por una unidad de procesamiento en el dispositivo portátil), o implementadas por una unidad de procesamiento en un aparato separado.

El dispositivo portátil incluye uno o más sensores que miden parámetros respectivos y que generan señales de medición respectivas, y esas señales de medición se analizan utilizando un modelo de aprendizaje automático (MLM) para identificar la parte del cuerpo en el que se está utilizando el dispositivo portátil.

La Figura 1 es una ilustración de un dispositivo portátil ejemplar 2 de acuerdo con ciertas realizaciones que incluye sensores de contacto con la piel y un sensor de tono de piel. El dispositivo portátil 2 es para su uso en el cuerpo de un sujeto (por ejemplo, una persona o un animal), y debe ser sostenido en una o ambas manos de un usuario durante

su uso. El dispositivo portátil 2 está destinado a realizar alguna operación de cuidado personal en el cuerpo del sujeto cuando el dispositivo portátil 2 está en contacto con una parte del cuerpo del sujeto. En algunas realizaciones, el dispositivo portátil 2 está destinado a realizar alguna operación de cuidado personal en la piel del sujeto. Algunas operaciones ejemplares de cuidado personal incluyen, pero no se limitan a, la eliminación de vellos no deseados mediante el afeitado, la electrólisis, la depilación, las terapias láser y de luz (conocidas como fotodepilación o Luz Pulsada Intensa, IPL) y la inyección de antiandrógenos terapéuticos; un tratamiento dermatológico (de la piel), que incluye la reducción del crecimiento del vello, el tratamiento del acné, un tratamiento de fototerapia, la rejuvenecimiento de la piel, el tensado de la piel o el tratamiento de manchas de vino de Oporto; alivio del dolor; proporcionar un masaje; proporcionar un tratamiento de uñas; y proporcionar fisioterapia. El dispositivo portátil 2 podría ser alternativamente para aplicar parches en el cuerpo del sujeto (por ejemplo, electrodos de electrocardiograma (ECG), etc.), o el dispositivo portátil 2 podría ser para realizar una ecografía en la parte del cuerpo.

Como se describe en este documento, el dispositivo portátil 2 es operado o utilizado por un 'usuario', y el dispositivo portátil 2 se utiliza en el cuerpo de un 'sujeto'. En algunos casos, el usuario y el sujeto son la misma persona, es decir, el dispositivo portátil 2 se sostiene en una mano y es utilizado por un usuario sobre sí mismo (por ejemplo, utilizado en la piel de su pierna). En otros casos, el usuario y el sujeto son personas diferentes, por ejemplo, el dispositivo portátil 2 se sostiene en una mano y es utilizado por un usuario sobre otra persona.

El dispositivo portátil 2 que comprende una carcasa 4 que incluye al menos una porción de mango 5 y una porción de cabeza 6. La porción de mango 5 está diseñada para permitir al usuario sostener el dispositivo portátil 2 con una mano. La porción de cabeza 6 está en un extremo de cabeza 8 de la carcasa 4, y la porción de cabeza 6 debe colocarse en contacto con el sujeto para que la operación de cuidado personal se realice sobre el cuerpo o la piel del sujeto en la posición donde la porción de cabeza 6 está en contacto con el cuerpo o la piel.

En la realización ilustrada en la Figura 1, el dispositivo portátil 2 es para realizar una operación de cuidado personal utilizando energía o pulsos de energía (por ejemplo, luz o pulsos de luz). Así, en la Figura 1, la porción de cabeza 6 comprende una abertura 10 que está dispuesta en o sobre la carcasa 4 de manera que la abertura 10 pueda colocarse adyacente a o sobre (es decir, en contacto con) la piel del sujeto. El dispositivo portátil 2 incluye una o más fuentes de energía 12 que son para generar pulsos de energía que se aplicarán a la piel del sujeto a través de la abertura 10 y efectúan una operación de cuidado personal. Una o más fuentes de energía 12 están dispuestas en la carcasa 4 de manera que los pulsos de energía se proporcionan desde una o más fuentes de energía 12 a través de la abertura 10. La abertura 10 puede ser en forma de una apertura en el extremo de cabeza 8 de la carcasa 4, o puede ser en forma de una ventana (incluyendo una guía de onda) que es transparente o semitransparente a los pulsos de energía (es decir, los pulsos de energía pueden atravesar la ventana).

En la realización ejemplar mostrada en la Figura 1, la abertura 10 tiene una forma generalmente rectangular, lo que resulta en una región de tratamiento de la piel de forma generalmente rectangular sobre la piel. Se apreciará que la abertura 10 puede tener cualquier otra forma deseada. Por ejemplo, la abertura 10 puede ser cuadrada, elíptica, circular o de cualquier otra forma poligonal.

Una o más fuentes de energía 12 pueden generar cualquier tipo de energía adecuada para realizar una operación de cuidado personal, por ejemplo, luz, sonido, señales de radiofrecuencia (RF), radiación de microondas y plasma. En el caso de una fuente de energía 12 que genera luz, la fuente de energía 12 puede estar configurada para generar un pulso de luz en cualquier longitud de onda (o rango de longitudes de onda) y/o intensidades adecuadas o deseadas. Por ejemplo, la fuente de energía 12 puede generar luz visible, luz infrarroja (IR) y/o luz ultravioleta (UV). Cada fuente de energía 12 puede comprender cualquier tipo adecuado de fuente de luz, como uno o más diodos emisores de luz (LED), una lámpara de destello (Xenón), un láser o láseres, etc. En una realización preferente, el dispositivo portátil 2 es para realizar fotodepilación, y las fuentes de energía 12 son para proporcionar pulsos de luz intensa. Por ejemplo, la(s) fuente(s) de energía 12 pueden proporcionar pulsos de luz con contenido espectral en el rango de 560-1200 nanómetros (nm) durante aproximadamente 2.5 milisegundos (ms), ya que estas longitudes de onda calientan la melanina en el cabello y la raíz del cabello por absorción, lo que pone los folículos pilosos en una fase de reposo, previniendo el crecimiento del cabello. En el caso de una fuente de energía 12 que genera sonido, la fuente de energía 12 puede estar configurada para generar un pulso de sonido a cualquier longitud de onda (o rango de longitudes de onda) y/o intensidades adecuadas o deseadas. Por ejemplo, la fuente de energía 12 puede ser un transductor ultrasónico.

Las una o más fuentes de energía 12 están configuradas para proporcionar pulsos de energía. Es decir, la(s) fuente(s) de energía 12 están configuradas para generar energía a alta intensidad por una corta duración (por ejemplo, menos de 1 segundo). La intensidad del pulso de energía debe ser lo suficientemente alta para efectuar la operación de tratamiento en la piel o parte del cuerpo adyacente a la abertura 10.

Por supuesto, aunque la realización ilustrada en la Figura 1 es un dispositivo portátil 2 para realizar una operación utilizando energía o pulsos de energía, se apreciará que la porción de cabeza 6 puede ser configurada para proporcionar o realizar otros tipos de operaciones. Por ejemplo, el dispositivo portátil 2 puede ser una afeitadora o una máquina de cortar pelo, en cuyo caso la porción de cabeza 6 puede comprender una o más cuchillas de corte o láminas que permiten que el cabello sea cortado cuando la porción de cabeza 6 está en contacto con la piel. Como otro ejemplo,

el dispositivo portátil 2 puede ser una sonda de ultrasonido que se utiliza para obtener imágenes de ultrasonido. En este ejemplo, la porción de cabeza 6 puede incluir un transductor de ultrasonido para generar ondas de ultrasonido y un receptor de ultrasonido para recibir las ondas de ultrasonido reflejadas desde el interior del cuerpo.

El dispositivo portátil ilustrado 2 también incluye dos sensores de contacto con la piel 14, 16 situados en o en la porción de cabeza 6 que se utilizan para determinar cuándo la porción de cabeza 6 está en contacto con la piel. Los sensores de contacto con la piel 14, 16 miden un parámetro que es indicativo de si la porción de cabeza 6 está en contacto con la piel, y generan señales de medición respectivas (denominadas 'señales de medición de contacto con la piel') que comprenden una serie temporal de mediciones del parámetro. Típicamente, un sensor de contacto con la piel se utiliza en un dispositivo portátil 2, particularmente un fotodepilador, para asegurar que el dispositivo portátil 2 esté correctamente en contacto con la piel antes de que se genere un pulso de luz, para evitar que el pulso de luz se dirija a los ojos del usuario o del sujeto. Como se indica en este documento, una señal de medición de un sensor de contacto con la piel puede ser utilizada para identificar una parte del cuerpo con la que el dispositivo portátil 2 está en contacto.

En algunas realizaciones, el parámetro puede ser la capacitancia, y así, los sensores de contacto con la piel 14, 16 pueden medir la capacitancia a través de un par respectivo de contactos eléctricos o electrodos en la superficie de la porción de cabeza 6, siendo la capacitancia medida indicativa de si hay contacto con la piel. En realizaciones alternativas, el parámetro puede ser una intensidad o nivel de luz, y así los sensores de contacto con la piel 14, 16 pueden ser sensores de luz que miden una intensidad o nivel de luz incidente en el sensor de luz, siendo la intensidad o nivel medido indicativo de si hay contacto con la piel (por ejemplo, menos/nada de luz podría indicar contacto con la piel ya que la piel oculta los sensores de luz 14, 16, y viceversa). En otras realizaciones alternativas, el parámetro puede ser una medida de la presión de contacto, y así los sensores de contacto con la piel 14, 16 pueden medir la presión de contacto a través de respectivos sensores de presión o interruptores mecánicos, siendo la presión de contacto medida indicativa de si hay contacto con la piel.

El dispositivo portátil ilustrado 2 también incluye un sensor de tono de piel 18 situado en o en la porción de cabeza 6 que se utiliza para determinar un tono de piel de la piel con la que la porción de cabeza 6 está en contacto. El sensor de tono de piel 18 mide un parámetro que es indicativo del tono de piel, y genera una señal de medición (denominada "señal de medición de tono de piel") que comprende una serie temporal de mediciones del parámetro. Típicamente, un sensor de tono de piel se utiliza en un dispositivo portátil 2, particularmente un fotodepilador, para asegurarse de que el pulso de luz tenga una intensidad que sea apropiada para el tipo de piel que se está tratando, o incluso para prevenir que se genere un pulso de luz si el tipo de piel es inadecuado para pulsos de luz (por ejemplo, piel más oscura que tiene un contenido de melanina mucho más alto). Como se indica en el presente documento, una señal de medición de un sensor de tono de piel puede ser utilizada para identificar una parte del cuerpo con la que el dispositivo portátil 2 está en contacto.

En algunas realizaciones, el sensor de tono de piel 18 puede ser un sensor de luz y el parámetro medido por el sensor de luz puede ser una intensidad o nivel de luz en una longitud de onda particular o múltiples longitudes de onda reflejadas desde la piel. La intensidad o nivel medido de la luz reflejada en una o varias longitudes de onda puede ser indicativo del tono de piel. La intensidad medida o el nivel de luz reflejada puede basarse en la concentración de melanina en la piel, y así la intensidad medida o el nivel puede indicar la concentración de melanina. La concentración de melanina puede derivarse, por ejemplo, de mediciones de reflexión de luz a longitudes de onda de 660 nm (rojo) y 880 nm (infrarrojo).

El dispositivo portátil ilustrado 2 también incluye un control de usuario 20 que puede ser operado por el usuario para activar el dispositivo portátil 2 de manera que la porción de cabeza 6 realice la operación de cuidado personal requerida en el cuerpo del sujeto (por ejemplo, la generación de un pulso de energía por una o más fuente(s) de energía 12). Alternativamente o, además, el control del usuario 18 puede ser utilizado por el usuario para iniciar las técnicas de identificación de partes del cuerpo que se describen aquí. El control de usuario 20 puede estar en forma de un interruptor, un botón, un panel táctil, etc.

Aunque no se muestra en la Figura 1, la porción de cabeza 6 puede ser formada como un accesorio removible que está destinado para su uso en partes del cuerpo particulares. Los accesorios removibles también se denominan en este documento como porciones de cabeza removibles. Se pueden proporcionar varios accesorios removibles que cada uno tiene una forma respectiva y un tamaño de abertura respectivo, y el accesorio se puede seleccionar para su uso en el dispositivo portátil 2 en base a la parte del cuerpo que se va a tratar. Por ejemplo, se pueden proporcionar diferentes accesorios para su uso en la cara, para su uso en las axilas, para su uso en la línea del bikini y para su uso en general en el cuerpo (por ejemplo, en las áreas de superficie corporal más grandes).

La Figura 2 muestra varias vistas de un dispositivo portátil alternativo ejemplar 32 que incluye sensores de contacto con la piel, un sensor de tono de piel y sensores de proximidad. La Figura 2 muestra una vista frontal del dispositivo portátil 32 (es decir, mirando hacia la porción de cabeza 6), una sección transversal lateral a través del dispositivo portátil 32 y una vista superior del dispositivo portátil 32. La Figura 2 también muestra el campo de visión (FOV) para los sensores de proximidad.



El dispositivo portátil 32 mostrado en la Figura 2 corresponde generalmente al dispositivo portátil 2 mostrado en la Figura 1, y se utilizan los mismos números de referencia para las mismas características y elementos del dispositivo portátil 32 que del dispositivo portátil 2.

Además de los sensores de contacto con la piel 14, 16 y el sensor de tono de piel 18, el dispositivo portátil 32 en la Figura 2 comprende ocho sensores de proximidad 34 dispuestos en o sobre el dispositivo portátil 32 que se utilizan para medir la proximidad o distancia a la piel cercana a la parte de la piel en contacto con la porción de cabeza 6. En implementaciones prácticas, se apreciará que se pueden utilizar más o menos de ocho sensores de proximidad 34 en un dispositivo portátil 32. De hecho, en algunas realizaciones se puede utilizar un solo sensor de proximidad 34. Sin embargo, como se describe en más detalle a continuación, los sensores de proximidad 34 se utilizan para observar o medir la forma (perfil) de la parte del cuerpo alrededor del área de piel con la que está en contacto la porción de cabeza 6, y por lo tanto es preferible que el dispositivo portátil 32 incluya una pluralidad (es decir, al menos dos) de sensores de proximidad 34. Cuantos más sensores de proximidad 34 se utilizan, mayor es la resolución de la forma (perfil) observada o medida de la piel. En la realización mostrada en la Figura 2, los ocho sensores de proximidad 34 están ubicados en el extremo de la cabeza 8 y están dispuestos generalmente de manera uniforme alrededor de la porción de cabeza 6. En la realización ilustrada, cada sensor de proximidad 34 está posicionado en o sobre el extremo de la cabeza 8 de tal manera que el sensor de proximidad 34 está "retraído" de la porción de cabeza 6 (es decir, cada sensor de proximidad 34 está desfasado del plano de la porción de cabeza 6), ya que esto mejora el campo de visión del sensor de proximidad 34, y puede significar que se mide una distancia distinta de cero cuando la porción de cabeza 6 está en contacto con la piel. En realizaciones alternativas, cada sensor de proximidad puede estar posicionado en el mismo plano que (es decir, en plano con) la porción de cabeza 6.

Cada sensor de proximidad 34 mide un parámetro que indica la proximidad de la piel al sensor de proximidad 34, y en particular mide un parámetro que indica la distancia desde el sensor de proximidad 34 hasta la piel adyacente a la piel con la que está en contacto la porción de cabeza 6. Cada sensor de proximidad 34 genera una señal de medición respectiva (denominada 'señal de medición de proximidad') que comprende una serie temporal de mediciones del parámetro.

En algunas realizaciones, cada sensor de proximidad 34 puede medir la distancia en base al tiempo de vuelo de la energía desde una fuente de energía en el sensor de proximidad 34 hasta un sensor de energía en el sensor de proximidad 34 después de reflejarse en una superficie opuesta (es decir, la piel). Por ejemplo, el sensor de proximidad 34 puede incluir una fuente de luz (por ejemplo, una fuente de luz infrarroja (IR) que emite luz IR a aproximadamente 850 nm o una fuente de luz visible) y un sensor de luz que es sensible al menos a la(s) longitud(es) de onda de luz emitida por la fuente de luz, y la proximidad/distancia puede determinarse en base a un análisis del tiempo de vuelo de la luz. Como otro ejemplo, el sensor de proximidad 34 puede incluir una fuente de sonido, como un altavoz, para emitir sonido a una o más frecuencias (por ejemplo, el sonido emitido puede ser ultrasonido) y un sensor de sonido (por ejemplo, micrófono) que es sensible al menos a la/las frecuencia/s de sonido emitidas por la fuente de sonido. La proximidad/distancia se puede determinar en base a un análisis del tiempo de vuelo del sonido.

Se muestra un campo de visión (FOV) 36 para cada uno de los sensores de proximidad 34 en la Figura 2, y el FOV 36 representa el área en el que el sensor de proximidad relevante 34 puede medir una distancia. Por ejemplo, el FOV 36 puede representar las direcciones en las que la luz/el sonido puede ser emitido desde una fuente y/o la dirección en la que el sensor es sensible a la luz/el sonido incidente. Se puede ver que los 8 sensores de proximidad 34 están dispuestos alrededor de la circunferencia de la porción de cabeza 6 de manera que los FOV 36 se superpongan, proporcionando una cobertura completa alrededor de la circunferencia.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar 42 que comprende un dispositivo portátil 2, 32 para realizar una operación de cuidado personal y un aparato 44 para identificar una parte del cuerpo en el que se utiliza el dispositivo portátil 2, 32. El aparato 44 se muestra como parte del sistema 42 que también incluye el dispositivo portátil 2, 32 (por ejemplo, un dispositivo de fotodepilación, un dispositivo de afeitado, máquinas de cortar pelo, etc.). En las realizaciones mostradas en la Figura 3, el aparato 44 es un aparato separado del dispositivo portátil 2, 32, y por lo tanto el aparato 44 puede estar en forma de un dispositivo electrónico, como un teléfono inteligente, reloj inteligente, tableta, asistente digital personal (PDA), ordenador portátil, ordenador de escritorio, espejo inteligente, etc. En otras realizaciones, el aparato 44, y particularmente la funcionalidad según la invención proporcionada por el aparato 44, es parte del dispositivo portátil 2, 32. En otras realizaciones, la funcionalidad de acuerdo con las diversas realizaciones de la invención descritas a continuación se puede dividir entre el dispositivo portátil 2, 32 y un aparato separado 44.

El aparato 44 que comprende una unidad de procesamiento 46 que controla generalmente la operación del aparato 44 y permite que el aparato 44 realice el procedimiento y las técnicas que se describen aquí. En resumen, la unidad de procesamiento 44 recibe señales de medición de uno o más sensores de contacto con la piel 14, 16, un sensor de tono de piel 18 y uno o más sensores de proximidad 34 durante una operación de cuidado personal, y analiza la(s) señal(es) de medición utilizando un modelo de aprendizaje automático entrenado (MLM) para identificar la parte del cuerpo en la que se está utilizando el dispositivo portátil 2, 32.

Así, la unidad de procesamiento 46 puede ser configurada para recibir la(s) señal(es) de medición de otro componente del aparato 44 y, por lo tanto, la unidad de procesamiento 46 puede incluir o comprender uno o más puertos de entrada

u otros componentes para recibir la(s) señal(es) de medición del otro componente. La unidad de procesamiento 46 también puede incluir o que comprende uno o más puertos de salida u otros componentes para comunicarse con otros componentes del aparato 44.

La unidad de procesamiento 46 puede ser implementada de diversas maneras, con software y/o hardware, para realizar las diversas funciones descritas en este documento. La unidad de procesamiento 46 puede comprender uno o más microprocesadores o procesadores de señales digitales (DSP) que pueden ser programados utilizando software o código de programa informático para realizar las funciones requeridas y/o para controlar los componentes de la unidad de procesamiento 46 para llevar a cabo las funciones requeridas. La unidad de procesamiento 46 puede ser implementada como una combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones (por ejemplo, amplificadores, preamplificadores, convertidores analógico-digitales (ADC) y/o convertidores digital-analógicos (DAC)) y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados, controladores, DSP y circuitería asociada) para realizar otras funciones. Ejemplos de componentes que pueden ser empleados en varias realizaciones de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, microprocesadores convencionales, DSP, circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC) y matrices de puertas programables en campo (FPGA).

La unidad de procesamiento 46 puede que comprenda o esté asociada con una unidad de memoria 48. La unidad de memoria 48 puede almacenar datos, información y/o señales (incluidas señales de medición y/o información o código informático que define el MLM entrenado) para ser utilizados por la unidad de procesamiento 46 en el control de la operación del aparato 44 y/o en la ejecución o realización de los procedimientos descritos aquí. En algunas implementaciones, la unidad de memoria 48 almacena código legible por ordenador que puede ser ejecutado por la unidad de procesamiento 46, de modo que la unidad de procesamiento 46 realice una o más funciones, incluyendo los procedimientos descritos aquí. En realizaciones particulares, el código del programa puede estar en forma de una aplicación para un teléfono inteligente, tableta, ordenador portátil u ordenador. La unidad de memoria 48 puede comprender cualquier tipo de medio legible por máquina no transitorio, como caché o memoria del sistema, incluyendo memoria de ordenador volátil y no volátil, como memoria de acceso aleatorio (RAM), RAM estática (SRAM), RAM dinámica (DRAM), memoria de solo lectura (ROM), ROM programable (PROM), PROM borrable (EPROM) y PROM eléctricamente borrable (EEPROM), y la unidad de memoria puede implementarse en forma de un chip de memoria, un disco óptico (como un disco compacto (CD), un disco versátil digital (DVD) o un disco Blu-Ray), un disco duro, una solución de almacenamiento en cinta, o un dispositivo de estado sólido, incluyendo una memoria USB, una unidad de estado sólido (SSD), una tarjeta de memoria, etc.

En la realización mostrada en la Figura 3, como el aparato 44 está separado del dispositivo portátil 2, 32, el aparato 44 también incluye circuitería de interfaz 50 para permitir que el aparato 44 reciba la(s) señal(es) de medición del dispositivo portátil 2, 32. La circuitería de interfaz 50 en el aparato 44 permite una conexión de datos y/o un intercambio de datos con otros dispositivos, incluyendo uno o más de los dispositivos portátiles 2, 32, servidores, bases de datos, dispositivos de usuario y sensores. La conexión al dispositivo portátil 2, 32 (o cualquier otro dispositivo) puede ser directa o indirecta (por ejemplo, a través de Internet), y así la circuitería de interfaz 50 puede permitir una conexión entre el aparato 44 y una red, o directamente entre el aparato 44 y otro dispositivo (como el dispositivo portátil 2, 32), a través de cualquier protocolo de comunicación cableado o inalámbrico deseable. Por ejemplo, la circuitería de interfaz 50 puede operar utilizando WiFi, Bluetooth, Zigbee, o cualquier protocolo de comunicación celular (incluyendo, pero no limitado a, Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), Evolución a Largo Plazo (LTE), LTE-Avanzado, etc.). En el caso de una conexión inalámbrica, la circuitería de interfaz 50 (y, por lo tanto, el aparato 44) puede incluir una o más antenas adecuadas para transmitir/recibir a través de un medio de transmisión (por ejemplo, el aire). Alternativamente, en el caso de una conexión inalámbrica, el circuito de interfaz 50 puede incluir medios (por ejemplo, un conector o enchufe) para permitir que el circuito de interfaz 50 se conecte a una o más antenas adecuadas externas al aparato 44 para transmitir/recibir a través de un medio de transmisión (por ejemplo, el aire). El circuito de interfaz 50 está conectado a la unidad de procesamiento 46.

Aunque no se muestra en la Figura 3, el aparato 44 puede comprender uno o más componentes de interfaz de usuario que incluyen uno o más componentes que permiten a un usuario del aparato 44 introducir información, datos y/o comandos en el aparato 44, y/o permiten que el aparato 44 emita información o datos al usuario del aparato 44. La interfaz de usuario puede comprender cualquier componente(s) de entrada adecuado(s), incluyendo pero no limitado a un teclado, un teclado numérico, uno o más botones, interruptores o perillas, un ratón, un panel táctil, una pantalla táctil, un lápiz óptico, una cámara, un micrófono, etc., y la interfaz de usuario puede comprender cualquier componente(s) de salida adecuado(s), incluyendo pero no limitado a una unidad de visualización o pantalla de visualización, uno o más luces o elementos de luz, uno o más altavoces, un elemento vibrador, etc.

Se apreciará que una implementación práctica de un aparato 44 puede incluir componentes adicionales a los que se muestran en la Figura 3. Por ejemplo, el aparato 44 también puede incluir una fuente de alimentación, como una batería, o componentes para permitir que el aparato 44 se conecte a una fuente de alimentación de red.

El dispositivo portátil 2, 32 mostrado en la Figura 3 incluye uno o más sensores 52 para medir un parámetro respectivo y generar señales de medición respectivas mientras se utiliza el dispositivo portátil 2, 32 sobre la piel del sujeto.

En algunas realizaciones, uno o más sensores 52 que comprenden un sensor de contacto con la piel 14, 16 o una pluralidad de sensores de contacto con la piel 14, 16. En algunas realizaciones, el o los sensores 52 comprenden un sensor de tono de piel 18 o una pluralidad de sensores de tono de piel 18. En algunas realizaciones, uno o más sensores 52 que comprende un sensor de proximidad 34 o una pluralidad de sensores de proximidad 34. En otras realizaciones, uno o más sensores 52 que comprende cualquier combinación de: uno o más sensores de contacto con la piel 14, 16, uno o más sensores de tono de piel 18 y/o uno o más sensores de proximidad 34.

El dispositivo portátil 2, 32 además comprende circuitería de interfaz 54 para transmitir señales desde el dispositivo portátil 2, 32 al aparato 44, incluyendo la(s) señal(es) de medición. La circuitería de interfaz 54 puede ser implementada de acuerdo con cualquiera de las opciones descritas anteriormente para la circuitería de interfaz 50 en el aparato 44 con el fin de comunicarse con la circuitería de interfaz 50 en el aparato 44.

El dispositivo portátil 2, 32 puede además comprender una unidad de procesamiento del dispositivo 56 que generalmente controla la operación del dispositivo portátil 2, 32, por ejemplo, activando y desactivando una porción de cuidado personal para llevar a cabo una operación de cuidado personal. La unidad de procesamiento del dispositivo 56 puede ser implementada de numerosas maneras de acuerdo con cualquiera de las opciones descritas anteriormente para la unidad de procesamiento 46 en el aparato 44.

La unidad de procesamiento del dispositivo 56 puede estar conectada a uno o más sensores 52 y recibe la(s) señal(es) de medición de uno o más sensores 52, por ejemplo, a través de un puerto de entrada a la unidad de procesamiento del dispositivo 56. En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento del dispositivo 56 puede emitir la(s) señal(es) de medición a la circuitería de interfaz 54 para su transmisión al aparato 44 para un procesamiento posterior.

En algunas realizaciones de la Figura 3, el aparato 44 es un teléfono inteligente, una tableta o un espejo inteligente que está ejecutando una aplicación que proporciona la funcionalidad de acuerdo con la invención.

En realizaciones en el que el aparato 44, o la funcionalidad del aparato 44, es parte del dispositivo portátil 2, 32, la unidad de procesamiento del dispositivo 56 puede implementar las funciones de la unidad de procesamiento del aparato 46 para identificar la parte del cuerpo sobre la que se utiliza el dispositivo portátil 2, 32.

Se apreciará que una implementación práctica del dispositivo portátil 2, 32 puede incluir componentes adicionales a los que se muestran en la Figura 3. Por ejemplo, el dispositivo portátil 2, 32 también puede incluir una fuente de alimentación, como una batería, o componentes para permitir que el dispositivo portátil 2, 32 se conecte a una fuente de alimentación de red.

Durante el uso de un dispositivo portátil 2, 32 que tiene uno o más sensores 52, la(s) señal(es) de medición generada(s) por el/los sensor(es) exhibirá(n) patrones únicos (o al menos distinguibles) de acuerdo con la parte del cuerpo en la que se esté utilizando el dispositivo portátil 2, 32 en ese momento. Por lo tanto, se ha reconocido que las técnicas de aprendizaje automático pueden ser utilizadas para identificar estos patrones cuando surgen durante una operación de cuidado personal y emparejarlos con la parte del cuerpo correspondiente, por ejemplo, un pie, una pierna, una parte inferior de la pierna, una porción de cabeza de la pierna, vientre, torso, pecho, espalda, una mano, un brazo, un antebrazo, un brazo superior, una axila, un hombro, cuello, cara, labio superior, cuero cabelludo o cabeza. Los patrones también pueden permitir que se distingan entre sí una parte del cuerpo izquierda o derecha (por ejemplo, la pierna izquierda o derecha).

A un nivel conceptual alto, la identificación de partes del cuerpo basada en los sensores mencionados anteriormente 52 puede entenderse considerando una serie de efectos que diferentes partes del cuerpo pueden tener en las señales de medición de algunos de estos sensores 52.

En primer lugar, la medida en que se puede hacer contacto con la piel entre el dispositivo portátil 2, 32 y la piel del sujeto puede depender de la parte del cuerpo. Por ejemplo, en el labio superior, el contacto de la piel suele ser menor que en otras partes del cuerpo debido a la mayor curvatura del cuerpo. En el caso de un sensor de contacto con la piel en base a capacitancia 14, 16, este contacto inferior con la piel tendrá un efecto en la intensidad de la señal de la señal de capacitancia. Además, la señal de capacitancia depende de las propiedades eléctricas (dieléctricas) de la piel, que pueden variar entre diferentes partes del cuerpo. En particular, la piel está compuesta por capas de tejidos heterogéneos perforados por conductos de aceite y sudor. La concentración de estos conductos y la permeabilidad iónica de los tejidos varían en diferentes partes del cuerpo; por ejemplo, las glándulas sudoríparas son más numerosas en la región de las axilas, y así la respuesta de la señal de capacitancia varía entre las partes del cuerpo.

En segundo lugar, el tono de piel y las propiedades ópticas de la piel en general pueden variar entre diferentes partes del cuerpo, lo que puede afectar la señal de medición de un sensor de tono de piel en base a óptica 18. Además, el grado de contacto con la piel puede afectar la intensidad de la señal de medición del tono de piel.

En tercer lugar, un sensor de proximidad en base a óptica 34 mide la cantidad de luz que se refleja de vuelta en la piel del sujeto. La cantidad de luz recibida depende de factores como la distancia entre el sensor de proximidad 34 y la piel, el 'factor de llenado', es decir, cuánto del FOV 36 está 'llenado' con el cuerpo/piel, el ángulo entre la piel y el FOV

36 del sensor de proximidad 34, y las propiedades ópticas de la piel. Por lo tanto, para cualquier configuración dada de los sensores de proximidad 34, es decir, en términos de la colocación y orientación de los sensores de proximidad 34 con respecto a la porción de cabeza 6 y entre sí, se puede entender que la ubicación y orientación del dispositivo IPL en el cuerpo influye en la combinación de señales de los sensores.

Dado que hay una serie de efectos que diferentes partes del cuerpo pueden tener en las señales de medición de estos sensores 52, se entrena un MLM para identificar las partes del cuerpo a partir de las señales de medición. Este enfoque en base a datos significa que las señales de medición para uno o más sensores 52 se adquieren para una población de sujetos durante una operación de cuidado personal en varias partes del cuerpo diferentes, donde las respectivas partes del cuerpo son conocidas (es decir, anotadas) a lo largo de la operación de cuidado personal. Posteriormente, se puede aplicar un MLM supervisado a estos datos de entrenamiento adquiridos. Esto resulta en un algoritmo de clasificador entrenado desplegable que produce la parte del cuerpo identificada en base a la(s) señal(es) de medición de entrada. El modelo de aprendizaje automático puede ser, por ejemplo, cualquiera de un modelo de regresión logística, una máquina de vectores de soporte, un bosque aleatorio, un clasificador de Naive Bayes, un clasificador de vecino más cercano, un clasificador de árbol de decisión, una red neuronal artificial, o cualquier combinación de los mismos.

En algunas implementaciones del algoritmo de identificación de partes del cuerpo, la parte del cuerpo puede ser identificada de forma continua para cada nueva muestra de medición de uno o más sensores 52. Sin embargo, la precisión de la clasificación puede mejorarse al agregar muestras de medición a lo largo del tiempo e identificar la parte del cuerpo tratada durante un cierto intervalo de tiempo. Esto puede ser útil ya que un usuario típicamente terminará de tratar una parte del cuerpo antes de pasar a la siguiente parte del cuerpo. Los intervalos de tiempo sobre los cuales se pueden agregar muestras de medición podrían ser de longitud fija, por ejemplo, unos pocos segundos. Como alternativa, el intervalo de tiempo durante el cual se agregan las muestras de medición podría ser variable para coincidir con la duración de tiempo que el dispositivo portátil 2, 32 está en contacto con la piel del sujeto (cuando uno o más sensores 52 incluyen un sensor de contacto con la piel 14, 16), y esto se basa en la suposición de que el usuario probablemente levantará el dispositivo portátil 2, 32 de la piel durante una transición entre diferentes partes del cuerpo.

Si las muestras de medición se agregan a lo largo del tiempo, la MLM puede determinar características adicionales ya sea explícitamente mediante el procesamiento de las señales de medición, o implícitamente si, por ejemplo, la MLM es una red neuronal profunda. Ejemplos de tales características podrían ser el valor promedio del parámetro medido por el sensor 52 o la desviación estándar del parámetro medido por el sensor 52, pero se podrían determinar muchas otras características, incluidas las características relacionadas con las propiedades estadísticas del parámetro.

Se presentan a continuación los resultados que demuestran la efectividad de las técnicas mencionadas para identificar partes del cuerpo en relación con un dispositivo portátil 2, 32 en forma de fotodepilador. Los datos de entrenamiento para el MLM se compilaron a partir de 15 participantes femeninas que utilizaron un fotodepilador que tiene dos sensores de contacto con la piel 14, 16, un sensor de tono de piel 18 y 8 sensores de proximidad 34. Cada participante realizó al menos dos sesiones de cuidado personal en las que se trataron consecutivamente las siguientes partes del cuerpo: el brazo, la pierna, el vientre inferior, (una parte denominada 'vientre y zona del bikini'), la línea del bikini, la cara y la axila. Las muestras de medición se adquirieron a lo largo de las operaciones de cuidado personal a una frecuencia de muestreo de 10 Hz, y las señales de medición se anotaron con la parte del cuerpo relevante.

Con las señales de medición adquiridas, se entrenó un MLM en forma de un clasificador de bosque aleatorio para la detección de partes del cuerpo. El clasificador se basa en muestras, es decir, en cada muestra de medición se realiza una estimación instantánea de la parte del cuerpo.

Las Tablas 1-3 a continuación son matrices de confusión que representan el rendimiento del clasificador para tres versiones diferentes del clasificador de bosque aleatorio. Las matrices de confusión indican para cada parte del cuerpo real (correcta) las predicciones realizadas por el clasificador, es decir, la fracción de muestras que el clasificador clasificó como brazo, pierna, etc. Para obtener los resultados mostrados en las matrices de confusión, se utilizó una validación cruzada de dejar uno fuera. Esto significa que para cada sujeto se evalúa el rendimiento del clasificador, siendo el clasificador entrenado con los datos de todos los demás sujetos. Las matrices de confusión muestran los resultados promedio de todos los sujetos, y las diagonales proporcionan la precisión de clasificación para las diferentes partes del cuerpo.

La Tabla 1 es una matriz de confusión para un clasificador de bosque aleatorio en base a las señales de medición de los sensores de contacto con la piel 14, 16 y el sensor de tono de piel 18.

Tabla 1

Predicciones ↓ Realidad	Brazo	Pierna	Vientre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,47	0,34	0,11	0,01	0,04	0,03
Pierna	0,36	0,41	0,18	0,01	0,02	0,02
Vientre y zona del bikini	0,18	0,29	0,48	0,02	0,02	0,01
Línea del bikini	0,02	0,04	0,04	0,84	0,01	0,05

Cara	0,09	0,09	0,02	0,02	0,75	0,03
Axila	0,04	0,07	0,02	0,13	0,02	0,72
Precisión promedio: 0,61						

La Tabla 2 es una matriz de confusión para un clasificador de bosque aleatorio basado únicamente en las señales de medición de los sensores de proximidad 34.

Tabla 2

Predicción→ ↓ Realidad	Brazo	Pierna	Ventre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,65	0,30	0,02	0,00	0,01	0,02
Pierna	0,12	0,74	0,02	0,04	0,01	0,07
Ventre y zona del bikini	0,00	0,02	0,70	0,18	0,01	0,09
Línea del bikini	0,00	0,04	0,33	0,51	0,01	0,11
Cara	0,02	0,04	0,01	0,01	0,93	0,00
Axila	0,01	0,08	0,11	0,11	0,00	0,68
Precisión promedio: 0,70						

La Tabla 3 es una matriz de confusión para un clasificador de bosque aleatorio en base a las señales de medición de los sensores de contacto con la piel 14, 16, el sensor de tono de piel 18 y los sensores de proximidad 34.

Tabla 3

Predicciones Realidad → ↓	Brazo	Pierna	Ventre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,71	0,27	0,01	0,00	0,01	0,00
Pierna	0,15	0,78	0,06	0,00	0,01	0,01
Ventre y zona del bikini	0,00	0,05	0,88	0,04	0,01	0,02
Línea del bikini	0,00	0,01	0,08	0,81	0,01	0,10
Cara	0,02	0,04	0,00	0,01	0,92	0,01
Axila	0,00	0,02	0,04	0,11	0,00	0,83
Precisión promedio: 0,82						

Como se indicó, en promedio, los porcentajes de predicción correcta por el clasificador de bosque aleatorio son del 61 %, 70 % y 82 % respectivamente para las tres versiones del clasificador. Como era de esperar, el rendimiento del clasificador aumenta con el número de sensores evaluados como parte del clasificador.

El aumento en la precisión de clasificación (es decir, el porcentaje de predicción correcta) con el número de sensores de proximidad 8 utilizados además de los sensores de contacto con la piel 14, 16 y el sensor de tono de piel 18 se muestra en la Figura 4. La Figura 4 muestra un gráfico de la precisión de clasificación en base al número de sensores de proximidad 34 utilizados. El gráfico se generó mediante eliminación hacia atrás, es decir, comenzando con las señales de medición de los 8 sensores de proximidad 34, el entrenamiento del clasificador se realiza de manera iterativa omitiendo la señal de medición de proximidad menos significativa en cada siguiente iteración. Así, se puede ver que la precisión de clasificación mejora con el número de sensores de proximidad 34, pero la mejora por cada sensor de proximidad adicional se reduce a medida que se utilizan más sensores de proximidad 34.

Como se discutió anteriormente, la identificación de la muestra por medición de una parte del cuerpo puede ser agregada a lo largo del tiempo para obtener resultados más precisos. Un ejemplo es la aplicación de un filtro mediano sobre la salida del clasificador. En general, el filtrado mediano es conocido en el campo del procesamiento de señales y en este caso particular, el filtro mediano suprime clasificaciones erróneas ocasionales de partes del cuerpo en una ventana de tiempo seleccionada. La trama en la Figura 5(a) muestra la precisión de clasificación en base a la longitud del filtro mediano (medido en segundos, s) para el escenario en el que se utilizan cada uno de los sensores de contacto con la piel 14, 16, el sensor de tono de piel 18 y 8 sensores de proximidad 34. Se puede observar que la precisión aumenta del 82 % cuando no se utiliza un filtro mediano al 88 % cuando se utiliza un filtro mediano de 6 segundos (con un filtro de 6 segundos de longitud significa que la salida del clasificador se agrega a lo largo de un intervalo de tiempo de 6 segundos).

En un ejemplo más preferido, la identificación de la muestra por medición de una parte del cuerpo puede ser agregada a lo largo del tiempo aplicando un filtro de moda sobre la salida del clasificador. Un filtro de moda puede ser preferido sobre un filtro mediano ya que se utiliza para obtener un valor de una variable categórica, es decir, una parte del cuerpo. En general, el filtrado por moda es conocido en el campo del procesamiento de señales y en este caso particular, el filtro de moda suprime las clasificaciones erróneas ocasionales de las partes del cuerpo en una ventana de tiempo seleccionada al emitir la parte del cuerpo que ha sido identificada más veces en la ventana de tiempo. La

gráfica en la Figura 5(b) muestra la precisión de clasificación en base a la longitud del filtro de modo (medida en segundos, s) para el escenario en el que se utilizan cada uno de los sensores de contacto con la piel 14, 16, el sensor de tono de piel 18 y 8 sensores de proximidad 34. Se puede ver que la precisión aumenta del 81.5 % cuando no se utiliza un filtro de modo al 88 % cuando se utiliza un filtro de modo de 9 segundos (lo que significa que, con un filtro de 9 segundos de longitud, la salida del clasificador se agrega durante un intervalo de tiempo de 9 segundos).

En el ejemplo anterior, los datos de entrenamiento para el MLM se adquirieron en una prueba controlada con sujetos. Alternativamente, los datos de entrenamiento pueden ser adquiridos de 'consumidores en el campo' obteniendo la(s) señal(es) de medición de los(s) sensor(es) 52 en los dispositivos portátiles 2, 32 durante las operaciones de cuidado personal, y recibiendo anotaciones de las partes del cuerpo relevantes. La(s) señal(es) de medida pueden estar disponibles para un dispositivo conectado (por ejemplo, el aparato 44), como un teléfono inteligente, y el usuario/sujeto puede utilizar una aplicación en el teléfono inteligente para anotar la(s) señal(es) con la parte del cuerpo relevante.

En algunos casos, incluso una vez que el clasificador (o más generalmente un MLM entrenado) ha sido entrenado y está en uso, se pueden utilizar señales de medición adicionales obtenidas durante el uso del dispositivo portátil 2, 32 para actualizar (volver a entrenar) el clasificador y mejorar la precisión de la clasificación (es decir, debido al aumento del tamaño del conjunto de entrenamiento).

De manera similar (o, además), entrenar o reentrenar el MLM en base a la(s) señal(es) de medición para un sujeto particular permite que el MLM sea personalizado para el sujeto (por ejemplo, personalizado para la forma del cuerpo del sujeto), aumentando así la precisión para ese sujeto. Así, el MLM se puede entrenar con base en la(s) señal(es) de medición obtenida(s) durante una o más operaciones de cuidado personal de 'calibración' realizadas en ese sujeto. Estas operaciones de calibración pueden implicar guiar al usuario para que aplique el dispositivo portátil 2, 32 a partes específicas del cuerpo del sujeto, o alternativamente, el usuario o sujeto podría indicar a través de una interfaz de usuario la parte del cuerpo que está/estuvo tratada.

En el contexto de los resultados anteriores mostrados en las Tablas 1-3, se puede ver el apoyo a la mayor precisión proporcionada por la personalización del MLM a un tema particular cuando se entrena el clasificador de bosque aleatorio y se evalúa el rendimiento mediante la validación cruzada dejando una sesión fuera para cada sujeto individualmente. En promedio, las precisiones del clasificador obtenidas son del 78 % al utilizar solo los sensores de contacto con la piel 14, 16 y un sensor de tono de piel 18, del 78 % al utilizar solo los sensores de proximidad 34, y del 89 % al utilizar los sensores de contacto con la piel 14, 16, el sensor de tono de piel 18 y los 8 sensores de proximidad 34. Al comparar estas fiabilidades con las reportadas anteriormente para el clasificador cuando se entrenó para toda la población de sujetos de prueba (61 %, 70 % y 82 % respectivamente), el aumento en la precisión es claro. Además, así como proporciona una mayor precisión cuando la precisión se promedia entre diferentes sujetos, la variación en la precisión del clasificador entre sujetos es menor cuando el clasificador está personalizado para el sujeto.

A continuación, se presenta una explicación más detallada de la estructura, entrenamiento y rendimiento de un MLM en base a señales de medición de dos sensores de contacto con la piel 14, 16 y un sensor de tono de piel 18 de acuerdo con las técnicas presentadas aquí, con referencia a las Figuras. 6-17.

Los datos de entrenamiento para el MLM se compilaron a partir de 15 participantes femeninas que utilizaron un fotodepilador que tiene dos sensores de contacto con la piel 14, 16 y un sensor de tono de piel 18. Cada participante realizó múltiples sesiones de cuidado personal en las que se trataron consecutivamente las siguientes partes del cuerpo: el antebrazo, la pierna inferior, el vientre inferior (una parte denominada 'vientre y zona del bikini'), la línea del bikini, la cara (labio superior) y la axila. Al tratar estas partes del cuerpo, se utilizó el accesorio removible apropiado en el fotodepilador. Así, se utiliza un accesorio de cuerpo general para la parte inferior de la pierna, el antebrazo y el vientre y zona del bikini, se utiliza un accesorio para la línea del bikini en la línea del bikini, se utiliza un accesorio para la cara en la cara y se utiliza un accesorio para la axila en la axila.

Para recoger las señales de medición, el participante movió el dispositivo sobre su cuerpo y aseguró un contacto adecuado con la piel en cada paso del movimiento. En el fotodepilador utilizado para adquirir las señales de medición, un contacto adecuado está indicado por un indicador luminoso que se ilumina en el fotodepilador, y el funcionamiento del indicador luminoso depende de que las señales de medición de los sensores de contacto con la piel 14, 16 superen un umbral de contacto. En otros escenarios de prueba, un contacto adecuado puede no ser indicado al usuario y/o puede no ser requerido para la recolección de señales de medición adecuadas. Además, el fotodepilador utilizado para adquirir las señales de medición estaba configurado de tal manera que la señal de medición del sensor de tono de piel 18 solo se adquiría cuando los sensores de contacto con la piel 14, 16 indicaban un contacto adecuado con la piel (es decir, cuando las señales de medición de contacto con la piel superaban el umbral). La cantidad de tiempo que se utilizó el dispositivo portátil 2, 32 en cada parte del cuerpo fue variable y determinada por el participante, aunque se proporcionaron instrucciones de que cada parte del cuerpo debería ser cubierta tanto como fuera posible, y también se indicó un tiempo mínimo de tratamiento deseado de aproximadamente 40 segundos a 1 minuto (dependiendo del área del cuerpo). La parte del cuerpo en la que se utilizó el dispositivo portátil 2, 32 fue indicada por el participante, por lo que las señales de medición adquiridas están anotadas con el nombre de la parte del cuerpo relevante.

La trama en la Figura 6 muestra señales de medición ejemplares de los sensores de contacto con la piel 14, 16 obtenidas en la fase de recolección de datos de entrenamiento mencionada anteriormente para las partes del cuerpo: brazo, pierna, vientre y zona del bikini, línea del bikini, cara y axila. Para facilitar la ilustración, se han omitido en la Figura 6 partes de las señales de medición que no se relacionan con una parte del cuerpo etiquetada (por ejemplo, partes de las señales de medición que corresponden a donde el dispositivo portátil 2, 32 fue levantado del cuerpo y reposicionado en una parte del cuerpo diferente).

La Tabla 4 a continuación proporciona una visión general del número de muestras de medición utilizables obtenidas por sujeto (participante), por sesión y por parte del cuerpo. Las muestras de medición utilizables se derivan de la señal de medición de contacto con la piel del sensor de contacto con la piel 14 (denominado SDS 1) después de la corrección por sesgo, de la señal de medición de contacto con la piel del sensor de contacto con la piel 16 (denominado SDS2) después de la corrección por sesgo, y de la señal de medición del tono de piel del sensor de tono de piel 18 (denominado STSS) que se correlaciona con el tono de piel y que se deriva de la intensidad de reflexión medida relacionada con la luz roja (660nm), denominada STSRed, que se corrige por luz de fondo, y de la intensidad de reflexión medida relacionada con la luz infrarroja (880nm), denominada STSIR, que se corrige por luz de fondo. En una implementación práctica en el que la operación de cuidado personal involucra la generación de pulsos de luz que causan un aumento en la temperatura del dispositivo portátil 2, 32, o en implementaciones donde la temperatura del dispositivo portátil 2, 32 cambia de otra manera durante la operación de cuidado personal, también es útil corregir STSRed y STSIR para la temperatura del dispositivo portátil 2, 32. Se observará en la Tabla 4 que para dos sesiones no se obtuvieron muestras, esto se debe a una falla en la adquisición de datos en esa sesión.

Tabla 4

Asunto	Sesión	Número de muestras						
		Brazo	Pierna	Vientre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila	Total
1	1	337	432	390	194	145	268	1766
	2	293	416	366	332	346	202	1955
2	1	316	342	297	278	245	207	1685
	2	308	424	280	324	230	232	1798
	3	300	408	287	291	302	255	1843
	4	320	395	242	263	265	257	1742
3	1	318	381	241	0	299	522	1761
	2	431	357	481	330	294	391	2284
	3	368	401	454	0	303	408	1934
4	1	485	1059	459	331	364	260	2958
	2	575	876	446	370	390	278	2935
5	1	528	680	339	347	278	344	2516
	2	0	0	0	0	0	0	0
6	1	785	953	400	403	404	473	3418
	2	458	589	443	303	0	0	1793
7	1	632	528	438	326	351	422	2697
	2	554	485	388	419	365	361	2572
8	1	591	2270	375	373	409	132	4150
	2	674	1118	397	260	234	176	2859
9	1	253	275	126	69	121	81	925
	2	0	0	0	0	0	0	0
10	1	367	436	281	273	217	272	1846
	2	328	391	317	281	266	287	1870
11	1	506	588	353	250	325	270	2292
	2	595	688	399	336	359	387	2764
12	1	303	397	195	225	109	249	1478
	2	297	348	250	166	92	246	1399
13	1	351	464	191	258	86	244	1594
	2	256	354	277	205	117	261	1470
14	1	494	426	322	275	247	238	2002
	2	292	373	431	218	264	315	1893
15	1	881	1240	610	265	213	632	3841
	2	884	1469	693	286	207	442	3981
Total		14080	19563	11168	8251	7847	9112	70021

En lo siguiente, se evalúa una clasificación de partes del cuerpo 'por muestra' así como una clasificación basada en 'características temporales' en las señales de medición. Los diagramas de flujo en la Figura 7 muestran cómo se analizan las señales de medición en los dos casos, siendo la Figura 7(a) relativa a una clasificación por muestra y la Figura 7(b) relativa a una clasificación de características temporales. Los pasos que son comunes a ambos procedimientos están etiquetados con el mismo número de referencia.

En ambos procedimientos, se obtienen las señales de medición SDS1, SDS2, STSRed, STSIR y STSS (paso 101) y se corrigen por sesgo o luz de fondo según sea apropiado. En el paso 103, las señales de medición del sensor de contacto con la piel SDS1 y SDS2 se corrigen para el accesorio que se utilizó en el fotodepilador. En particular, al menos una parte de los sensores de contacto con la piel 14, 16 están ubicados en el accesorio removible (por ejemplo, los electrodos) y, por lo tanto, la sensibilidad de los sensores de contacto con la piel 14, 16 puede depender del tipo de accesorio utilizado debido a las diferencias físicas en los electrodos o placas capacitivas en los diferentes accesorios. En algunas realizaciones, el dispositivo portátil 2, 32 puede detectar el tipo de accesorio que está conectado al dispositivo portátil 2, 32, por ejemplo, en base a información (por ejemplo, una señal) obtenida del accesorio removible cuando está conectado, y hacer la corrección o ajuste apropiado. Esta corrección debido al accesorio se describe con más detalle a continuación.

Posteriormente, para la clasificación 'por muestra' mostrada en la Figura 7(a), se filtran las muestras de medición para las cuales el SDS1 y SDS2 están por encima del umbral de contacto con la piel (paso 105) y se alimentan al clasificador (algoritmo/modelo de aprendizaje automático entrenado) - paso 107.

Como era de esperar, cuando se utilizan las muestras de medición para las cuales SDS1 y SDS2 están por debajo del umbral de contacto con la piel en la clasificación, la precisión de la clasificación se reduce. Esto se debe a que las señales de medición de contacto con la piel son bastante similares (y cercanas a 0) para diferentes partes del cuerpo cuando no hay contacto con la piel.

En el paso 107, el clasificador toma una muestra de medición y, en base a eso, emite, a la misma tasa de muestreo, una muestra que indica la parte del cuerpo (paso 109). En el procedimiento de la Figura 7(a), cualquier comportamiento temporal de las señales de medición que pueda correlacionarse con la parte del cuerpo tratada no puede ser tenido en cuenta.

El rendimiento de clasificación se puede aumentar agregando la muestra de salida utilizando filtrado por moda. Así, la muestra que indica la parte del cuerpo identificada por el clasificador se proporciona posteriormente a un paso de filtrado de realización, paso 111, y se aplica una ventana deslizante a la salida del algoritmo de aprendizaje automático entrenado. Se determina y se presenta como la parte del cuerpo identificada final en el paso 113 la realización (es decir, la parte del cuerpo que ocurre con mayor frecuencia en la ventana deslizante). Se debe notar que una muestra que representa la parte del cuerpo identificada final puede todavía ser emitida a la misma tasa a la que se introducen las muestras de medición si el filtrado de moda utiliza una ventana deslizante de 'una muestra por vez'. El aumento en el rendimiento al usar filtrado de moda se debe a que la parte del cuerpo tratada en realidad no cambia rápidamente. Así, el clasificador solo tiene que identificar la parte del cuerpo correcta la mayor parte del tiempo, y, por lo tanto, se filtran las clasificaciones erróneas ocasionales de la parte del cuerpo.

Para la clasificación basada en 'características temporales' mostrada en la Figura 7(b), después del paso 103, se aplica un proceso de filtrado diferente (bloque 115), y no se aplica filtrado/umbral de contacto con la piel. En el paso 117 del bloque 115, se aplica una ventana deslizante a las señales de medición de entrada para seleccionar un subconjunto de las muestras de medición. Dependiendo del modelo de aprendizaje automático que se utilice, ya sea en el paso 119 del bloque 115 se alimentan directamente las muestras de medición en la ventana de entrada deslizante al algoritmo de aprendizaje automático en el paso 107, o en el paso 121 del bloque 115 se calculan características a partir de las muestras de medición en la ventana de entrada deslizante y se alimentan al algoritmo de aprendizaje automático en el paso 107. En la siguiente discusión, el MLM puede ser una red neuronal artificial en cuyo caso se aplica el paso 119 (por lo que las muestras de medición se alimentan directamente al MLM), o el MLM puede ser un bosque aleatorio en cuyo caso se aplica el paso 121, y se calculan una pluralidad de características a partir de las muestras de medición en la ventana de entrada deslizante. Los pasos 107-113 de la Figura 7(b) son los mismos que el enfoque de clasificación por muestra en la Figura 7(a). Así, se aplica un filtrado del modo de salida a la salida del algoritmo de aprendizaje automático entrenado para obtener la parte final del cuerpo de salida.

Como se mencionó anteriormente, para la clasificación se emplean dos modelos de aprendizaje automático supervisado diferentes: un bosque aleatorio y una red neuronal (artificial). Ambos modelos son capaces de modelar funciones de transferencia no lineales complejas.

Un clasificador de bosque aleatorio es un conjunto de árboles de decisión 70, como se muestra en la Figura 8. Cada árbol de decisión 70 consiste en nodos de decisión 72 en los que se realiza una comparación simple entre uno de los valores de características de entrada (por ejemplo, mínimo) y un número. Al recorrer todos los nodos de decisión 72, eventualmente se alcanza un nodo final 74 que corresponde a una clasificación de salida (por ejemplo, una parte del cuerpo identificada) para el árbol de decisión 70. Como un único árbol de decisión 70 tiende típicamente a "sobreajustar" los datos, se pueden entrenar múltiples árboles de decisión 70 y utilizarlos para mitigar esto. Aquí, para el entrenamiento de un solo árbol de decisión 70, las muestras de medición se muestrean aleatoriamente con reemplazo (lo que se conoce como remuestreo con reemplazo). Además, se utiliza un subconjunto aleatorio de las características de entrada (por ejemplo, mínimo) en cada nodo de decisión 72. La salida 76 del bosque aleatorio se puede obtener como la moda (es decir, la salida que más ocurre) de los árboles de decisión 70. Una ventaja de usar un clasificador de bosque aleatorio es que hay un número relativamente bajo de características que se pueden/necesitan ajustar, y que la salida del bosque aleatorio es relativamente insensible a estas características.



Además, se puede obtener fácilmente una visión del 'proceso de decisión' de un clasificador de bosque aleatorio entrenado simplemente visualizando los árboles de decisión, y así se puede deducir fácilmente la importancia relativa de las características de entrada. Para los resultados discutidos más adelante, se han utilizado implementaciones de un bosque aleatorio tanto en Matlab (clase `TreeBagger`) como en Python (clase `sklearn.ensemble.RandomForestClassifier`).

Una red neuronal artificial 80 como se muestra en la Figura 9 consiste en nodos 82 (o neuronas) dispuestos en una capa de entrada 84, una o más capas ocultas 86, y una capa de salida 88. Cada nodo 82 en la capa de entrada 84 representa un valor de entrada respectivo, que en este caso es una parte respectiva en ventana de SDS1, SDS2, STSRed, STSIR o STSS, y cada nodo 82 en la capa de salida 88 representa una de las diferentes clases, que en este caso son las partes del cuerpo. En una red completamente conectada, como se muestra en la Figura 9, las líneas que salen de cada nodo 82 en una capa están conectadas a cada uno de los nodos 82 en las capas vecinas. En un pase hacia adelante, cada neurona 82 en una capa oculta 86 toma una combinación lineal de los valores de los nodos 82 en la capa anterior 84/86, introduce esto en una función de activación y emite la activación a los nodos 82 en la siguiente capa. Las activaciones se propagan de esta manera hasta la capa de salida 88. En la capa de salida 88, se selecciona la neurona 82 con la mayor activación como la parte del cuerpo predicha. El objetivo al entrenar la red neuronal artificial es aprender los pesos para las combinaciones lineales en cada nodo 82 que resulten en la menor disparidad entre la parte del cuerpo predicha y la parte del cuerpo real. Para lograr esto, la capa de salida 88 puede ser comparada con los valores esperados y los pesos pueden ser adaptados utilizando descenso de gradiente. La adaptación puede ser retropropagada a través de cada capa, resultando en un paso hacia atrás. Los pasos hacia adelante y hacia atrás pueden repetirse múltiples veces hasta que los pesos converjan a sus valores finales. Para los resultados discutidos más adelante, se utiliza Tensorflow en un entorno de programación Python para la red neuronal artificial.

Para la estimación del rendimiento de los MLM aplicados como se establece a continuación, se ha aplicado la validación cruzada. Esto significa que el MLM se entrena solo con una parte de los datos de entrenamiento mostrados en la Tabla 4 arriba. Esta parte de los datos de entrenamiento se denomina "conjunto de entrenamiento". El rendimiento predictivo del MLM entrenado se evalúa posteriormente utilizando el resto de los datos de entrenamiento (es decir, los que son 'no vistos' en el entrenamiento del modelo). Esta otra parte de los datos de entrenamiento se refiere como el 'conjunto de prueba'. En el análisis actual se ha utilizado la validación cruzada de dejar uno fuera en dos esquemas diferentes.

El primer esquema es un modelo generalizado en el que se emplea una validación cruzada de "dejar uno fuera". Esto significa que el MLM se entrena utilizando los datos de 14 de los 15 sujetos. El MLM entrenado se utiliza posteriormente para obtener predicciones para el sujeto cuyas señales de medición no se utilizaron en el entrenamiento. Este procedimiento se lleva a cabo para cada sujeto por separado (así, 15 veces). De esta manera, se obtienen 'predicciones del modelo de prueba' para todos los sujetos. El rendimiento del MLM entrenado se puede evaluar en toda la población del estudio. Por ejemplo, la fracción de muestras de medición clasificadas correctamente se puede calcular teniendo en cuenta todas las muestras de medición de todos los sujetos. El rendimiento por sujeto también se puede evaluar para tener una idea de la variación de sujeto a sujeto. Este primer esquema es relevante cuando se utiliza un clasificador de aprendizaje automático de 'talla única para todos' para la detección de partes del cuerpo.

El segundo esquema es un modelo personalizado en el que para cada sujeto por separado se emplea una validación cruzada de "dejar una sesión fuera". Así, por cada sesión de cuidado personal de un sujeto, se obtienen 'predicciones de prueba' utilizando un MLM entrenado con los datos de las otras sesiones de cuidado personal de ese mismo sujeto. El rendimiento de la predicción puede ser evaluado posteriormente por sujeto y/o para toda la población del estudio. Este enfoque es relevante para investigar la viabilidad de emplear un MLM adaptado a un sujeto específico. La desventaja de tal implementación es que se necesita realizar un procedimiento de calibración: es decir, para entrenar el clasificador para un sujeto individual, se tendrían que obtener datos de una o más sesiones de cuidado personal en las que se conozca el área del cuerpo tratada. Sin embargo, el rendimiento de clasificación es generalmente mejor que para una implementación generalizada.

Cabe señalar que no se ha considerado la validación cruzada de muestra aleatoria, que es una validación cruzada donde al azar se utiliza una fracción de muestras (a través de sujetos y/o sesiones) como el conjunto de entrenamiento y la otra fracción se utiliza como el conjunto de prueba. Para un MLM generalizado, esto daría una estimación inexacta del rendimiento, ya que las señales de medición para cada sujeto estarán en parte en el conjunto de entrenamiento, y por lo tanto no se realiza la prueba en un nuevo sujeto que "no se ha visto antes". Para un clasificador personalizado, las posibles variaciones entre las sesiones de cuidado personal que afectan el rendimiento predictivo no se cubren al aplicar una validación cruzada de muestra aleatoria.

La Tabla 5 a continuación muestra un resumen de las precisiones de clasificación obtenidas para los diferentes MLM. Aquí, para cada sujeto, la precisión de clasificación se calcula como el porcentaje de muestras clasificadas correctamente (así para todas las partes del cuerpo). Posteriormente, se toma el promedio y la desviación estándar de estos valores, que se indican en la Tabla 5. Los resultados se obtienen con la aplicación de filtrado en modo de salida (paso 111 de las Figuras 7(a) y 7(b)) teniendo una longitud de ventana que está optimizada para el rendimiento de clasificación. La longitud de esta ventana está entre aproximadamente 50 y 100 muestras de medición,

dependiendo de la validación aplicada, el modelo de aprendizaje automático y los procedimientos de procesamiento. El efecto del filtrado del modo de salida en la precisión media es del 5 % en todos los casos. Para el procesamiento de características temporales se aplica una longitud de ventana de entrada de aproximadamente 50 muestras (paso 117).

Tabla 5

Validación	Procedimiento de aprendizaje automático	Procesamiento	Precisión de clasificación, promedio $\pm$ desviación estándar
Generalizado	Bosque Aleatorio	Por muestra	(70 $\pm$ 17) %
		Características temporales	(71 $\pm$ 16) %
	Red Neuronal	Por muestra	(76 $\pm$ 8) %
		Características temporales	(75 $\pm$ 7) %
Personalizado	Bosque Aleatorio	Por muestra	(84 $\pm$ 9) %
		Características temporales	(89 $\pm$ 7) %
	Red Neuronal	Por muestra	(86 $\pm$ 9) %
		Características temporales	(84 $\pm$ 11) %

Se puede ver en la Tabla 5 que los modelos personalizados tienen una precisión media de un 10 a un 15 % más alta que los modelos generalizados. Además, los modelos personalizados normalmente ofrecen una menor variación en la precisión, aunque en base a los valores de desviación estándar, esto no es evidente en todos los casos. Sin embargo, los resultados más detallados se discuten a continuación.

Principalmente para los modelos generalizados, la red neuronal presenta un rendimiento mejor que el del bosque aleatorio (un 5 % mejor). Sin embargo, esto se debe principalmente a un mejor rendimiento en la identificación de la axila, como se discutirá a continuación. Para los modelos generalizados, la red neuronal y el bosque aleatorio funcionan de manera más similar, con algunas ventajas del bosque aleatorio en el procesamiento de características temporales.

La precisión de clasificación parece ser similar para el procesamiento de características por muestra y temporal, excepto para el modelo de bosque aleatorio personalizado, para el cual el procesamiento de características temporales proporciona una mayor precisión.

Se muestran resultados más detallados para la clasificación en Figuras. 10-13 para el bosque aleatorio generalizado (Figura 10), la red neuronal generalizada (Figura 11), el bosque aleatorio personalizado (Figura 12) y la red neuronal personalizada (Figura 13). En estas figuras, para cada parte del cuerpo se indica la distribución de las precisiones obtenidas para los diferentes sujetos mediante un diagrama de caja. Además, la distribución sobre la precisión 'promediada de partes del cuerpo' por sujetos está indicada por el diagrama de caja etiquetado como 'promedio'. El diagrama de caja (a) en cada una de las Figuras. 10-13 se relaciona con la precisión obtenida al utilizar procesamiento por muestra, y el diagrama de caja (b) en cada una de las Figuras. 10-13 se relaciona con la precisión obtenida al utilizar el procesamiento de características temporales.

Se puede observar que, para la línea del bikini, la cara y las axilas, la precisión suele ser la más alta, mientras que, para el brazo, la pierna y el área del vientre y zona del bikini, la precisión es notablemente más baja. Esto es más evidente para los modelos de redes neuronales. Cabe señalar que la línea del bikini, la cara y la axila pueden ser (y fueron cuando se obtuvieron las señales de medición de entrenamiento) tratadas con su propio accesorio dedicado en el dispositivo portátil 2, 32, mientras que el brazo, la pierna y el vientre y zona del bikini se tratan utilizando un accesorio general para el cuerpo. Como se mencionó anteriormente, la sensibilidad de los sensores de contacto con la piel 14, 16 puede depender del tipo de accesorio, y esto se ha corregido en los resultados mostrados. Por lo tanto, la clasificación basada en el tipo de accesorio en lugar de la parte del cuerpo ha sido descartada tanto como sea posible. La presencia de un sesgo en la precisión de clasificación debido al tipo de accesorio (es decir, cuando no se realiza una corrección para la sensibilidad del sensor de contacto con la piel) se discute más adelante.

Para los modelos generalizados se puede ver en las Figuras 10-13 que la variación de precisión es muy grande, especialmente para el brazo, la pierna y el vientre y zona del bikini. En general, para los modelos personalizados, la variación de precisión es mucho menor, con una precisión mínima del 50 % posible para todas las partes del cuerpo/sujetos con el modelo de características temporales de bosque aleatorio (excepto por algunos valores atípicos).

El efecto de la aplicación del filtrado del modo de salida en el paso 111 (que se utiliza para llegar a los resultados discutidos anteriormente) en los modelos de bosque aleatorio se demuestra mediante los gráficos en la Figura 14. Cada gráfico muestra la precisión de clasificación promedio en base a la longitud de la ventana de filtrado del modo de salida. La Figura 14(a) se relaciona con el modelo generalizado con procesamiento por muestra, la Figura 14(b) se relaciona con el modelo generalizado con procesamiento de características temporales, la Figura 14(c) se relaciona

con el modelo personalizado con procesamiento por muestra, y la Figura 14(d) se relaciona con el modelo personalizado con procesamiento de características temporales. En general, se puede obtener un aumento en la precisión del 4 al 7 % al aumentar la longitud de la ventana de 50 a 150 muestras. Para los modelos de red neuronal se obtienen resultados similares.

Las Tablas 6-13 muestran las matrices de confusión para los 15 sujetos en el modelo de bosque aleatorio generalizado, el modelo de red neuronal generalizada, el bosque aleatorio personalizado y el modelo de red neuronal personalizada, tanto para el procesamiento por muestra como para el procesamiento de características temporales. Las matrices de confusión representan para cada parte del cuerpo real (a lo largo de las filas de las tablas) la fracción de muestras para las cuales una parte del cuerpo específica es salida por el clasificador (a lo largo de las columnas de las tablas). La diagonal de cada tabla proporciona la precisión de clasificación para las diferentes partes del cuerpo.

Tabla 6

Predicción→ ↓ Realidad	Brazo	Pierna	Ventre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,57	0,01	0,08	0,00	0,00	0,34
Pierna	0,00	0,78	0,06	0,13	0,00	0,03
Ventre y zona del bikini	0,21	0,03	0,56	0,00	0,05	0,15
Línea del bikini	0,00	0,02	0,01	0,96	0,00	0,01
Cara	0,05	0,04	0,06	0,00	0,85	0,0
Axila	0,42	0,00	0,16	0,00	0,02	0,39
Precisión promedio: 0,70						

La Tabla 6 muestra la matriz de confusión para el clasificador de bosque aleatorio generalizado con procesamiento por muestra.

Tabla 7

Predicción→ ↓ Realidad	Brazo	Pierna	Ventre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,50	0,41	0,07	0,0	0,01	0,01
Pierna	0,22	0,64	0,13	0,0	0,01	0,01
Ventre y zona del bikini	0,11	0,38	0,45	0,03	0,0	0,03
Línea del bikini	0,0	0,01	0,0	0,99	0,0	0,0
Cara	0,0	0,01	0,0	0,0	0,99	0,0
Axila	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	0,97
Precisión promedio: 0,76						

La Tabla 7 muestra la matriz de confusión para el clasificador de red neuronal generalizada con procesamiento por muestra.

Tabla 8

Predicción→ ↓ Realidad	Brazo	Pierna	Ventre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,68	0,03	0,05	0,02	0,01	0,22
Pierna	0,01	0,88	0,01	0,01	0,01	0,08
Ventre y zona del bikini	0,04	0,00	0,79	0,01	0,03	0,13
Línea del bikini	0,01	0,16	0,00	0,83	0,00	0,00
Cara	0,01	0,01	0,00	0,00	0,97	0,01
Axila	0,06	0,01	0,06	0,00	0,01	0,86
Precisión promedio: 0,84						

La Tabla 8 muestra la matriz de confusión para el clasificador de bosque aleatorio personalizado con procesamiento por muestra.

Tabla 9

Predicción→ ↓ Realidad	Brazo	Pierna	Ventre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,61	0,28	0,05	0,0	0,01	0,05
Pierna	0,06	0,86	0,07	0,0	0,01	0,01
Ventre y zona del bikini	0,07	0,12	0,74	0,01	0,0	0,06
Línea del bikini	0,0	0,02	0,0	0,98	0,0	0,0
Cara	0,0	0,01	0,0	0,0	0,99	0,0
Axila	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,99
Precisión promedio: 0,86						

La Tabla 9 muestra la matriz de confusión para el clasificador de red neuronal personalizada con procesamiento por muestra.

Tabla 10

Predicción→ Realidad ↓	Brazo	Pierna	Vientre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,65	0,00	0,03	0,00	0,00	0,32
Pierna	0,02	0,69	0,08	0,08	0,03	0,10
Vientre y zona del bikini	0,15	0,05	0,46	0,00	0,09	0,24
Línea del bikini	0,01	0,05	0,01	0,90	0,01	0,02
Cara	0,00	0,00	0,05	0,01	0,93	0,01
Axila	0,26	0,00	0,09	0,01	0,01	0,62
Precisión promedio: 0,71						

La Tabla 10 muestra la matriz de confusión para el clasificador de bosque aleatorio generalizado con procesamiento de características temporales.

Tabla 11

Predicción→ Realidad ↓	Brazo	Pierna	Vientre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,30	0,56	0,08	0,0	0,04	0,01
Pierna	0,1	0,74	0,14	0,0	0,01	0,0
Vientre y zona del bikini	0,02	0,32	0,58	0,03	0,03	0,02
Línea del bikini	0,0	0,0	0,0	0,90	0,0	0,1
Cara	0,0	0,01	0,0	0,0	0,99	0,0
Axila	0,0	0,01	0,0	0,02	0,01	0,96
Precisión promedio: 0,75						

La Tabla 11 muestra la matriz de confusión para el clasificador de red neuronal generalizada con procesamiento de características temporales.

Tabla 12

Predicción → ↓ Actual	Brazo	Pierna	Vientre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,77	0,00	0,01	0,03	0,00	0,19
Pierna	0,01	0,94	0,01	0,03	0,00	0,00
Vientre y zona del bikini	0,02	0,01	0,87	0,00	0,00	0,10
Línea del bikini	0,00	0,11	0,02	0,86	0,00	0,01
Cara	0,00	0,01	0,00	0,01	0,98	0,00
Axila	0,03	0,00	0,04	0,02	0,01	0,91
Precisión promedio: 0,89						

La Tabla 12 muestra la matriz de confusión para el clasificador de bosque aleatorio personalizado con procesamiento de características temporales.

Tabla 13

Predicción→ Realidad ↓	Brazo	Pierna	Vientre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,65	0,25	0,06	0,0	0,02	0,03
Pierna	0,07	0,83	0,05	0,0	0,03	0,07
Vientre y zona del bikini	0,08	0,08	0,78	0,01	0,01	0,04
Línea del bikini	0,0	0,0	0,0	0,97	0,0	0,03
Cara	0,01	0,01	0,0	0,03	0,95	0,00
Axila	0,01	0,03	0,03	0,01	0,00	0,93
Precisión promedio: 0,85						

La Tabla 13 muestra la matriz de confusión para el clasificador de bosque aleatorio generalizado con procesamiento de características temporales.

Como se mencionó anteriormente, para algunos dispositivos portátiles 2, 32, partes del cuerpo como el brazo, la pierna y el vientre y zona del bikini pueden ser tratadas utilizando un accesorio corporal general en el dispositivo portátil 2, 32 que no es específico para esas partes del cuerpo, mientras que otras partes del cuerpo como la línea del bikini, la cara y la axila pueden ser tratadas utilizando su propio accesorio dedicado. Para los sensores de contacto con la piel 14, 16 que se basan en capacitancia, pueden existir diferencias sistemáticas en la respuesta entre la parte del sensor de contacto con la piel presente en el accesorio debido a diferencias en las dimensiones y/o la cantidad de metal

utilizado. Además, se puede esperar una variación aleatoria tanto para los sensores de contacto con la piel como para los sensores de tono de piel debido a la reproducibilidad de la fabricación.

Al obtener los resultados discutidos anteriormente, se han corregido las diferencias sistemáticas en la sensibilidad del sensor de contacto con la piel entre diferentes accesorios. Las correcciones se basan en pruebas de la respuesta de los sensores de contacto con la piel para diferentes accesorios al ser puestos en contacto con cobre. Estos resultados se muestran en la Tabla 14 a continuación.

Tabla 14

Accesorio	Valor de respuesta promedio - contacto completo con cobre	
	SDS1	SDS2
Cuerpo	64,4	61,6
Línea del bikini	57,7	53,4
Cara	52,5	44,7
Axila	56,3	52,0

Se puede observar en la Tabla 14 que, además de una diferencia sistemática entre los tipos de accesorios, también hay una diferencia sistemática entre SDS1 y SDS2 (es decir, respuesta SDS1 > respuesta SDS2). En los resultados de clasificación presentados arriba, las señales de medición de contacto con la piel se dividen por las sensibilidades dadas en la Tabla 14.

La matriz de confusión que se muestra en la Tabla 15 a continuación y el diagrama de caja de precisión en la Figura 15 muestran el efecto de no corregir la sensibilidad del sensor de contacto con la piel dependiente del accesorio para la clasificación de bosque aleatorio personalizado con procesamiento por muestra, para ilustrar el posible efecto del sesgo de accesorio. Así, el MLM se entrena utilizando datos de entrenamiento en los que las señales de medición de contacto con la piel no se corrigen por la variabilidad del sensor de contacto con la piel entre los accesorios, y la validación también se realiza con señales de medición de contacto con la piel sin corregir.

Tabla 15

Predicción→ ↓ Realidad	Brazo	Pierna	Vientre y zona del bikini	Línea del bikini	Cara	Axila
Brazo	0,66	0,02	0,04	0,01	0,00	0,27
Pierna	0,01	0,94	0,00	0,01	0,01	0,03
Vientre y zona del bikini	0,03	0,00	0,83	0,00	0,01	0,13
Línea del bikini	0,00	0,15	0,00	0,84	0,00	0,00
Cara	0,01	0,01	0,00	0,00	0,96	0,02
Axila	0,08	0,00	0,05	0,00	0,01	0,86
Precisión promedio: 0,84						

Una comparación de los resultados mostrados en la Tabla 15 y la Figura 15 con los resultados mostrados en la Tabla 8 y la Figura 12 (que utilizaron señales de medición de contacto con la piel corregidas), muestra que el rendimiento general de clasificación no se ve mucho afectado.

Como se mencionó anteriormente, es posible obtener una visión del principio de funcionamiento de un modelo de bosque aleatorio al visualizar sus árboles de decisión. Las Figuras 16 y 17 muestran tal visualización de uno de los árboles de decisión para los modelos de bosque aleatorio personalizados basados en las señales de medición de los sensores de contacto con la piel 14, 16 y el sensor de tono de piel 18. El árbol de decisión ejemplar en la Figura 16 se basa en señales de medición de contacto con la piel que no han sido corregidas por las variaciones en la respuesta del sensor debido al uso de diferentes accesorios, mientras que el árbol de decisión ejemplar en la Figura 17 se basa en señales de medición de contacto con la piel que han sido corregidas por las variaciones en la respuesta del sensor debido al uso de diferentes accesorios. Cada árbol de decisión incluye los nodos de decisión y las características y valores de características correspondientes que se utilizan para tomar decisiones de clasificación. Así, cada nodo está etiquetado con una señal de medición (es decir, SDS1, SDS2, STSRed, STSIR o STSS) para indicar qué señal de medición se evalúa como parte de ese nodo de decisión, y un valor de característica o condición para una rama particular que se seguirá hasta el siguiente nodo. Por ejemplo, para el primer nodo en la Figura 16, se evalúa SDS1, y si el valor es mayor que 77.50 se toma la rama de la derecha, y si el valor es igual o menor que 77.50 entonces se toma la rama de la izquierda. En las Figuras 16 y 17 el flujo a través del árbol de decisiones para cada clase de parte del cuerpo (es decir, brazo, pierna, vientre y zona del bikini, etc.) está representado por un tono respectivo de gris.

Como se muestra en la Figura 16, se toma una primera decisión (en la porción de cabeza del árbol) basada en la señal SDS1. Esta decisión separa principalmente las clases brazo, pierna y vientre y zona del bikini (que principalmente progresan por el lado derecho del árbol de decisión) de las clases línea del bikini, cara y axila (que principalmente progresan por el lado izquierdo del árbol de decisión). Se puede ver que después del primer nodo de decisión, la clasificación adicional se basa principalmente en las señales STS.

Para el caso con la corrección del accesorio de las señales de medición de contacto con la piel en la Figura 17, se puede ver a partir de las primeras 'capas' de nodos de decisión que la clasificación se basa principalmente en las señales de medición del tono de piel (STSSRed, STSSIR y STSS).

- 5 Así, en ambos ejemplos, se puede ver que el modelo de bosque aleatorio identifica principalmente la parte del cuerpo en base a las señales de medición del tono de piel.

10 El diagrama de flujo en la Figura 18 ilustra un procedimiento ejemplar de acuerdo con las técnicas que se describen aquí para identificar una parte del cuerpo en la que se está utilizando un dispositivo portátil 2, 32. Uno o más de los pasos del procedimiento pueden ser realizados por la unidad de procesamiento 46 en el aparato 44, en conjunto con la unidad de memoria 48 y la circuitería de interfaz 50 del aparato 44, y/o uno o más sensores 52, según corresponda. La unidad de procesamiento 46 puede realizar uno o más pasos en respuesta a la ejecución de código de programa informático que puede estar almacenado en un medio legible por ordenador, como, por ejemplo, la unidad de memoria 48.

15 En el paso 201, la unidad de procesamiento 44 obtiene una señal de medición respectiva de cada uno de los uno o más sensores 52. Como se mencionó anteriormente, cada sensor 52 mide un parámetro respectivo mientras se utiliza el dispositivo portátil sobre la piel del sujeto, y el sensor 52 genera una señal de medición que comprende una serie temporal de mediciones del parámetro respectivo. Además, como se mencionó anteriormente, uno o más sensores que comprenden al menos uno de un sensor de contacto con la piel 14, 16, un sensor de tono de piel 18 y un sensor de proximidad 34.

20 En algunas realizaciones, uno o más sensores 52 que comprende al menos un sensor de contacto con la piel 14, 16. En algunas realizaciones, uno o más sensores 52 que comprende al menos un sensor de tono de piel 18. En algunas realizaciones, uno o más sensores 52 que comprende al menos un sensor de proximidad 34. En algunas realizaciones, el o los sensores 52 comprenden al menos un sensor de contacto con la piel 14, 16 y un sensor de tono de piel 18. En algunas realizaciones, uno o más sensores 52 comprenden al menos un sensor de contacto con la piel 14, 16, un sensor de tono de piel 18 y uno o más sensores de proximidad 34. En algunas realizaciones, los uno o más sensores 52 comprenden al menos una pluralidad de sensores de proximidad 34. La pluralidad de sensores de proximidad 52 puede estar dispuesta en o sobre el dispositivo portátil 2, 32 de tal manera que cada sensor de proximidad 34 mida una distancia desde el sensor de proximidad 34 hasta una parte respectiva de la piel adyacente a la piel con la que está en contacto la porción de cabeza 6.

25 En un ejemplo, el sensor de proximidad 34 que comprende un sensor láser de emisión de superficie de cavidad vertical (VCSEL). Los sensores VCSEL son conocidos y utilizados, entre otros, para la medición de distancia y velocidad. Se aplican en, por ejemplo, teléfonos inteligentes y dispositivos de entrada de ordenador, como un ratón óptico de alta gama. La medición de distancia puede basarse en una técnica de tiempo de vuelo, según la cual se utiliza un VCSEL pulsado como fuente de luz y la distancia se deriva del tiempo transcurrido entre la emisión del pulso de luz por la fuente de luz y la detección de la luz reflejada por el sensor. Otra técnica es la interferencia de auto-mezcla (SMI), que se basa en la interferencia en la cavidad láser VCSEL con fotones láser coherentes dispersados de vuelta desde el objetivo. Mediante la modulación específica de la corriente de conducción del VCSEL, se puede determinar la velocidad y la distancia de un objetivo en la dirección del haz del láser. Además del uso de las mediciones de distancia por los sensores VCSEL para la detección de partes del cuerpo, como se describe en detalle aquí antes, las señales de salida de los sensores VCSEL también se pueden utilizar para medir el desplazamiento del dispositivo portátil 2, 32 con respecto a la piel del usuario. La medición de desplazamiento permite guiar al usuario durante el tratamiento para mejorar la cobertura del tratamiento y minimizar los puntos de tratamiento omitidos. Para la medición de desplazamiento, los sensores VCSEL deben ser típicamente tales que el movimiento (cuasi) 2D en el plano paralelo a la ventana de tratamiento del dispositivo portátil 2, 32 sea detectado de manera óptima. Así, el uso de los sensores VCSEL permite utilizar solo un tipo de sensor para habilitar tanto la detección de partes del cuerpo como la medición de desplazamiento.

30 Cada señal de medición obtenida en el paso 201 incluye una pluralidad de mediciones relacionadas con el sujeto durante una ventana de tiempo. En el paso 201, la unidad de procesamiento 46 puede obtener la(s) señal(es) de medición directamente del sensor respectivo 52 o indirectamente del sensor respectivo 52 (por ejemplo, a través de la circuitería de interfaz 50 y la circuitería de interfaz 54). En estas realizaciones, la unidad de procesamiento 46 puede ser capaz de procesar la(s) señal(es) de medición o muestras de medición a medida que se reciben (por ejemplo, en tiempo real o casi en tiempo real) para identificar la parte del cuerpo con la que el dispositivo portátil 2, 32 está en contacto en tiempo real. Alternativamente, la(s) señal(es) de medición pueden haber sido obtenidas previamente y almacenadas en la unidad de memoria 48, en cuyo caso en el paso 201 la unidad de procesamiento 46 puede recuperar la(s) señal(es) de medición de la unidad de memoria 48.

35 En el paso 203, la unidad de procesamiento 46 analiza las una o más señales de medición obtenidas en el paso 201 utilizando un MLM entrenado para identificar la parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil 2, 32. El MLM entrenado está configurado para analizar la pluralidad de mediciones en la ventana de tiempo en cada una de las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo.

En el paso 205, la unidad de procesamiento 46 emite una indicación de la parte del cuerpo identificada. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 46 puede emitir la identidad de la parte del cuerpo identificada. La indicación de la parte del cuerpo identificada puede ser salida por la unidad de procesamiento 46 a través de una interfaz de usuario, por ejemplo, a un usuario o al sujeto, y/o la indicación de la parte del cuerpo identificada puede ser salida por la unidad de procesamiento 46 en forma de una señal a través de la circuitería de interfaz 50 a otro dispositivo o aparato electrónico, como un ordenador, laptop, servidor, etc., o incluso al dispositivo portátil 2, 32. En el último caso, el dispositivo portátil 2, 32 puede utilizar la identidad de la parte del cuerpo para ajustar un parámetro operativo del dispositivo portátil 2, 32, como la longitud de corte/afeitado del cabello, la intensidad del pulso de luz, etc.

En varias realizaciones, el MLM entrenado puede ser un modelo de regresión logística, una máquina de vectores de soporte, un bosque aleatorio, un clasificador de Naive Bayes, un clasificador de vecino más cercano, un clasificador de árbol de decisión, una red neuronal artificial o una combinación de los mismos.

Se apreciará que las partes del cuerpo que pueden ser identificadas por el MLM dependerán de la información (datos de entrenamiento) utilizada para entrenar el MLM. Como ejemplo, el MLM puede ser capaz de identificar la parte del cuerpo del sujeto como cualquiera de un pie, una pierna, una parte inferior de la pierna, una porción de cabeza de la pierna, un vientre, un torso, un pecho, una espalda, una mano, un brazo, un antebrazo, un brazo superior, una axila, un hombro, un cuello, una cara, un labio superior, un cuero cabelludo o una cabeza. Como otro ejemplo, si los datos de entrenamiento solo incluyeron anotaciones para pie, pierna, brazo, vientre, cabeza, entonces el MLM solo puede proporcionar una salida indicando una de estas partes del cuerpo.

El paso 203 se puede repetir para proporcionar más indicaciones de la parte del cuerpo con la que el dispositivo portátil 2, 32 está en contacto. Las repeticiones del paso 203 pueden basarse en una(s) muestra(s) de medición adicional(es) en la(s) señal(es) de medición obtenida(s) en el paso 201 (en cuyo caso el paso 201 puede no repetirse), o el paso 203 puede basarse en nuevas mediciones (por ejemplo, señal(es) de medición obtenida(s) recientemente, o muestra(s) de medición obtenida(s) recientemente tras una repetición del paso 201).

En algunas realizaciones, el paso 203 puede repetirse para cada medición (muestra de medición) en las señales de medición obtenidas, de modo que el MLM proporciona una indicación de la parte del cuerpo para cada medición (muestra de medición). En realizaciones en el que uno o más sensores 52 que comprende al menos un sensor de contacto con la piel 14, 16, el MLM entrenado puede ser utilizado únicamente para identificar la parte del cuerpo cuando la señal de medición del sensor de contacto con la piel 14, 16 indica que hay contacto con la piel, por ejemplo, cuando la magnitud del parámetro medido por el sensor de contacto con la piel 14, 16 está por encima de un umbral. En ese caso, el paso 203 solo puede llevarse a cabo si hay contacto con la piel, o las señales de medición solo pueden ser introducidas en el MLM si hay contacto con la piel.

En otras realizaciones, en el paso 203 (y repeticiones del paso 203) el MLM entrenado puede identificar la parte del cuerpo del sujeto en base a un análisis temporal de la(s) señal(es) de medición. En estas realizaciones, una porción de cada una de las señales de medición (donde una porción es más de una muestra de medida por señal de medición) puede ser introducida en el MLM, y el MLM opera sobre las muestras de medida en la porción. La porción puede ser determinada aplicando una ventana deslizante a cada señal de medición y las mediciones (muestras de medición) en la ventana se introducen en el MLM. El MLM proporciona una indicación de la parte del cuerpo identificada para cada conjunto de mediciones que se introducen en el MLM. Para las repeticiones del paso 203, la ventana deslizante se mueve a través de la(s) señal(es) de medición (por ejemplo, se mueve a lo largo de uno o más muestras) para identificar un nuevo conjunto de muestras de medición que deben ser ingresadas en el MLM.

En las realizaciones anteriores, la porción de cada señal de medición puede ser introducida directamente en el MLM. En realizaciones alternativas, la(s) porción(es) pueden ser analizadas para determinar valores para una o más características, y estos valores de características se introducen en el MLM en el paso 203. Las características pueden ser un valor promedio del parámetro medido por el sensor 52, la desviación estándar del parámetro medido por el sensor 52, y/o otras características relacionadas con las propiedades estadísticas del parámetro que se determinan a partir de las muestras de medición en la ventana deslizante.

En realizaciones en el que el paso 203 se repite para proporcionar una serie de salidas que indican una parte del cuerpo identificada, las salidas pueden ser 'suavizadas' para mejorar la precisión de la identificación de la parte del cuerpo, es decir, las identificaciones espurias de partes del cuerpo pueden ser filtradas. Así, en algunas realizaciones se puede aplicar un filtro de modo a la serie de salidas del MLM para determinar la salida final identificada como la parte del cuerpo que ocurre con mayor frecuencia en el conjunto de salidas. En algunas realizaciones, se puede aplicar una ventana deslizante al conjunto de salidas, y el filtro de modo se puede aplicar a las salidas en la ventana.

En algunas realizaciones, el MLM puede ser personalizado o calibrado para el sujeto mediante el uso de señales de medición de uno o más sensores 52 y anotaciones (confirmaciones) para las señales de medición que indican las partes del cuerpo en las que se utilizó el dispositivo portátil 2, 32. El MLM puede ser actualizado (entrenado) en base a las anotaciones/confirmaciones y las partes relevantes de la(s) señales de medición.

En realizaciones en el que la porción de cabeza 6 del dispositivo portátil 2, 32 puede ser seleccionada de un conjunto de porciones de cabeza removibles, el procedimiento puede comprender además obtener una indicación de la porción de cabeza removible que se utilizó en el dispositivo portátil 2, 32 durante la operación de cuidado personal, y esta indicación puede ser tenida en cuenta al analizar la(s) señal(es) de medición para identificar la parte del cuerpo. Por ejemplo, si el rendimiento de un sensor 52 varía entre las porciones de cabeza removibles, entonces la(s) señal(es) de medición de ese/esa(s) sensor(es) 52 pueden ser corregidas por la variación antes de que la(s) señal(es) de medición sean proporcionadas al MLM para análisis. Alternativamente, el MLM puede haber sido entrenado con la identidad de la porción de cabeza removible como una entrada, y así la indicación de la identidad de la porción de cabeza removible puede ser una entrada al MLM junto con la(s) señal(es) de medida en el paso 203. Como otra alternativa, la salida del MLM que indica una parte del cuerpo se puede comparar con el tipo de porción de cabeza removible que se está utilizando en el dispositivo portátil 2, 32. Si hay una coincidencia, esto puede proporcionar una mayor confianza en que la parte del cuerpo identificada es correcta. Sin embargo, si hay una discrepancia (por ejemplo, se está utilizando el accesorio de axila, pero la parte del cuerpo identificada por el MLM es la cara), esto puede ser indicado. En algunos casos, este desajuste puede deberse a que el usuario adjunta el accesorio incorrecto en el dispositivo portátil 2, 32, y se puede indicar el accesorio correcto al usuario o sujeto.

En realizaciones en el que uno o más sensores 52 que comprende un sensor de contacto con la piel 14, 16 y al menos uno de un sensor de tono de piel 18 y un sensor de proximidad 34, el paso 203 puede comprender analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel 14, 16 para identificar un período de tiempo de contacto en el que el dispositivo portátil 2, 32 está en contacto con la piel. El dispositivo portátil 2, 32 puede ser levantado del cuerpo cuando el dispositivo portátil 2, 32 se mueve entre partes del cuerpo, y por lo tanto se puede asumir que, entre pérdidas consecutivas de contacto con la piel, el dispositivo portátil 2, 32 se utiliza en la misma parte del cuerpo. En ese caso, el paso 203 puede comprender el análisis del MLM de la(s) señal(es) de medición del sensor de tono de piel 18 y/o del sensor de proximidad 34 durante el período de tiempo de contacto identificado para identificar una única parte del cuerpo para el período de tiempo de contacto. En algunas realizaciones, el período de tiempo de contacto puede ser identificado como un período en el que el dispositivo portátil 2, 32 está en contacto continuo con la piel. Alternativamente, el período de tiempo de contacto puede ser identificado como un período en el que el dispositivo portátil 2, 32 está en contacto continuo con la piel, a pesar de breves pérdidas de contacto (por ejemplo, de menos de un tiempo umbral, por ejemplo, menos de 1 o 2 segundos). Más específicamente, el período de tiempo de contacto puede identificarse como abarcando múltiples períodos de tiempo en cada uno de los cuales el dispositivo portátil 2, 32 está en contacto continuo con la piel, y el intervalo de tiempo entre cada par consecutivo de períodos de tiempo es menor que una cantidad umbral de tiempo.

En realizaciones en el que el dispositivo portátil 2, 32 lleva a cabo la operación de cuidado personal utilizando pulsos de luz, el número de pulsos de luz que se han aplicado a la parte del cuerpo puede ser registrado y utilizado por el MLM para mejorar la identificación de la parte del cuerpo. En particular, partes del cuerpo como las piernas, las axilas, el labio superior, los brazos y la línea del bikini, etc. tienen diferentes áreas de superficie y, por lo tanto, requieren una cantidad diferente de pulsos de luz para tratar, y así el número de pulsos de luz puede ser utilizado por el MLM como un indicador de la parte del cuerpo.

La información sobre la parte del cuerpo identificada puede ser utilizada de varias maneras diferentes. A continuación, se proporcionan algunos ejemplos.

Una operación de cuidado personal puede necesitar ser repetida de manera regular, y la información sobre la(s) parte(s) del cuerpo tratada(s) puede ser utilizada para programar y/o recordar al sujeto cuándo retocar una parte particular del cuerpo, y la información sobre la(s) parte(s) del cuerpo tratada(s) posteriormente puede ser utilizada para actualizar el cronograma.

Los resultados de tratamiento subóptimos, por ejemplo, debido a una cobertura deficiente de la parte del cuerpo durante una operación de cuidado personal, pueden afectar negativamente la satisfacción del sujeto con el dispositivo portátil 2, 32. Es posible proporcionar retroalimentación al sujeto y/o usuario sobre la cobertura de la parte del cuerpo en base a la parte del cuerpo identificada y otra información, como el número de pulsos de luz aplicados a la parte del cuerpo o el tiempo dedicado al tratamiento de la parte del cuerpo. Esto puede tranquilizar al sujeto de que el dispositivo portátil 2, 32 se está utilizando correctamente, o indicar que la parte del cuerpo debe ser tratada durante más o menos tiempo.

Por lo tanto, se proporcionan mejoras en la identificación de una parte del cuerpo en la que se está utilizando un dispositivo portátil.

Las variaciones a las realizaciones descritas pueden ser entendidas y llevadas a cabo por aquellos expertos en la materia al practicar los principios y técnicas descritos aquí, a partir del estudio de las figuras, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o pasos, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un solo procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos mencionados en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda ser utilizada con ventaja. Un programa informático puede ser almacenado o distribuido en un medio



adecuado, como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también puede ser distribuido en otras formas, como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicaciones cableados o inalámbricos. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento implementado por ordenador para identificar una parte del cuerpo de un sujeto sobre la cual se utiliza un dispositivo portátil, en el que el dispositivo portátil es para realizar una operación de cuidado personal sobre el sujeto y el dispositivo portátil comprende una porción de cabeza para contactar la piel del sujeto durante la operación de cuidado personal, y en el que el dispositivo portátil además comprende uno o más sensores para medir un respectivo parámetro y generar respectivas señales de medición cuando utiliza el dispositivo portátil sobre la piel del sujeto, en el que el uno o más sensores comprende al menos uno de:
  - (a) un sensor de contacto con la piel, y el parámetro medido por el sensor de contacto con la piel es indicativo de si la porción de cabeza está en contacto con la piel,
  - (b) un sensor de tono de piel, y el parámetro medido por el sensor de tono de piel es indicativo de un tono de piel con el que la porción de cabeza está en contacto, o es indicativo de un tono de piel que es adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto, y
  - (c) un sensor de proximidad, y el parámetro medido por el sensor de proximidad es indicativo de una distancia desde el sensor de proximidad hasta la piel adyacente a la piel con la que está en contacto la porción de cabeza;
 en el que el procedimiento comprende:
  - obtener una señal de medición respectiva de cada uno de los uno o más sensores, comprendiendo cada señal de medición una serie temporal de mediciones del respectivo parámetro mientras se utiliza el dispositivo portátil sobre la piel del sujeto;
  - analizar una o más señales de medición obtenidas utilizando un modelo de aprendizaje automático entrenado, MLM, para identificar la parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil, en el que el MLM entrenado analiza una pluralidad de mediciones en una ventana de tiempo sobre cada una de las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo; y
  - emitir una indicación de la parte del cuerpo identificada.
2. Un procedimiento como se reivindicó en la reivindicación 1, en el que el MLM entrenado analiza las mediciones en cada una de las una o más señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas mediciones.
3. Un procedimiento como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que el procedimiento además comprende:
  - repetir el paso de análisis en mediciones posteriores en una o más señales de medición para proporcionar una serie de salidas que indican una parte del cuerpo identificada; y
  - aplicar un filtro a la serie de salidas para determinar una salida final que indique la parte del cuerpo en la que se utilizó el dispositivo portátil.
4. Un procedimiento como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el procedimiento además comprende:
  - recibir confirmación de un usuario sobre una parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil durante un primer período de tiempo; y
  - actualizar el MLM entrenado en base a la confirmación recibida y la parte de las señales de medición obtenidas correspondientes al primer período de tiempo.
5. Un procedimiento como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la porción de cabeza del dispositivo portátil es seleccionada de un conjunto de porciones de cabeza removibles, en el que cada porción de cabeza en el conjunto es para su uso con una parte del cuerpo respectiva o partes del cuerpo respectivas, y en el que el procedimiento además comprende obtener una indicación de la porción de cabeza removible utilizada en el dispositivo portátil durante la operación de cuidado personal, y en el que el MLM entrenado además analiza la indicación obtenida con las una o más señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo del sujeto sobre la que se utiliza el dispositivo portátil.
6. Un procedimiento como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que uno o más sensores comprenden un sensor de contacto con la piel y al menos uno de un sensor de tono de piel y un sensor de proximidad, en el que el paso de analizar comprende:
  - analizar la señal de medición del sensor de contacto con la piel para identificar un período de tiempo de contacto en el que el dispositivo portátil está en contacto con la piel; y
  - analizar una o más señales de medición obtenidas de al menos uno de los sensores de tono de piel y el sensor de proximidad durante el periodo de tiempo de contacto identificado, utilizando el MLM entrenado

para identificar la parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil durante el periodo de tiempo de contacto identificado.

7. Un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador que tiene código legible por ordenador incorporado en él, el código legible por ordenador está configurado de tal manera que, al ser ejecutado por un ordenador adecuado o unidad de procesamiento, el ordenador o unidad de procesamiento se ve obligado a realizar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-6.

8. Un sistema que comprende un dispositivo portátil para realizar una operación de cuidado personal en un sujeto y un aparato para identificar una parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil, en el que el dispositivo portátil comprende una porción de cabeza para contactar la piel del sujeto durante la operación de cuidado personal, y en el que el dispositivo portátil además comprende uno o más sensores para medir un parámetro respectivo y generar señales de medición respectivas mientras se utiliza el dispositivo portátil sobre la piel del sujeto, en el que los uno o más sensores comprenden al menos uno de:

(a) un sensor de contacto con la piel, y el parámetro medido por el sensor de contacto con la piel es indicativo de si la porción de cabeza está en contacto con la piel,

(b) un sensor de tono de piel, y el parámetro medido por el sensor de tono de piel es indicativo de un tono de piel con el que la porción de cabeza está en contacto, o indicativo de un tono de piel que es adyacente a la piel con la que la porción de cabeza está en contacto, y

(c) un sensor de proximidad, y el parámetro medido por el sensor de proximidad es indicativo de una distancia desde el sensor de proximidad hasta la piel adyacente a la piel con la que está en contacto la porción de cabeza;

en el que el aparato comprende una unidad de procesamiento configurada para:

- obtener una señal de medición respectiva de cada uno de los uno o más sensores, comprendiendo cada señal de medición una serie temporal de mediciones del respectivo parámetro mientras se utiliza el dispositivo portátil sobre la piel del sujeto;

- analizar una o más señales de medición obtenidas utilizando un modelo de aprendizaje automático entrenado, MLM, para identificar la parte del cuerpo del sujeto sobre la cual se utiliza el dispositivo portátil, en el que el MLM entrenado está configurado para analizar una pluralidad de mediciones en una ventana de tiempo sobre cada una de las señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo; y

- generar una indicación de la parte del cuerpo identificada.

9. Un sistema como se reivindicó en la reivindicación 8, en el que el MLM entrenado analiza mediciones en cada una de las una o más señales de medición obtenidas para identificar la parte del cuerpo correspondiente a dichas mediciones.

10. Un sistema como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en el que la unidad de procesamiento está además configurada para:

repetir el análisis en mediciones subsiguientes en una o más señales de medición para proporcionar una serie de salidas que indican una parte del cuerpo identificada; y

aplicar un filtro a la serie de salidas para determinar una salida final indicando la parte del cuerpo en la que se utilizó el dispositivo portátil.

11. Un sistema como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que la unidad de procesamiento está además configurada para:

recibir la confirmación de un usuario sobre una parte del cuerpo del sujeto en la que se utiliza el dispositivo portátil durante un primer periodo de tiempo; y

actualizar el MLM entrenado en base a la confirmación recibida y la parte de las señales de medición obtenidas correspondientes al primer periodo de tiempo.

12. Un sistema como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en el que la porción de cabeza del dispositivo portátil es seleccionada de un conjunto de porciones de cabeza removibles, en el que cada porción de cabeza en el conjunto es para su uso con una parte del cuerpo respectiva o partes del cuerpo respectivas, y en el que la unidad de procesamiento está además configurada para obtener una indicación de la porción de cabeza removible utilizada en el dispositivo portátil durante la operación de cuidado personal, y en el que la unidad de procesamiento está configurada para analizar la indicación obtenida con una o más señales de medición obtenidas utilizando el MLM entrenado para identificar la parte del cuerpo del sujeto sobre la que se utiliza el dispositivo portátil.

13. Un sistema como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en el que el dispositivo portátil comprende el aparato para identificar la parte del cuerpo.

14. Un sistema como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en el que el aparato para identificar la parte del cuerpo está separado del dispositivo portátil.
- 5 15. Un sistema como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 8-14, en el que el sensor de proximidad comprende un sensor láser de emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

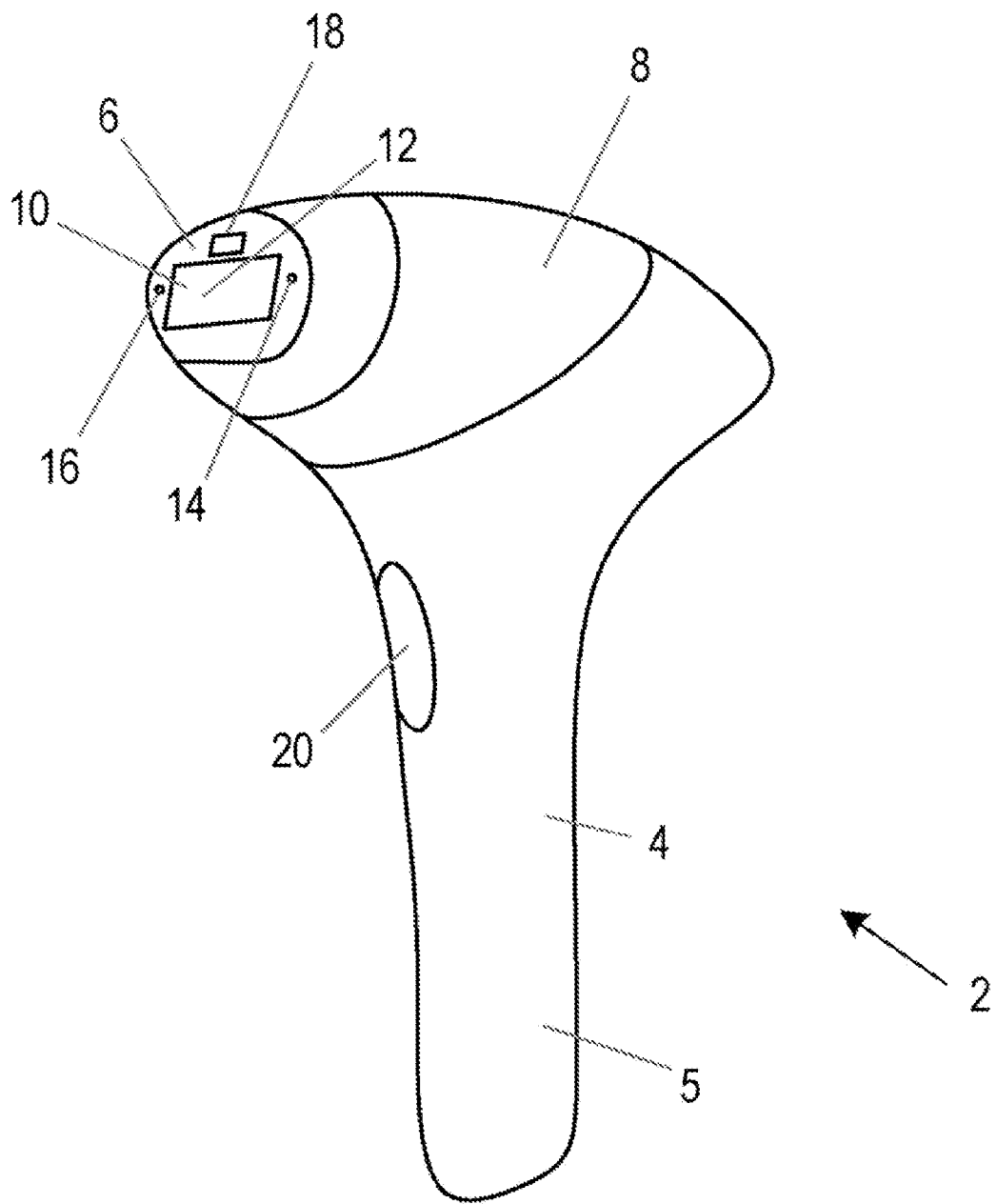


Figura 1

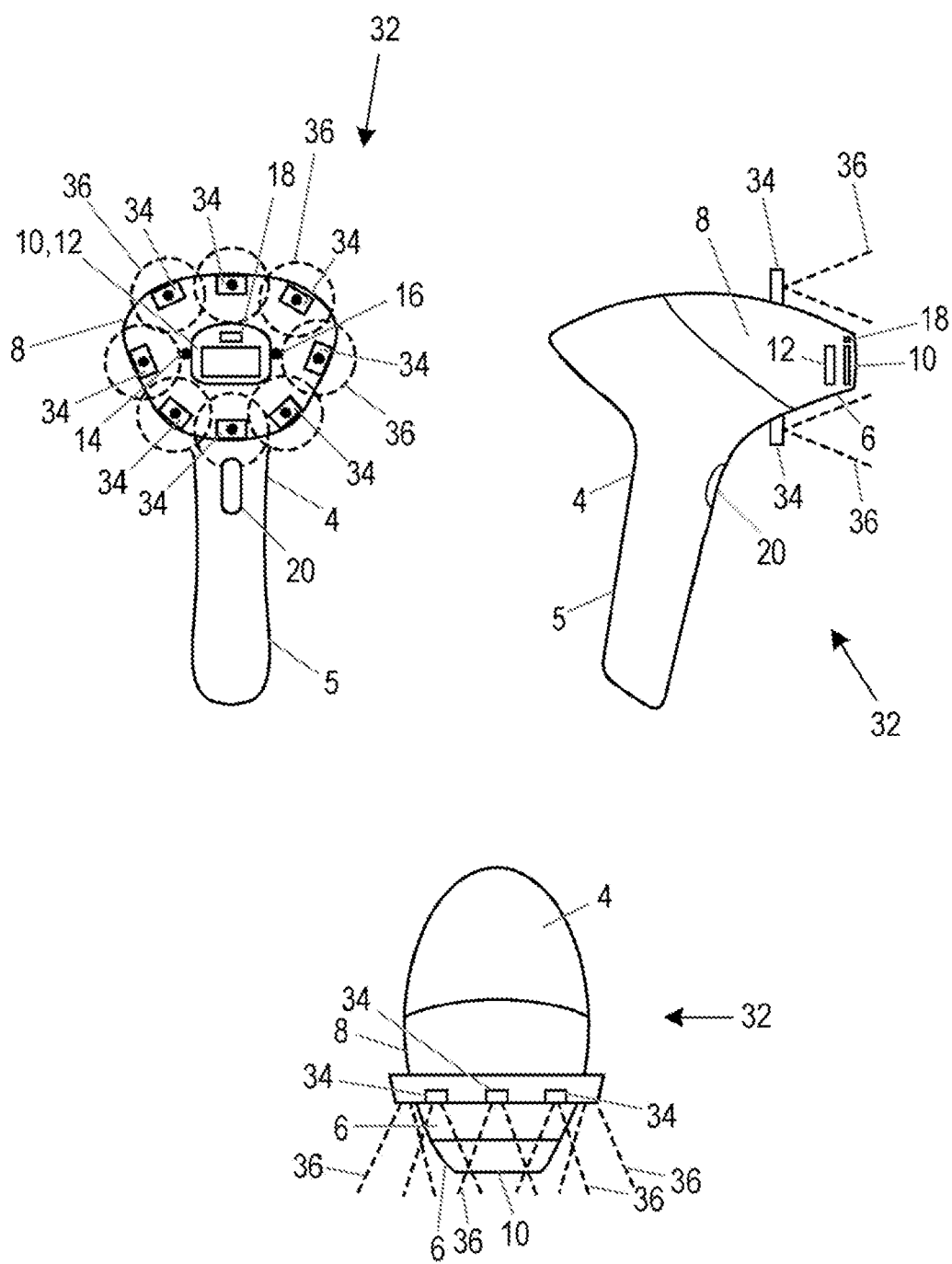


Figura 2

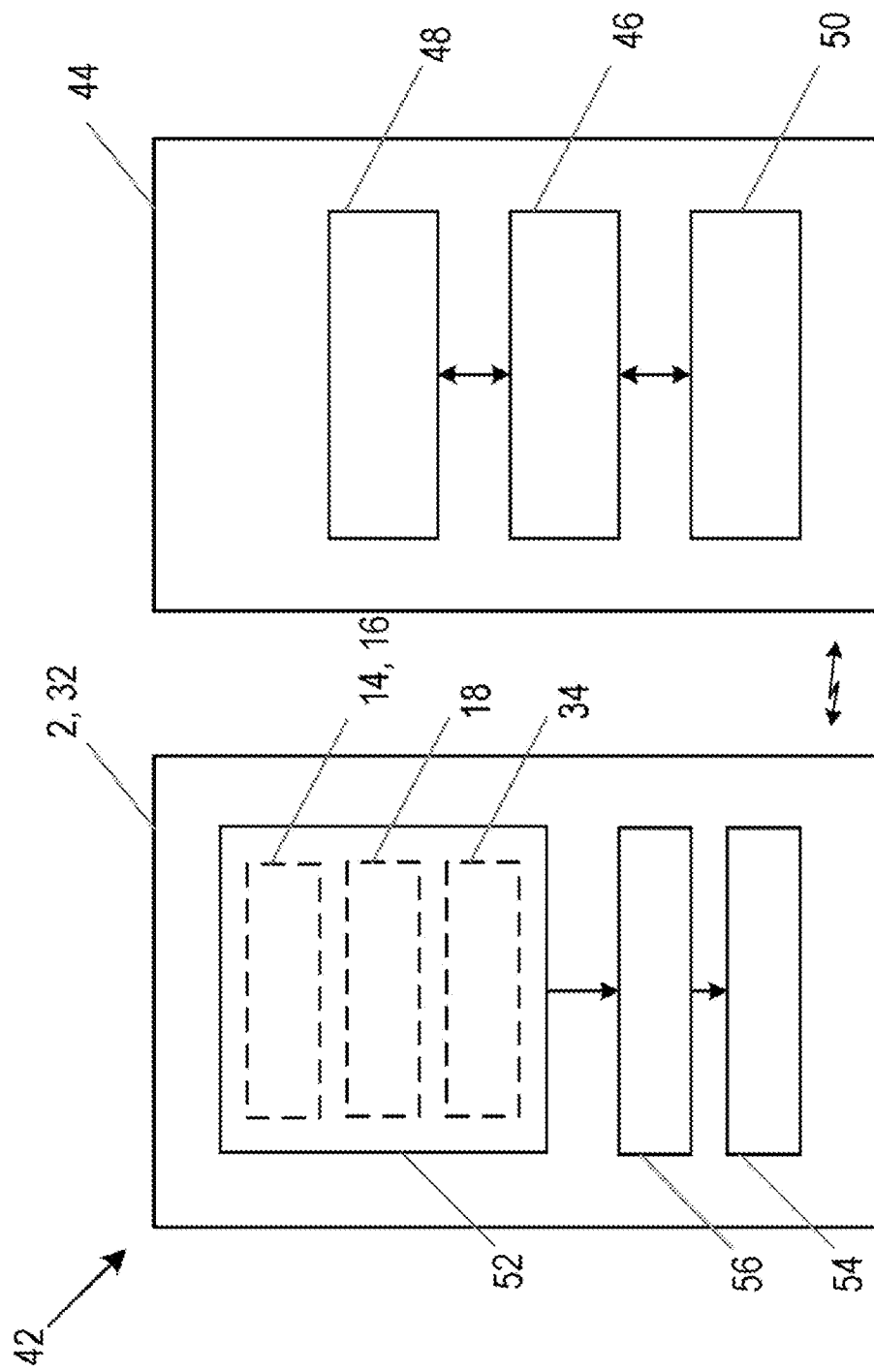


Figura 3

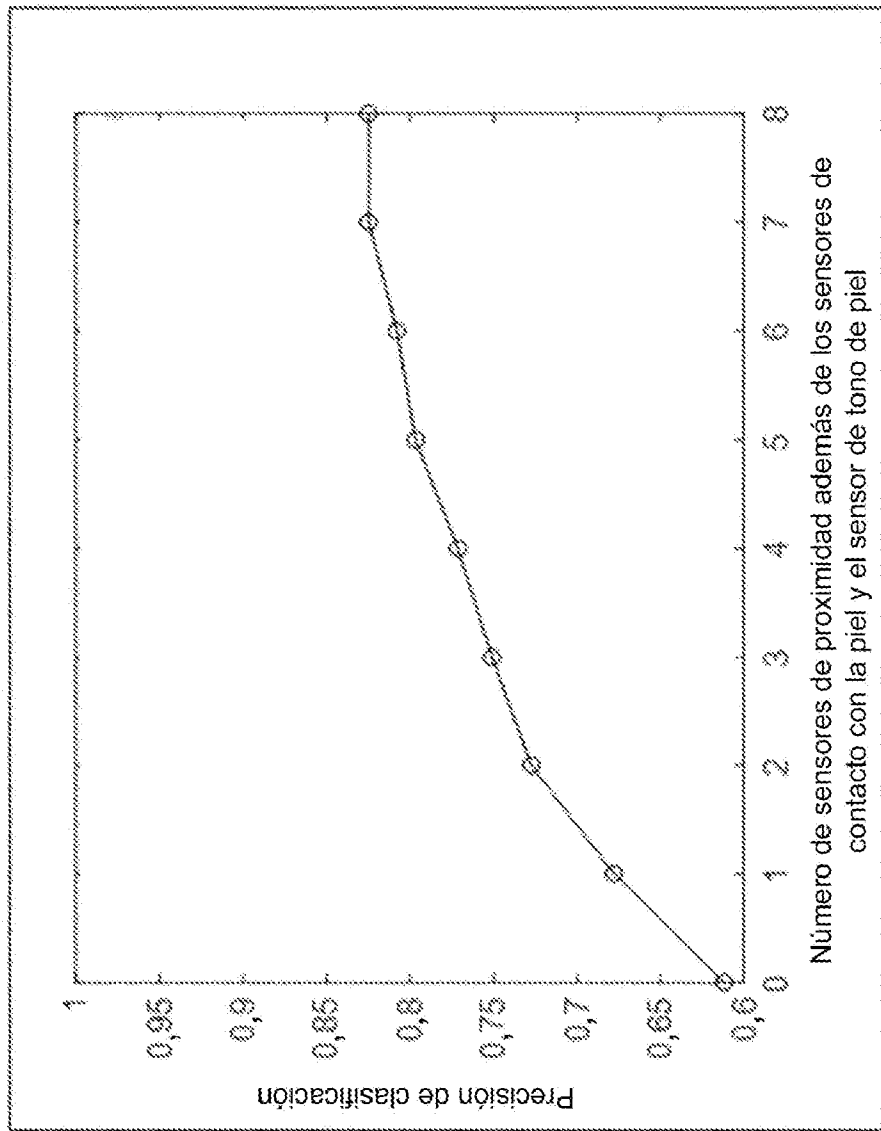


Figura 4



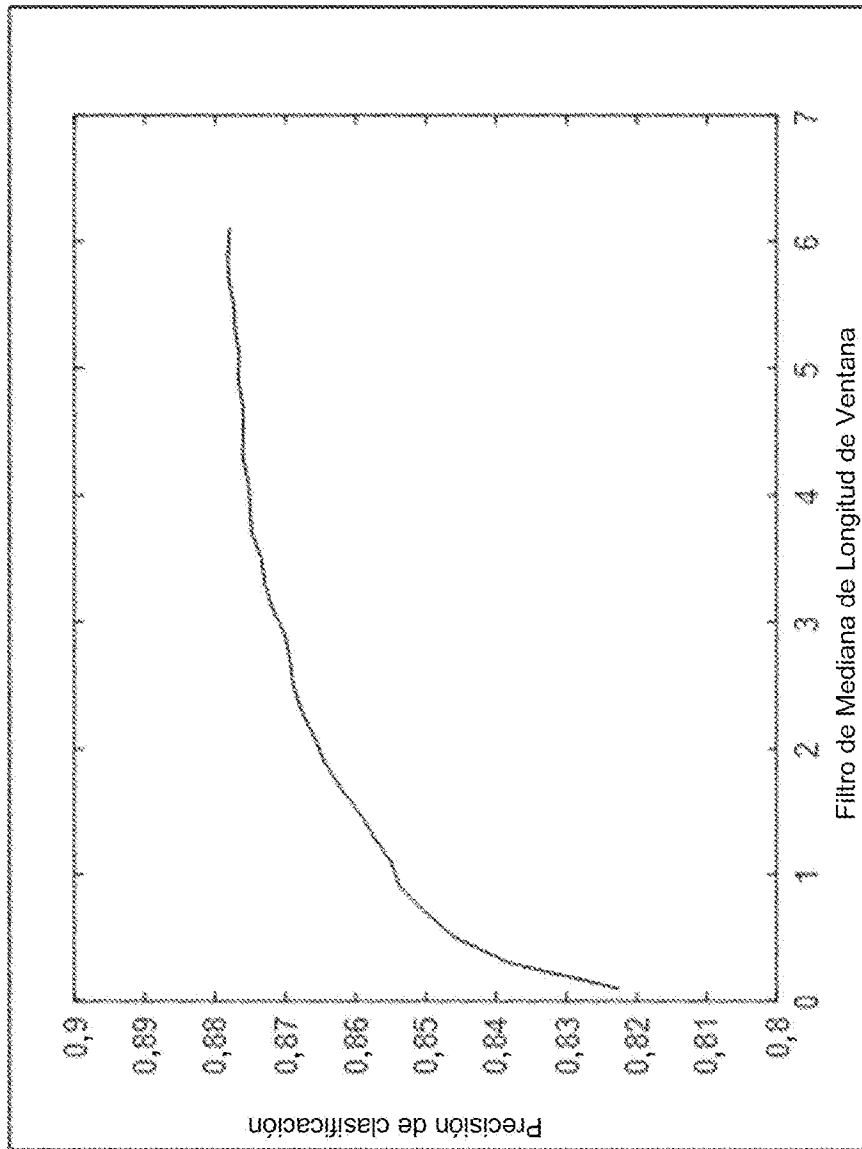


Figura 5(a)

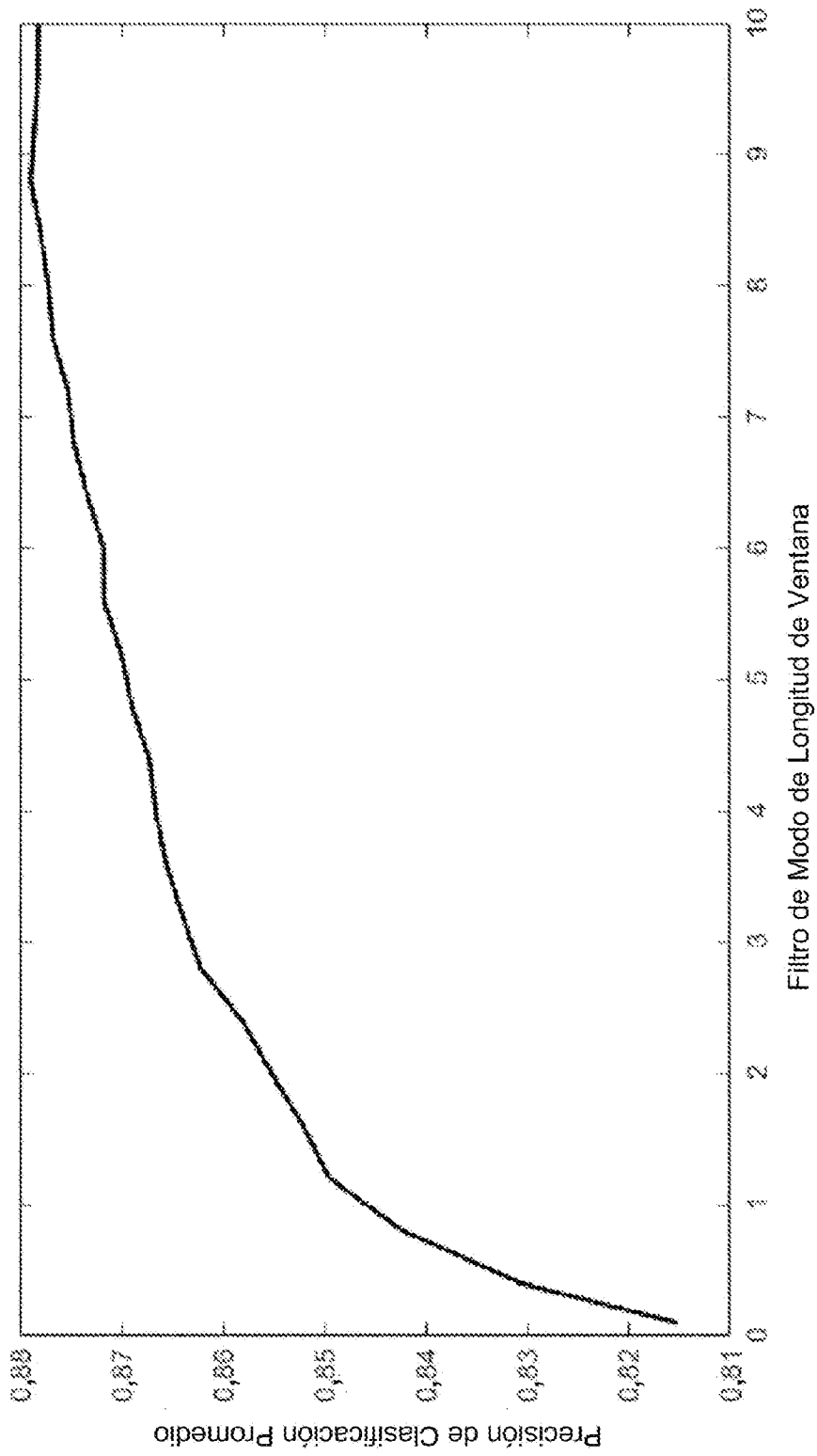


Figura 5(b)

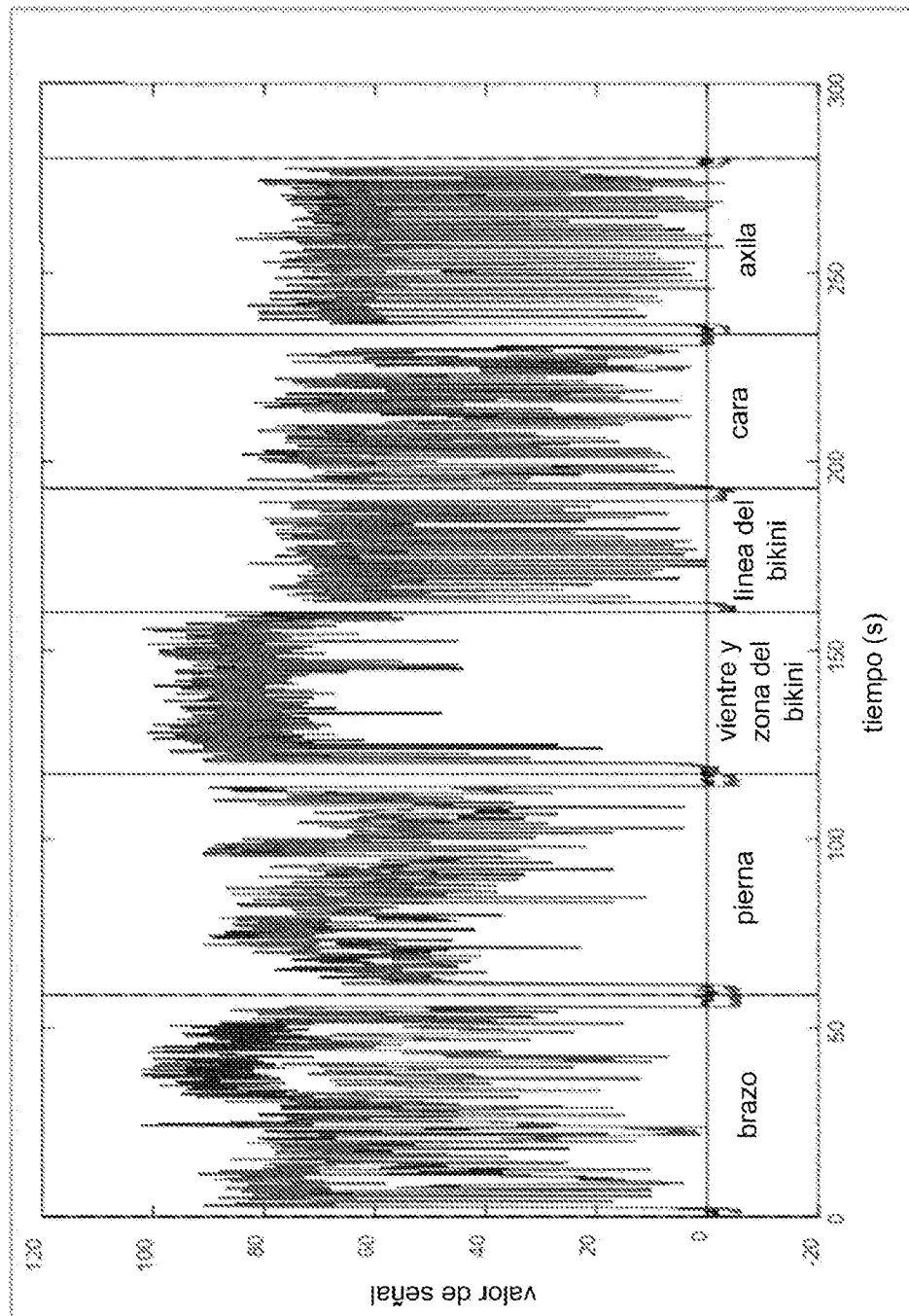


Figura 6

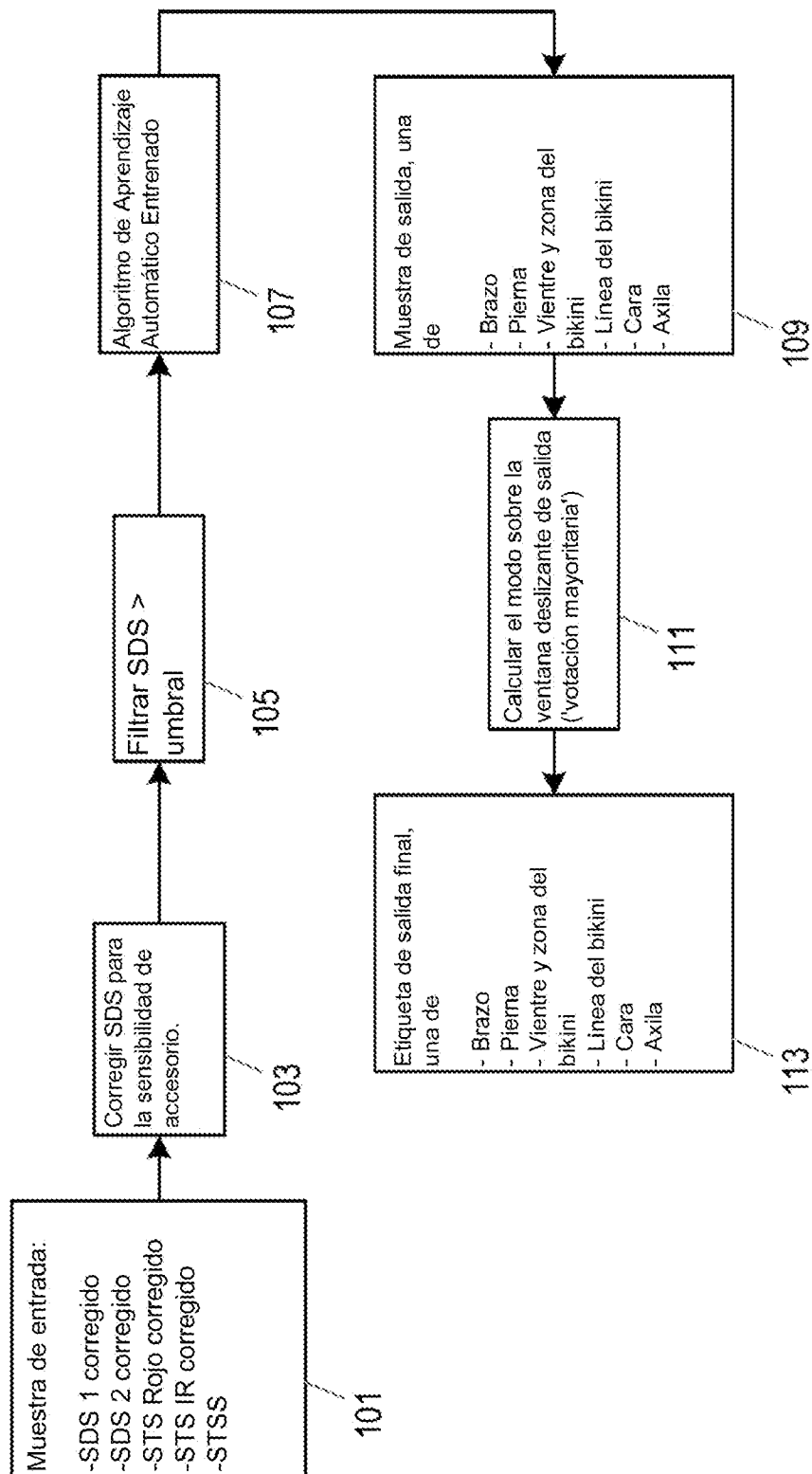


Figura 7(a)

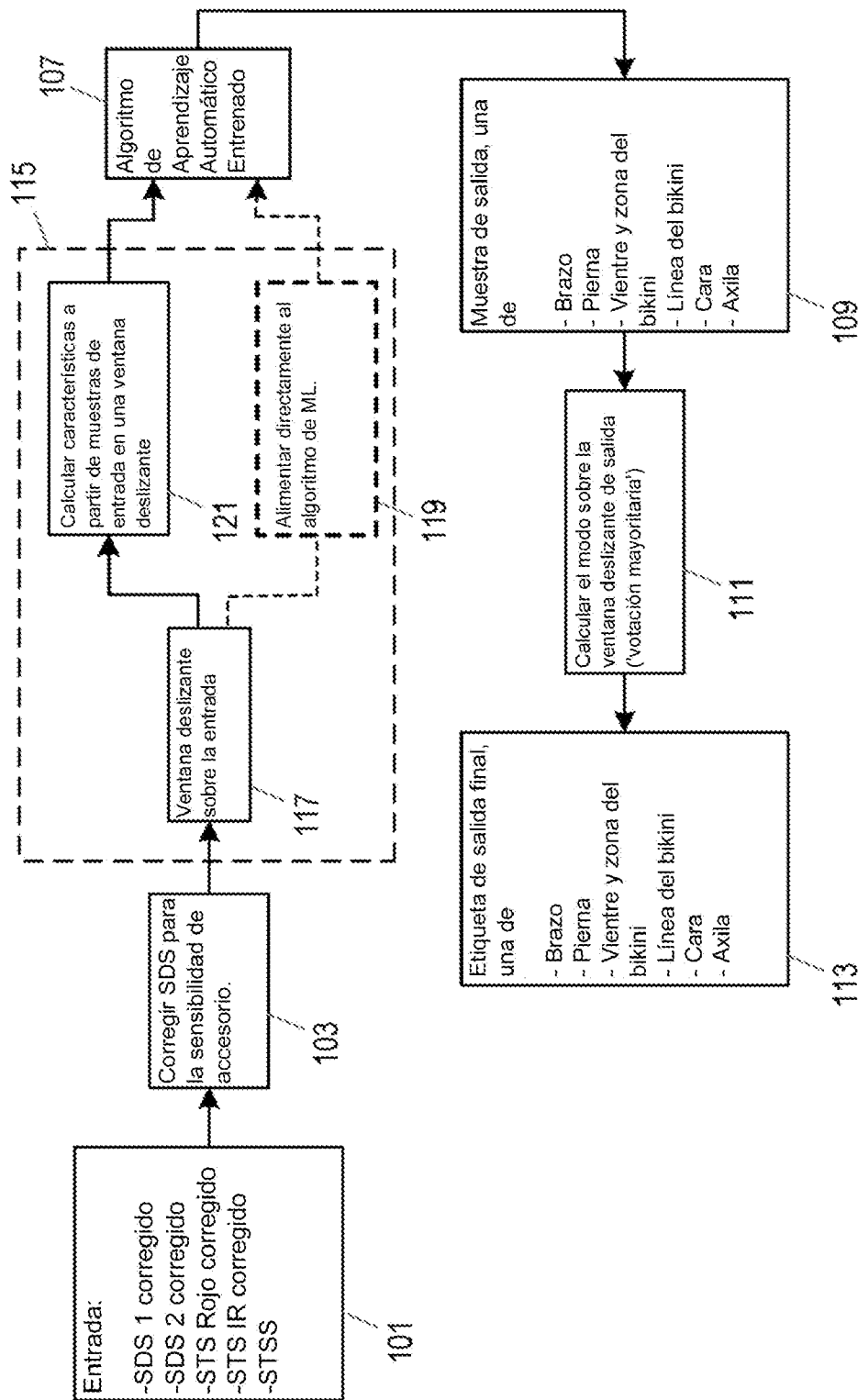


Figura 7(b)

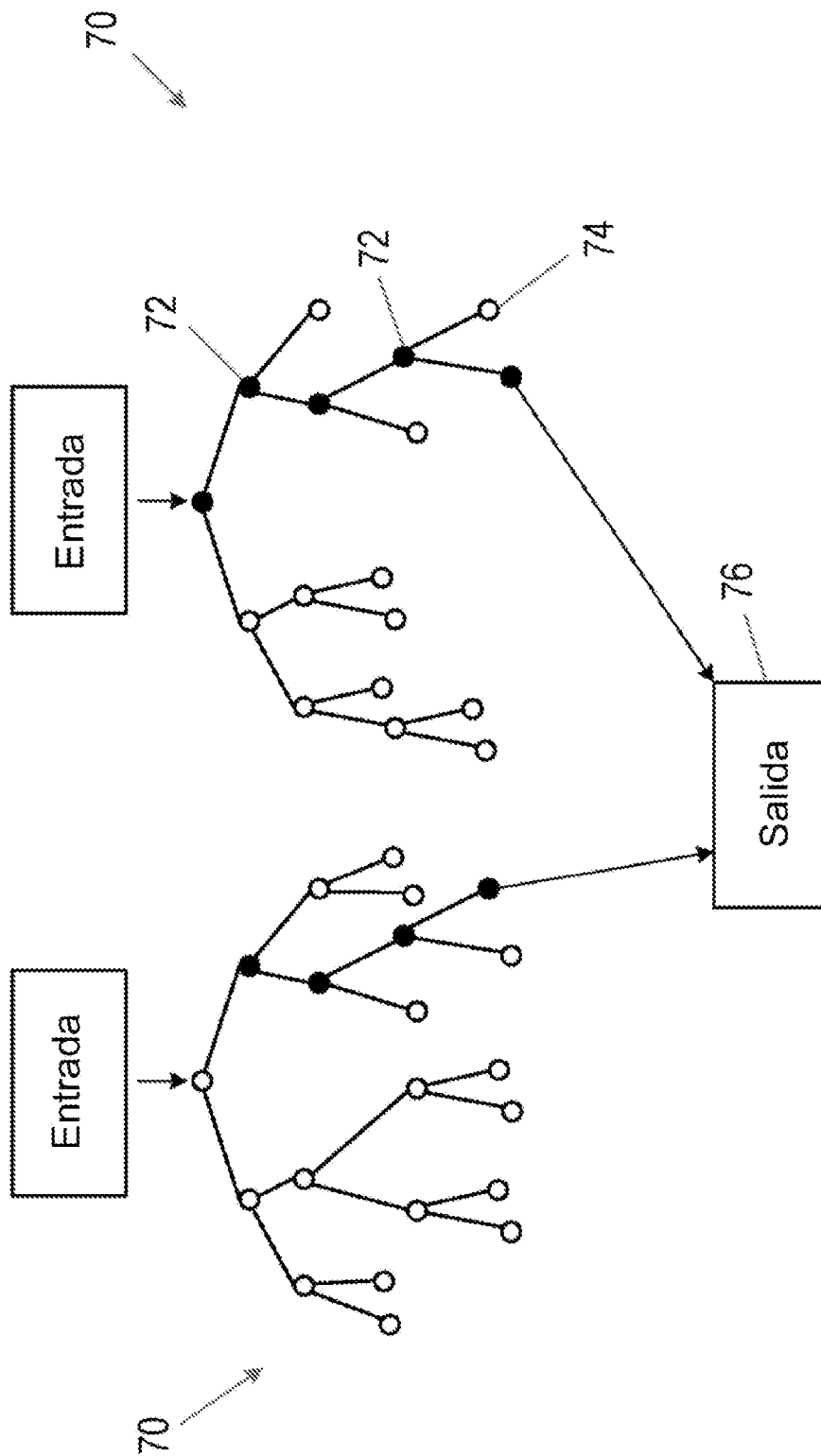


Figura 8

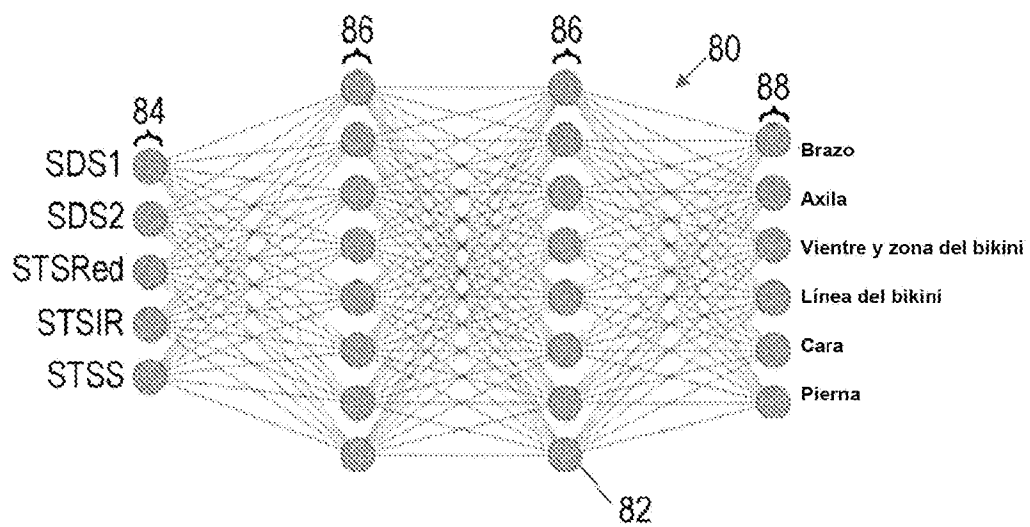


Figura 9

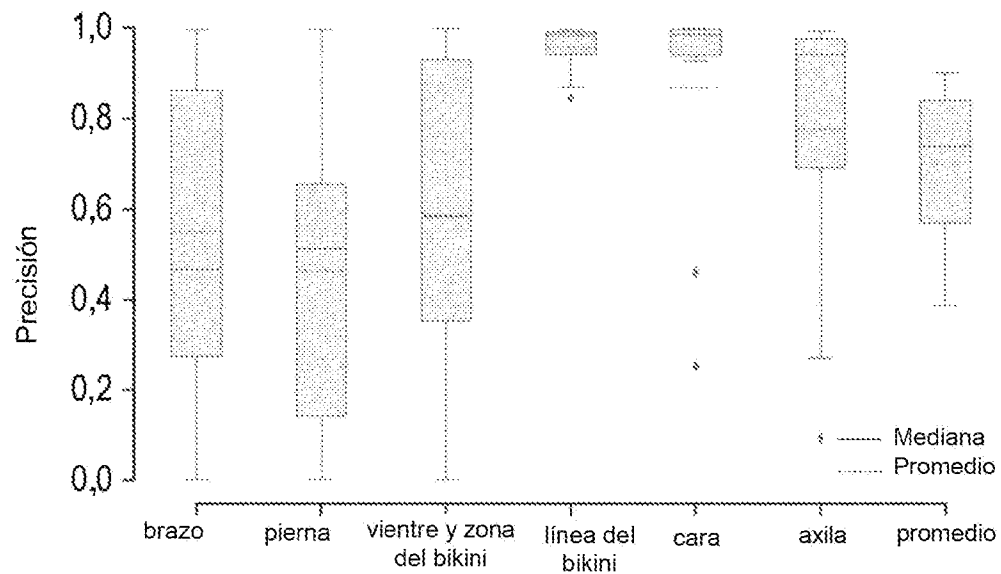


Figura 10(a)

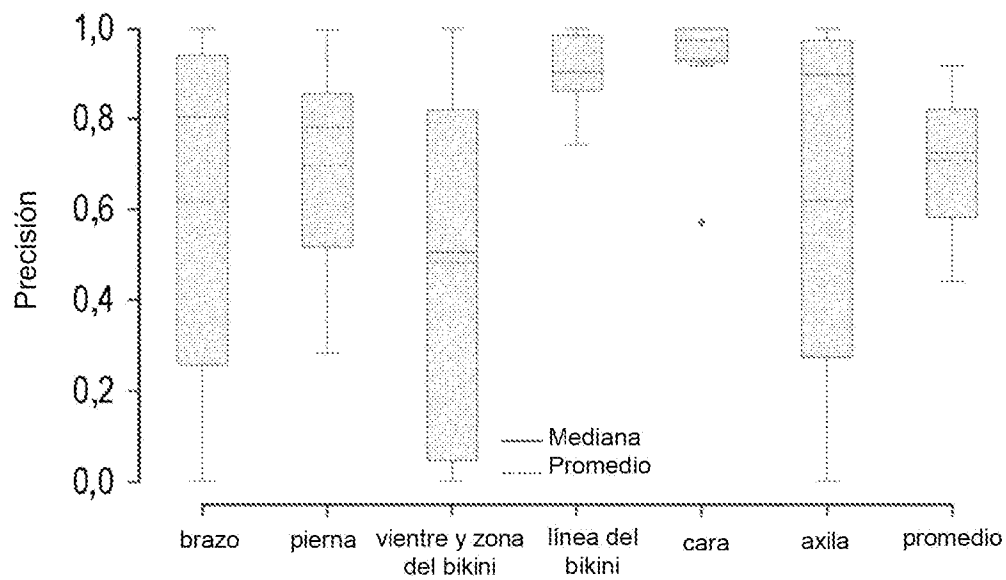


Figura 10(b)



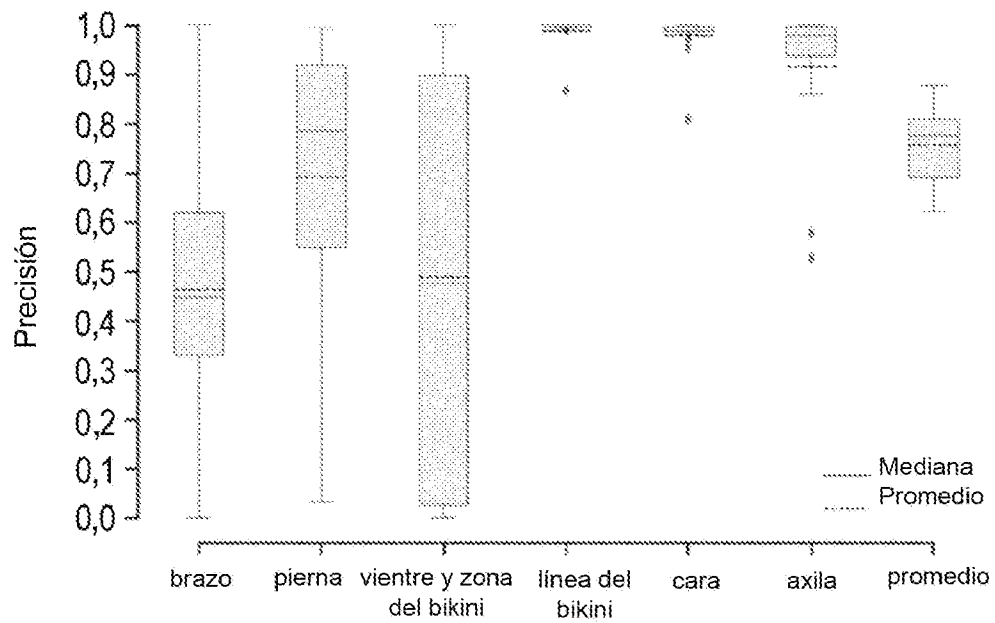


Figura 11(a)

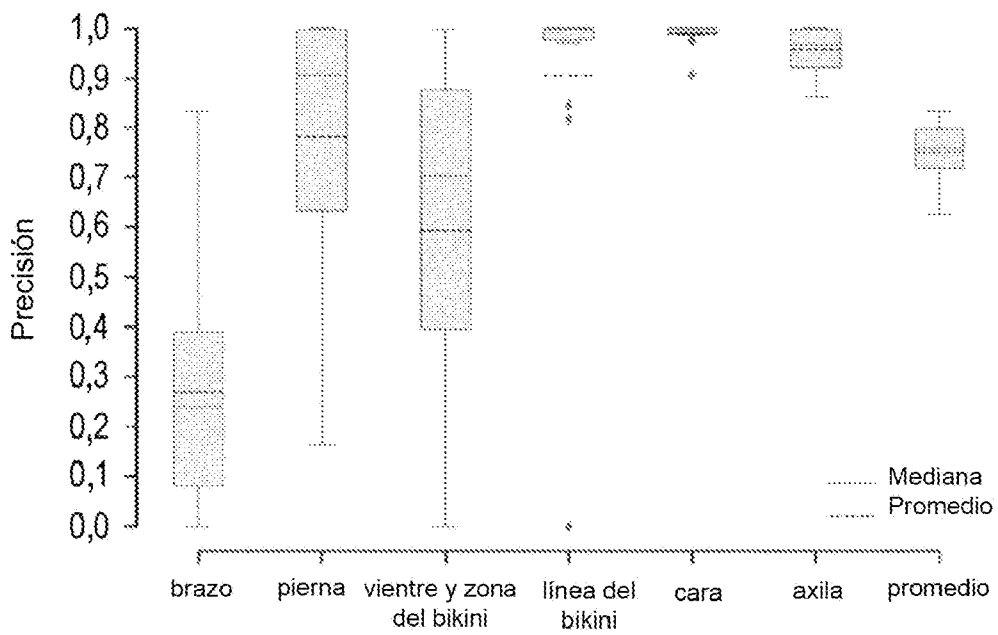


Figura 11(b)

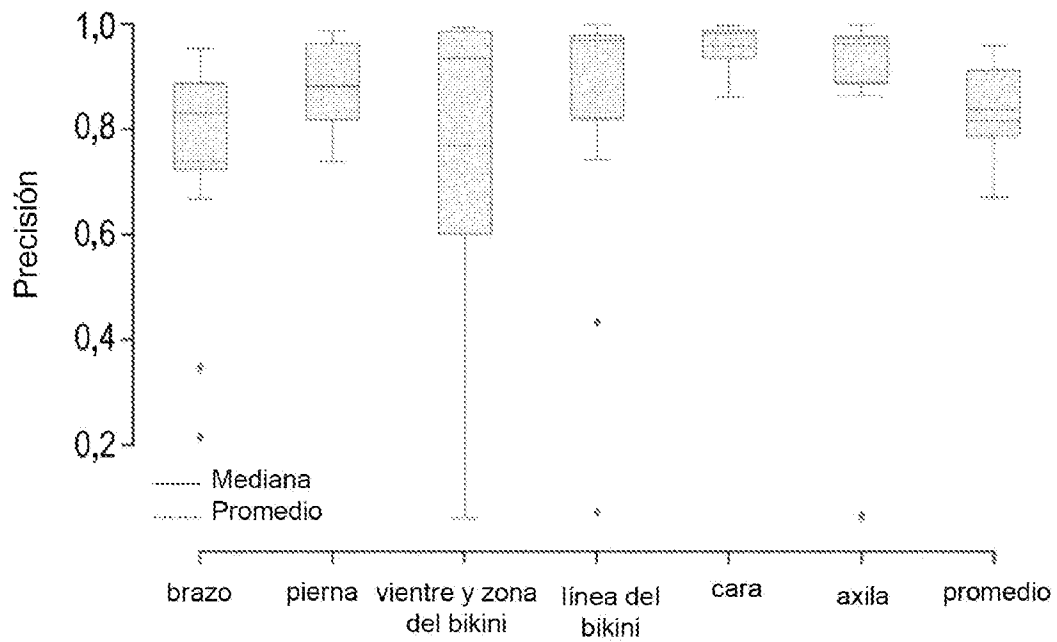


Figura 12(a)

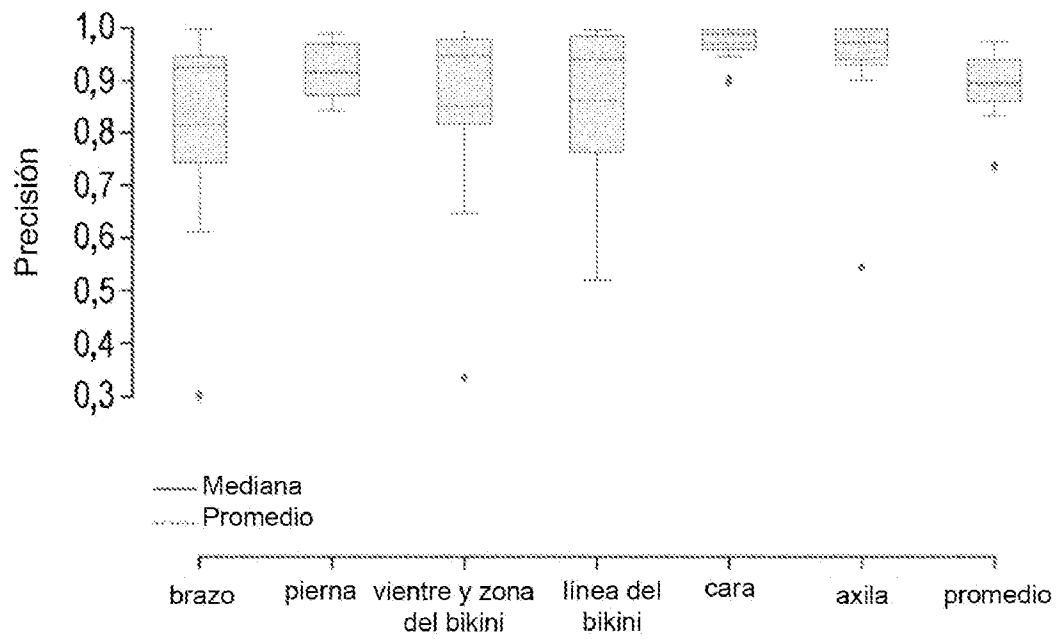


Figura 12(b)

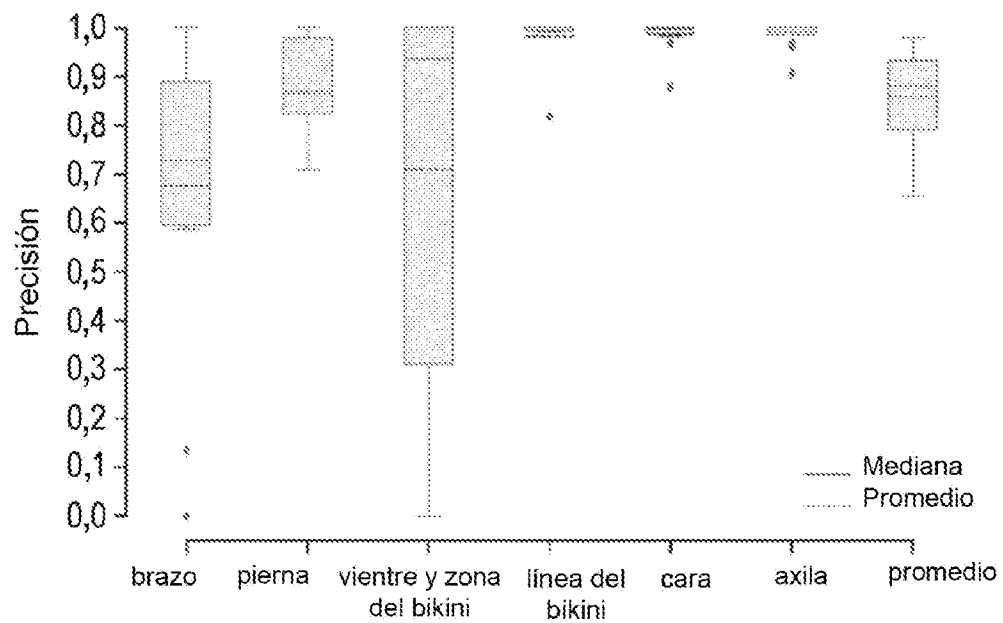


Figura 13(a)

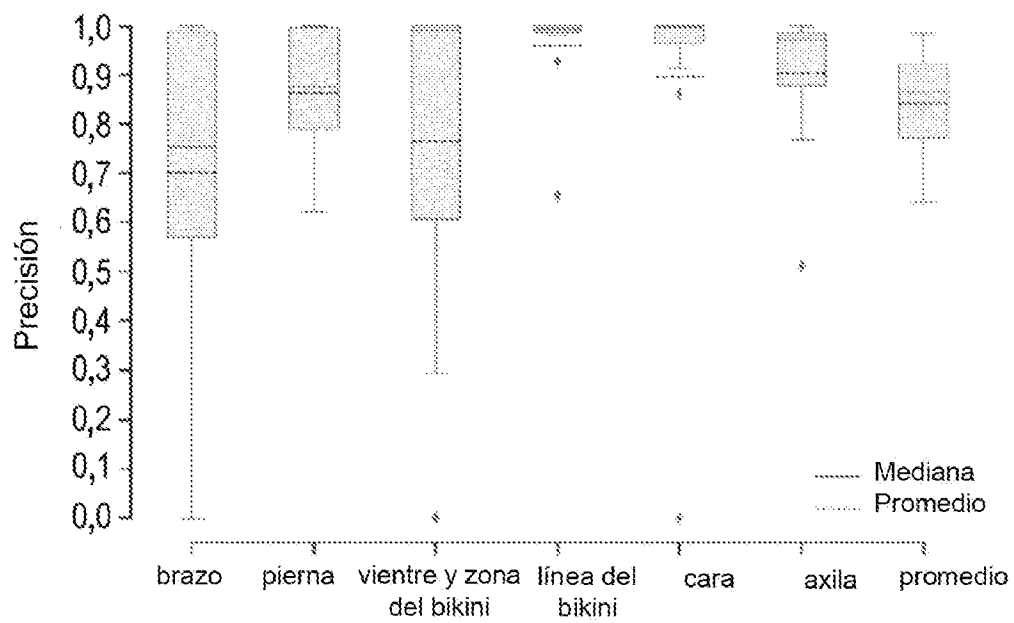


Figura 13(b)

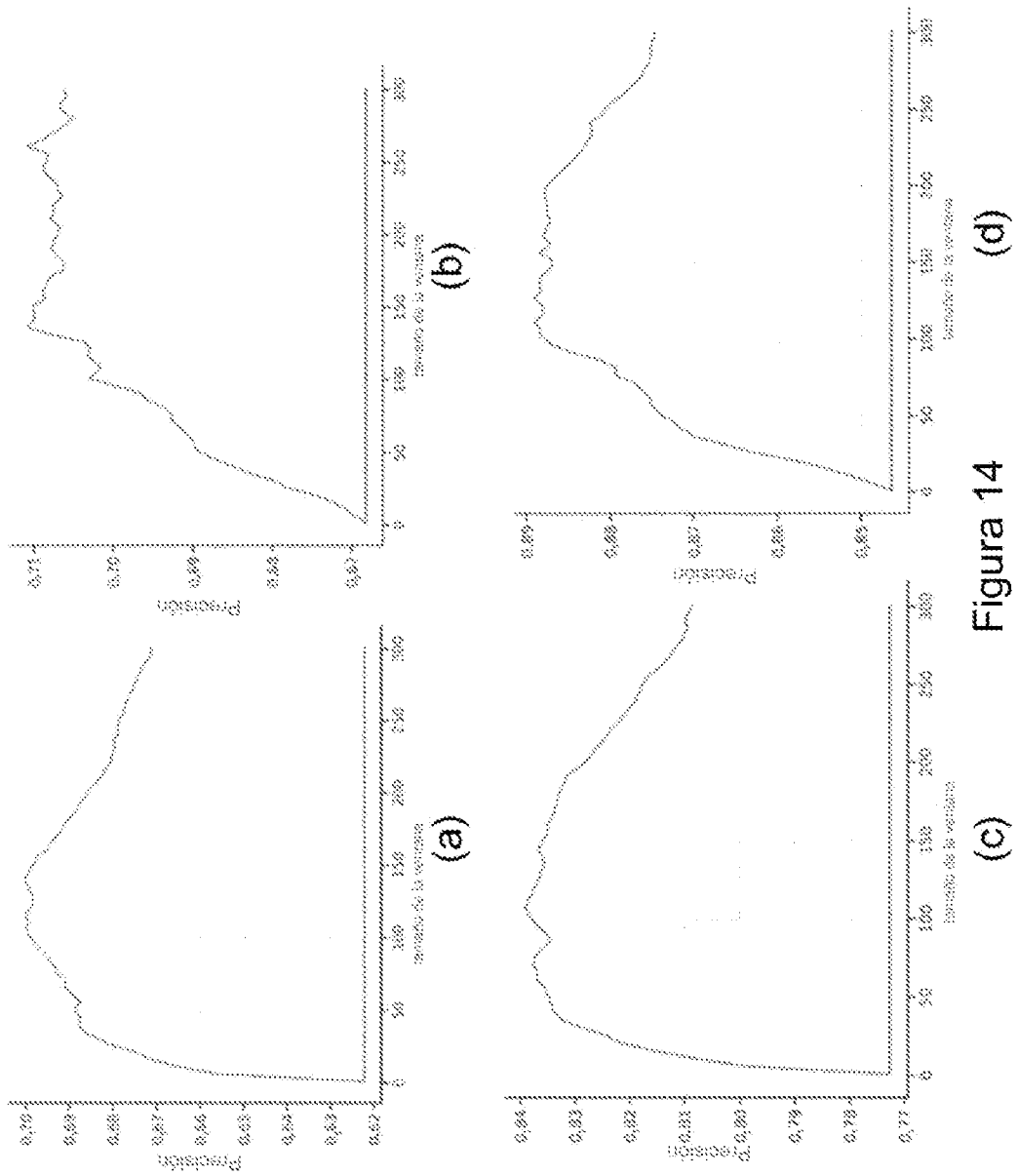


Figura 14

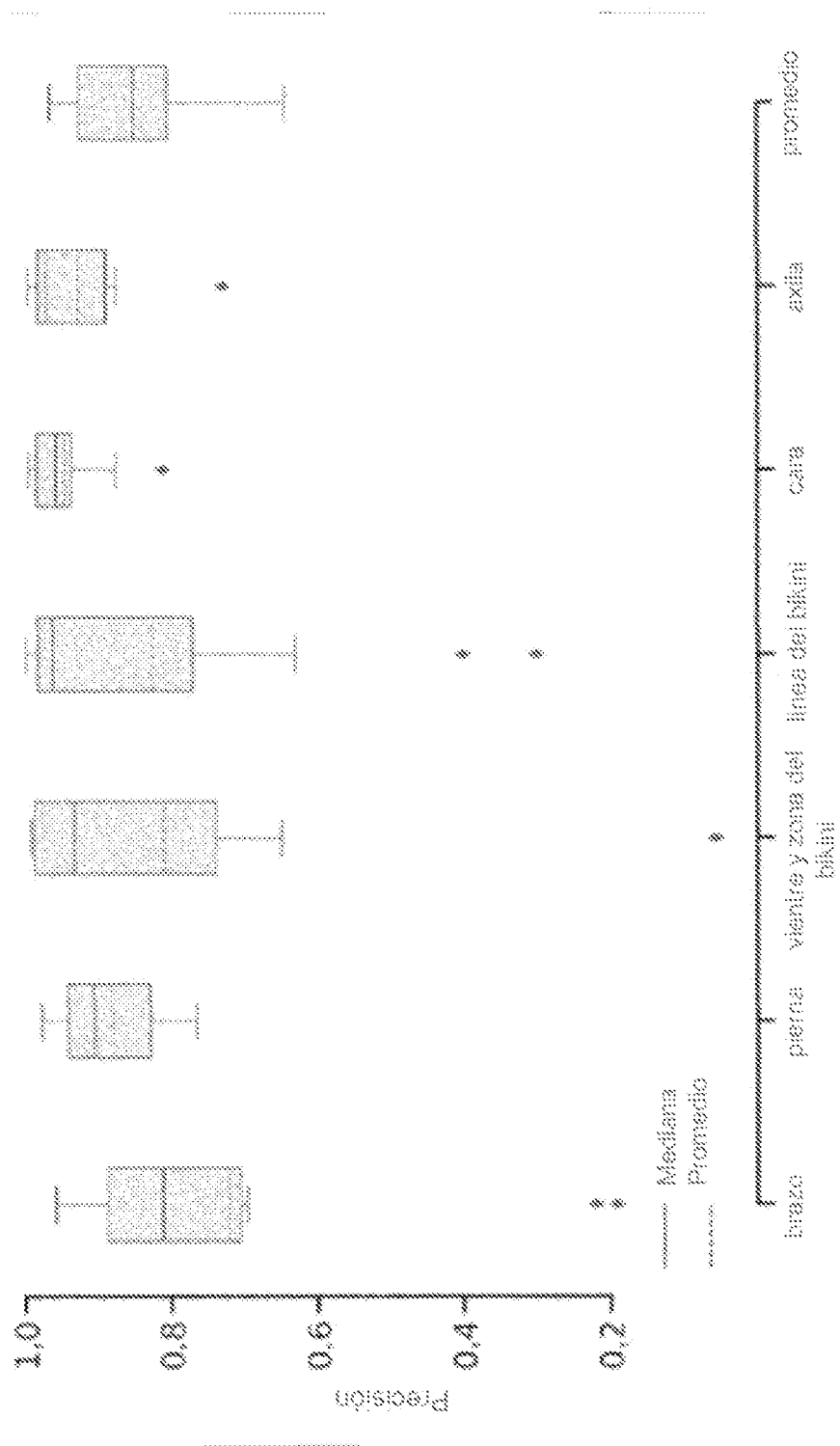


Figura 15

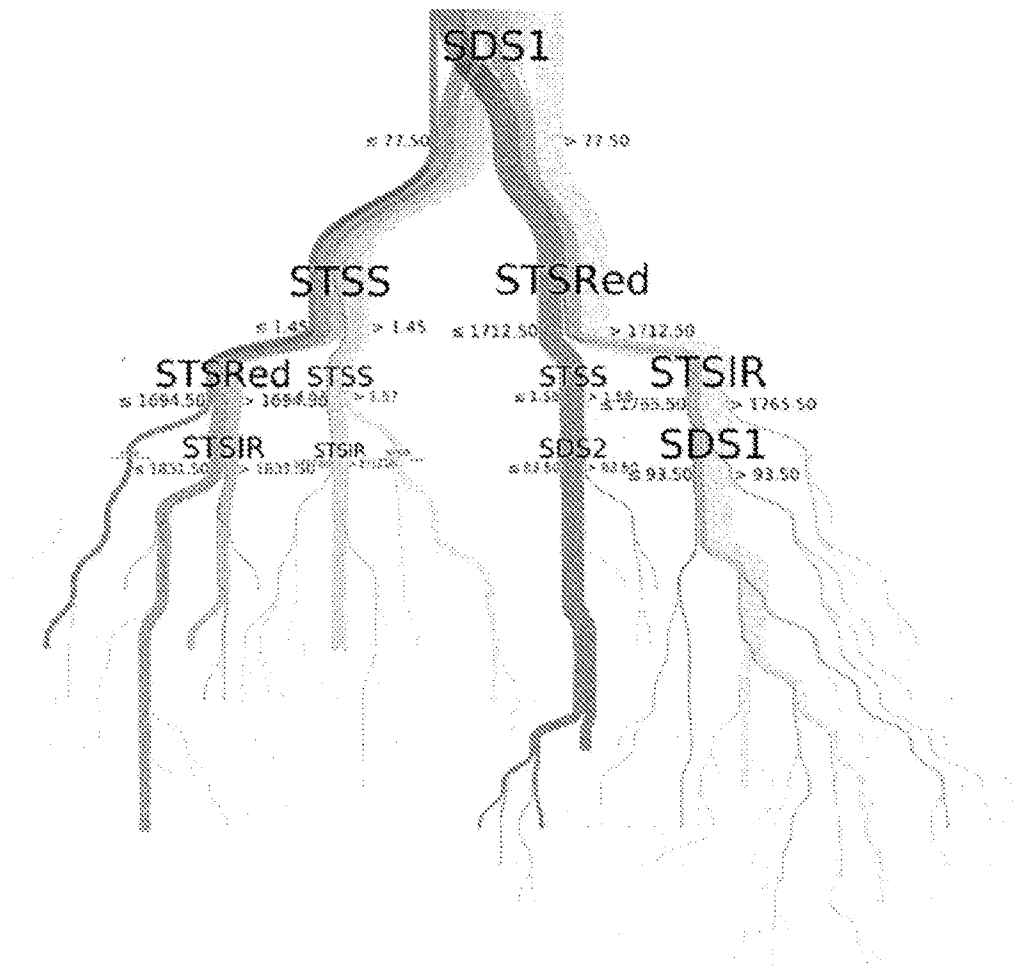


Figura 16

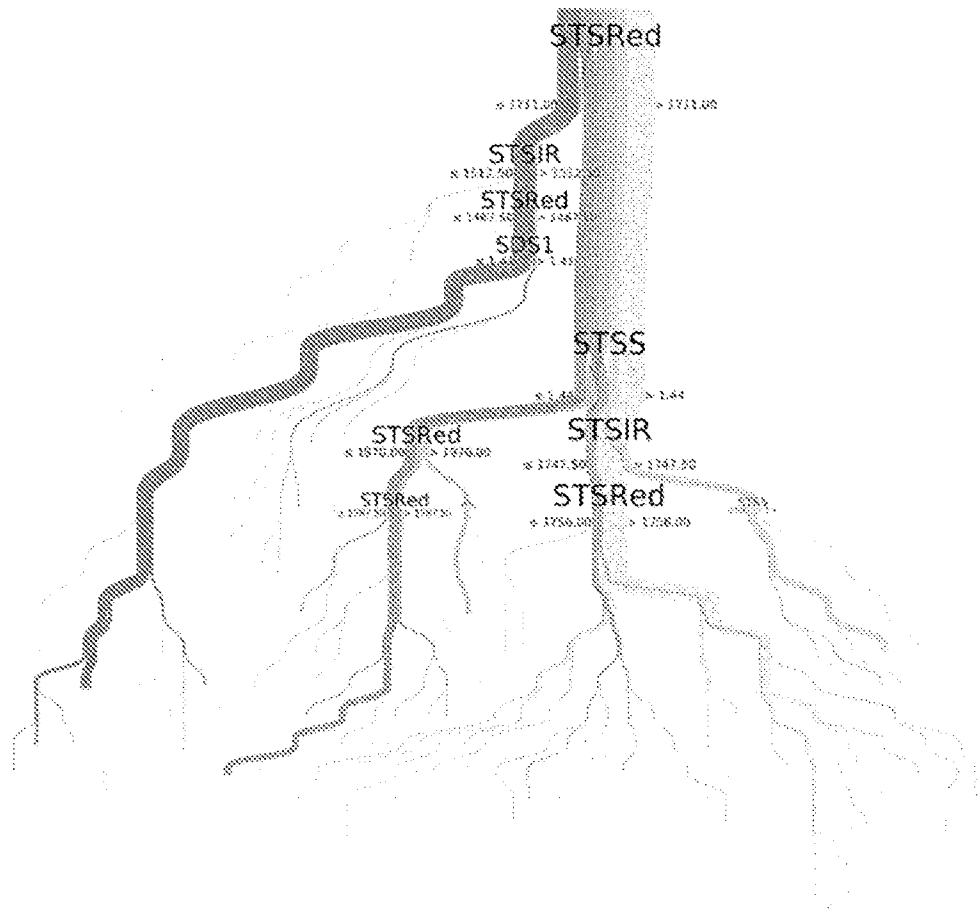


Figura 17

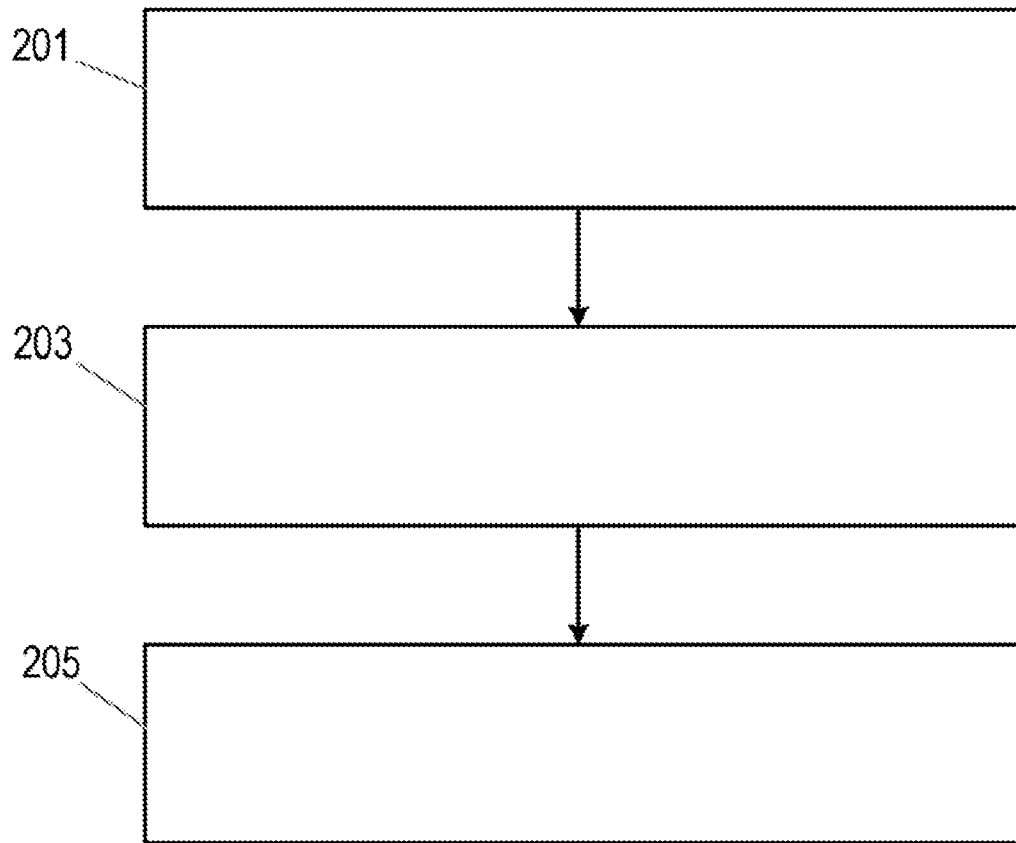


Figura 18