

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 403**

51 Int. Cl.:

A61B 5/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2018** **E 18195776 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2024** **EP 3627444**

54 Título: **Método y sistema para determinar una característica de una superficie queratínica y método y sistema para tratar dicha superficie queratínica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.11.2024

73 Titular/es:

L'OREAL (100.0%)
14 rue Royale
75008 Paris, FR

72 Inventor/es:

PERROT, MATHIEU;
MALHERBE, EMMANUEL;
WASSERMAN, THIERRY;
CHARBIT, JOHN y
BOKARIS, PANAGIOTIS-ALEXANDROS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 986 403 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

Método y sistema para determinar una característica de una superficie queratínica y método y sistema para tratar dicha superficie queratínica

La presente invención se refiere a un método y sistema para determinar al menos una característica de una superficie queratínica y a un método y sistema para tratar dicha superficie queratínica.

El método está dirigido particularmente a la evaluación y el tratamiento de cabellos humanos y, más particularmente, a un método y sistema para decolorar o teñir cabellos, tal como se divulga en los documentos WO2004002300A2 y US9316580B2, por ejemplo.

La industria de la salud y la belleza aprovecha los avances tecnológicos para mejorar la experiencia del consumidor con sus productos y servicios. Existe una profunda tendencia a ofrecer productos que se adapten a las necesidades del usuario y se ajusten a sus características específicas. Esta tendencia se denomina, en términos generales, "personalización".

La "personalización" puede pertenecer a cualquier parte del cuerpo, pero resulta de particular interés para las partes del cuerpo expuestas, tales como la cara (maquillaje o productos de cuidado, en particular, base) y el cuero cabelludo/los cabellos (productos de cuidado o tinte, por ejemplo).

Se conoce la oferta y recomendación de productos de maquillaje de base basándose en al menos una propiedad de la piel del usuario (tal como "Le Teint Particulier"® de LANCÔME®). También se conoce la oferta y recomendación de productos para el cabello basándose en algunas propiedades de los cabellos.

La "personalización" va más allá de la mera oferta de una gama más o menos amplia de productos que corresponden, cada uno, a una categoría dedicada de usuarios, siendo a menudo el desafío poder recomendar el producto más apropiado para el usuario en cuestión en función de sus rasgos personales.

De manera general, la "personalización" comprende una primera etapa de diagnóstico destinada a obtener datos que son específicos de dicho usuario, usándose entonces los datos para determinar un tratamiento y/o producto o productos posteriores apropiados que se aplicarán a la parte del cuerpo en cuestión del usuario.

Hasta hace poco, algunas o todas las etapas se usaban a menudo para que las realizara manual o visualmente un experto, tal como un peluquero o un asesor de belleza. Se conoce, por ejemplo, dirigirse al usuario con un cuestionario específico, cuyas respuestas se usan para determinar el producto supuestamente más adecuado (por ejemplo, el documento US-A1-2014/0216492). Por supuesto, un método de este tipo es altamente variable y subjetivo, y existe una necesidad general de mejorar tanto la relevancia como la fiabilidad de la recomendación de producto.

Para mejorar la relevancia y fiabilidad de la recomendación de producto, algunas o todas las etapas pueden realizarse usando herramientas y dispositivos e, incluso, automatizarse.

Por ejemplo, la obtención de datos de la parte del cuerpo en cuestión del usuario se puede hacer a través de una medición usando un dispositivo de medición apropiado (denominado "lector") para obtener uno o más atributos específicos que se cuidan para determinar el tratamiento o producto apropiado. Un ejemplo de un dispositivo de este tipo es el lector CAPSURE comercializado por X-RITE y capaz de devolver un código de datos de color de la piel de un usuario.

Los datos recopilados pueden entonces alimentarse (posiblemente con otros datos adicionales) a una unidad informática que ayudará a determinar el producto más adecuado de acuerdo con diversos conjuntos de reglas.

El tratamiento o producto posterior determinado de acuerdo con los datos recopilados puede ser un producto listo para usar elegido de un catálogo o en una base de datos (tal como en los documentos US5478238 o US9519927, que divulgan métodos para encontrar productos de base coincidentes) o un producto personalizado, cuya composición se ha determinado basándose en los datos obtenidos anteriormente.

El producto recomendado puede comprarlo o pedirlo a continuación el usuario. En caso de un producto personalizado (o producto hecho a medida), dicho producto personalizado puede fabricarse *in situ*, directamente en la tienda o en el salón de belleza/la peluquería mediante un dispositivo capaz de mezclar componentes de acuerdo con la composición personalizada y dispensar dicha composición. El producto personalizado también puede pedirlo el usuario para su posterior entrega.

Como un ejemplo completo de un sistema de este tipo, el documento US9316580B2 mencionado anteriormente divulga un método de realización de un tratamiento personalizado de fibras queratínicas que comprende una etapa de diagnóstico usando un lector óptico configurado para adquirir un espectro de los cabellos, usándose dicho espectro para calcular una composición de tratamiento de cabello posterior, fabricándose y dispensándose después la

composición apropiada mediante un dispositivo correspondiente. También se puede hacer referencia al documento WO2011024160A1.

5 Como se ha mencionado anteriormente, obtener datos fiables, objetivos y relevantes del usuario puede ser particularmente desafiante. Este es especialmente el caso de los cabellos o el cuero cabelludo debido a su textura y entorno específicos.

En función de la información deseada que se busca, pueden usarse diferentes técnicas:

10 el documento KR-A1-101456942 divulga un dispositivo de diagnóstico del estado del cabello y el cuero cabelludo que comprende una unidad de sensor para diagnosticar un estado del cabello o el cuero cabelludo de un usuario de manera objetiva mediante la comparación de muestras de cabello o cuero cabelludo previamente almacenadas basándose en señales de diagnóstico diagnosticadas por un estado del cabello o el cuero cabelludo. En particular, el dispositivo puede comprender un sensor de imagen para adquirir imágenes de un área del cuero cabelludo. Las imágenes
15 adquiridas pueden procesarse a continuación a través de un módulo de análisis de imágenes usando, por ejemplo, reconocimiento de intensidad de luz, reconocimiento de color o análisis de contraste para determinar algunas propiedades de los cabellos, tales como número de cabellos, diámetro, etc. Si bien este documento establece que el cabello y el cuero cabelludo tienen un fuerte contraste y, por tanto, pueden distinguirse claramente entre sí en la imagen, en realidad, este no suele ser el caso, ya que los cabellos son al menos parcialmente translúcidos, en función
20 del nivel de melanina que contengan. Esto es particularmente cierto para cabellos delgados, cabellos blancos y rubios, que son los más difíciles de identificar y contar.

El documento WO2017207455, presentado a nombre del presente solicitante, también propone un método para analizar un estado del cuero cabelludo y/o los cabellos que comprende la etapa de tomar fotografías en diferentes
25 condiciones de iluminación (luz blanca y luz UV-azul), para mejorar la detección de los cabellos y revelar mejor los cabellos claros y blancos. Las imágenes se procesan a continuación, en concreto, a través de análisis de contraste de una manera complementaria.

El documento US2012253203 divulga un método para obtener imágenes de una superficie de la piel que presenta
30 cabellos, tal como un área del cuero cabelludo, para determinar un estado de crecimiento de la piel y el cabello. El método comprende tomar fotografías de la superficie en cuestión bajo diferentes ángulos de visión, procesándose entonces dichas imágenes potencialmente mediante análisis informático para determinar propiedades tales como el número de cabellos que sobresalen de la superficie de la piel, el grosor de los cabellos, el diámetro o la forma de sección transversal de los cabellos, la longitud de los cabellos que sobresalen de la superficie.

35 El documento US2009036800 se refiere a un densitómetro de cabello. El densitómetro funciona tomando fotografías ampliadas de un área del cuero cabelludo. Los cabellos visibles en la imagen pueden contarlos y medirlos un técnico o mediante cualquier sistema automatizado adecuado.

40 En función del atributo específico que se vaya a determinar, deben desarrollarse algoritmos específicos para procesar las imágenes. Tales algoritmos pueden requerir alta potencia de cálculo y carecer de versatilidad, ya que son dedicados para trabajar en un atributo específico. En el área específica de la medición de propiedades del cabello, la naturaleza misma de los cabellos hace que sea particularmente difícil diseñar algoritmos.

45 Además, en el área específica del teñido o la decoloración del cabello, un diagnóstico fiable y verdadero del color de cabello original es primordial, ya que tendrá un fuerte impacto en el color final que se vaya a obtener. Normalmente, esto lo hace un experto visualmente, tal como el peluquero del usuario, de acuerdo con su experiencia y la ayuda de escalas que muestran diferentes tonos de cabello y colores de cabello.

50 A principios del año 2003, la empresa COLORIGHT, ahora parte del grupo L'OREAL, propuso un sistema para determinar y preparar una composición de tinte para el cabello basándose en el color del cabello del usuario. Los datos de color se obtienen, clásicamente, usando un espectrofotómetro, cuyo espectro se usa para calcular la composición de tinte para el cabello apropiada y predecir el resultado de teñido final. Para obtener información
55 adicional sobre las aplicaciones de COLORIGHT, se puede hacer referencia al documento WO2004002300, previamente citado, y a las solicitudes posteriores. La patente posterior citada anteriormente US9316580B2 también es de particular relevancia para una descripción del sistema global.

Existen varios documentos dirigidos a la medición del color del cabello del usuario.

60 Se puede hacer referencia al documento US6067504, que divulga un método para identificar correctamente un color del cabello usando un colorímetro. El método utiliza, además, los valores Hunter L, a, b, del cabello y usa estos para proponer un agente colorante apropiado que pueda lograr el tono de cabello deseado a partir de una base de datos predefinida.

65 Un problema particular en lo que respecta al uso de un espectrofotómetro para medir el color del cabello es que este toma un espectro de toda el área de medición, incluyendo dicha área la piel del cuero cabelludo y los cabellos. Los

espectrofotómetros son capaces de medir el color de un objeto con alta precisión, pero promedian su valor en toda el área de medición, normalmente del orden de 1 cm². Por tanto, el color obtenido realmente a partir del espectro no corresponde exactamente al color verdadero de los cabellos del usuario y puede requerir corrección.

5 En el contexto específico de la medición del color del cabello, el espectrofotómetro no se puede usar cerca del cuero cabelludo para mediciones de raíces, ya que promediarían toda el área, mezclando valores de cabello y cuero cabelludo y dependiendo, en gran medida, del área exacta que se mida.

10 Así mismo, un espectrofotómetro o colorímetro es dedicado para la medición del color, y la obtención de datos relevantes adicionales, tales como la densidad de los cabellos, etc., no es posible o requiere sensores adicionales o un dispositivo dedicado adicional.

15 Para mejorar la fiabilidad de la medición, el documento US7508508 divulga el uso combinado de una unidad de análisis espectral y una unidad de imagen, usándose dicha unidad de imagen para visualizar la imagen del área medida, permitiendo así que el operador controle con precisión el área medida y realice una evaluación visual complementaria. Una solución de este tipo sigue siendo compleja y no es completamente satisfactoria.

20 También se puede hacer referencia al documento US7151851, que describe un sistema de análisis de color cosmético que analiza el color de un objeto tridimensional, tal como el cabello, a través de la adquisición mediante un sensor de cámara, y produce una determinación del color cosmético mediante el pesaje relativo de múltiples colores cosméticos. Sin embargo, el sistema no tiene en cuenta el entorno del cuero cabelludo y el cabello.

25 En otro enfoque, el documento US8428382 propone un método y un aparato para visualizar imágenes de regiones de cabello con el fin de evaluar el peinado del cabello usando procesamiento de imágenes.

30 El artículo "Hair Color Classification in Face Recognition using Machine Learning Algorithms" de Saman Sarraf del departamento de ingeniería eléctrica e informática, Universidad McMaster, Hamilton, Ontario, Canadá, divulga un enfoque para la clasificación del color del cabello en el reconocimiento facial usando algoritmos de aprendizaje automático.

35 Sin embargo, a pesar de las diversas pruebas, un dispositivo funcional que logre transformar el diagnóstico del cabello sigue siendo un tema desafiante.

Existe la necesidad de desarrollar aún más el sistema y permitir una recopilación versátil, fiable y objetiva de datos de cuero cabelludo y cabello. Además, el color del cabello y la densidad del cabello no son los únicos parámetros relevantes y es posible que se desee recopilar otros parámetros específicos del usuario.

40 Para este fin, existe la necesidad de un método mejorado para diagnosticar un estado de la piel, el cuero cabelludo y/o los cabellos, con el fin de obtener datos fiables específicos para un usuario que pueden usarse a continuación con un sistema de recomendación de producto personalizado o en un sistema de fabricación de composición o dispensación personalizado.

45 La presente solicitud propone una solución a al menos parte de las limitaciones mencionadas anteriormente y se refiere a un método para determinar al menos una característica física y/o química de una superficie queratínica de un usuario, como se define en la reivindicación 1.

50 De hecho, se ha descubierto sorprendentemente que, después de haberse entrenado con un conjunto de entrenamiento adecuado, los modelos de aprendizaje automático aplicados a las imágenes de la piel del usuario podrían dar buenos resultados en la evaluación y clasificación de una propiedad física y/o química de la superficie queratínica que se vaya a medir.

55 Si bien sigue siendo sencillo de usar e implementar, ya que se basa en imágenes (visión artificial) y no requiere un sensor específico, también se ha descubierto que el análisis de imágenes mediante el uso de un modelo de aprendizaje automático podría ayudar a evaluar propiedades que son significativamente difíciles o imposibles de evaluar a simple vista, incluso un ojo experto.

60 Al devolver o emitir un valor numérico (diferente de una etiqueta predicha por un modelo de clasificación), el método propuesto permite una determinación cuantitativa de las características deseadas. El valor cuantitativo puede usarse entonces como datos de entrada en cálculos y transformaciones adicionales. Esto va más allá de una mera clasificación donde se devuelve una clase o categoría, aunque la etiqueta de la categoría pueda usar números.

Más específicamente, el valor numérico devuelto es una variable de salida continua que es un valor real, tal como un valor de número entero o de punto flotante. Estas son, a menudo, cantidades tales como sumas y tamaños.

65 El modelo de aprendizaje automático es un modelo de regresión. Alternativamente, el modelo de aprendizaje automático es un modelo de clasificación donde las etiquetas tienen una relación ordenada (modelo de discretización),

ordenándose dichas etiquetas a un intervalo continuo correspondiente a la característica física/química que se vaya a estimar.

5 Es importante tener en cuenta que, si bien un modelo de clasificación puede predecir un valor continuo, dicho valor está en forma de una probabilidad para una etiqueta de clase. Un modelo de regresión puede predecir un valor discreto, pero dicho valor discreto está en forma de una cantidad de número entero.

Preferentemente, la imagen es una imagen de alta resolución.

10 La imagen es una macroimagen de la superficie queratínica. Como se entiende comúnmente, una macroimagen es una imagen tomada con una relación de aumento de 1:1 o superior. Preferentemente, cada píxel tiene un tamaño máximo de 10 µm de modo que haya varios píxeles a lo largo de un diámetro de un mechón de cabello.

15 Los datos de imagen se pueden obtener a través de un sensor de imagen conocido, tal como un sensor de imagen CMOS o CCD. Además, la imagen no presenta paralelaje, ventajosamente.

20 El método comprende una etapa de segmentación de imágenes de preprocesamiento, aplicándose el modelo de aprendizaje automático a al menos un segmento identificado. La segmentación de imágenes tiene como objetivo extraer objetos significativos asociados con la característica que se vaya a determinar. La segmentación de imágenes es el proceso de partición de la imagen digital en múltiples segmentos o conjuntos de píxeles para simplificar y/o cambiar la representación de una imagen hasta obtener algo que sea más significativo y más fácil de analizar. La segmentación de imágenes se usa normalmente para localizar objetos y límites (líneas, curvas, etc.) en imágenes. Una etapa de preprocesamiento de este tipo mejorará la predicción realizada por el modelo de aprendizaje automático al resaltar objetos específicos en los datos de imagen. Por ejemplo, se puede segmentar una imagen del cuero cabelludo para identificar píxeles que es muy probable que sean cabellos. El modelo de aprendizaje automático puede aplicarse a continuación a esos segmentos específicos para una mejor predicción.

30 De acuerdo con una primera realización, la etapa de segmentación se realiza mediante análisis de contraste. De acuerdo con una segunda realización, la etapa de segmentación se realiza mediante la aplicación de un modelo de aprendizaje automático a la imagen, en concreto, un modelo de clasificación.

Pueden realizarse otras etapas de preprocesamiento sobre los datos de imagen, tales como calibración y corrección de color.

35 La imagen es una imagen RGB o una imagen CMYK o se codifica en otro espacio de color. Como alternativa, la imagen es una imagen multiespectral que comprende al menos una banda espectral elegida entre la banda espectral visible de 380 nm a 700 nm, la banda de UV de 300 a 380 nm (o incluso de 200 a 380 nm para la banda de UV cercano) y la banda de IR de 700 a 1500 nm. La imagen también puede ser una imagen infrarroja.

40 Ventajosamente, el método comprende una etapa posterior de recomendación de un producto cosmético basándose en al menos algunas de las características de valor real. Como se sabe, el producto puede seleccionarse en una base de datos en función de sus propiedades enumeradas.

45 De acuerdo con la presente solicitud, se entiende que un "producto cosmético" o una "composición cosmética" significa un producto tal y como se define en el Reglamento 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 30 de noviembre de 2009, con respecto a productos cosméticos.

50 En una realización específica, el método comprende una etapa posterior de determinación de una composición de producto cosmético recomendada basándose en al menos algunas de las características de valor real.

Por supuesto, algunos parámetros y características adicionales obtenidos a través de diferentes maneras (medición, cuestionario, análisis de imagen) pueden tenerse en cuenta en combinación al determinar el producto y la composición recomendados.

55 Ventajosamente, el método comprende la etapa posterior de fabricación y dispensación de un producto cosmético de acuerdo con la composición recomendada. En particular, el método comprende la etapa de mezclar al menos algunos de los componentes en una unidad de mezcla. En el caso particular del tinte para el cabello, el método comprende la etapa de dispensar al menos un agente colorante de tinte para el cabello (preferentemente en forma sólida como una perla o tableta) en un agente base de oxidación de tinte para el cabello (preferentemente en forma de líquido o crema).

60 La superficie queratínica representada en la imagen es un área del cuero cabelludo del usuario que comprende cabellos.

65 Ventajosamente, el área representada en la imagen es una región de la raíz del cabello del usuario. Las raíces del cabello (es decir, el primer centímetro desde el cuero cabelludo) nos presentan porciones de fibra de cabello limpias que no se han sometido a cambios de color como consecuencia de teñido del cabello o las condiciones ambientales.

Por lo tanto, son una medida de las características basales del cabello de una persona.

De acuerdo con la presente solicitud, la característica que se va a determinar es el tono del cabello, habiéndose entrenado el modelo de aprendizaje automático en consecuencia para evaluar dicha característica.

Preferentemente, el modelo de aprendizaje automático es una red neuronal convolucional previamente entrenada.

En una primera realización específica, el método está dirigido a la determinación del tono natural del cabello de un usuario, comprendiendo el método la etapa de:

- recibir datos correspondientes a una imagen de una superficie del cuero cabelludo del usuario, comprendiendo dicha imagen cabellos, preferentemente separados a lo largo de una línea mediana de la imagen,
- segmentar la imagen para extraer conjuntos de píxeles que correspondan a cabellos probables,
- transformar los valores de espacio de color de los píxeles de cabello segmentados en espacio de color CIELAB,
- devolver una estimación de tono de cabello de valor real basándose en el valor de luminosidad mediana de los píxeles de cabello segmentados.

En un ejemplo que no entra dentro del alcance de las reivindicaciones, el método está dirigido a la determinación del tono natural del cabello de un usuario, comprendiendo el método la etapa de:

- recibir datos correspondientes a una imagen de una superficie del cuero cabelludo del usuario, comprendiendo dicha imagen cabellos, preferentemente separados a lo largo de una línea mediana de la imagen,
- devolver una estimación de tono de cabello de valor real mediante la aplicación de una red neuronal convolucional previamente entrenada. Aunque sea posible, este método no necesita una etapa de segmentación, ya que parecía que una RNC previamente entrenada adecuadamente no requeriría segmentación para ofrecer buenos resultados.

La presente solicitud también se refiere a uno o más medios de almacenamiento informático no transitorios que almacenan instrucciones utilizables por ordenador que, cuando las usa un dispositivo informático, hacen que el dispositivo informático realice un método de acuerdo con la invención.

La presente solicitud también se refiere a un sistema para implementar el método de acuerdo con la invención y, más específicamente, a un sistema para determinar al menos una característica física y/o química de una superficie queratínica de un usuario, comprendiendo dicho sistema un sensor de imagen configurado para adquirir una imagen de la superficie queratínica y para transmitir los datos de imagen a un procesador, configurándose dicho procesador para procesar los datos de imagen de acuerdo con un método de la invención.

Como se ha mencionado anteriormente, el sensor de imagen puede ser un sensor conocido en la técnica, tal como un sensor CCD o un sensor CMOS. En función de la imagen deseada, el sensor también puede ser un sensor multispectral y/o usar filtros, tales como un filtro de infrarrojos, para obtener una imagen infrarroja.

Ventajosamente, el sistema se integra al menos parcialmente en un dispositivo de cámara portátil.

Preferentemente, el sistema comprende un dispositivo de cámara que incluye el sensor de imagen, configurándose dicho dispositivo de cámara para transmitir los datos de imagen de manera inalámbrica a un dispositivo de procesamiento distante.

Alternativamente, el dispositivo de cámara también puede incluir la unidad de procesamiento y emitir directamente el valor de propiedad devuelto. De esta manera, el dispositivo de cámara forma una unidad de diagnóstico autónoma que puede ser fácilmente portátil y usarse como un dispositivo independiente.

La presente solicitud también se refiere a un sistema para fabricar un producto cosmético personalizado, en particular, un producto para el cuidado del cabello o la coloración del cabello, que comprende un sistema de determinación de características (preferentemente una unidad, es decir, portátil) de acuerdo con la invención y una unidad de dispensación configurada para suministrar un producto cosmético de acuerdo con las características obtenidas a partir del sistema de determinación de características. Ventajosamente, el sistema de determinación de características puede transmitir los datos de valor real de manera inalámbrica a la unidad de dispensación. Más específicamente, la unidad de determinación de características reenviará la característica de valor real como una entrada a una unidad informática (recomendación) que determinará un producto o composición de salida adecuado. La unidad de recomendación puede enviar, entonces, instrucciones de entrada a una unidad de mezcla y suministro para proporcionar al usuario el producto o la composición recomendados.

El objeto de la presente solicitud se entenderá mejor en vista de la siguiente descripción detallada hecha en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra, en términos generales, las diversas etapas secuenciadas para determinar el tono natural del cabello de un usuario de acuerdo con la presente invención.

la figura 2 ilustra, en términos generales, el proceso de entrenamiento implicado en la obtención de los modelos de

aprendizaje automático que se van a aplicar.

la figura 3 muestra la cadena de etapas para el uso de un modelo colorimétrico.

5 la figura 4 ilustra las diversas capas aplicadas a la imagen adquirida del cuero cabelludo.

Como se ha mencionado anteriormente, un sector que se enfrenta a muchos desafíos en esta era digital es el cuidado del cabello y la coloración del cabello. Debido a la naturaleza compleja del cabello y el proceso de teñido del cabello, un diagnóstico preciso del cabello es vital para brindar a los clientes productos personalizados para el cuidado y la coloración del cabello.

Al ser las características relacionadas con el cabello las más difíciles de obtener de una manera fiable, la siguiente descripción se ilustra mediante mediciones del cabello.

15 Actualmente, en los salones de belleza, la primera etapa necesaria antes de aplicar cualquier producto de coloración del cabello o recomendar un tratamiento de cabello es el diagnóstico de cabello. Entre los atributos importantes que el peluquero necesita estimar se encuentran el tono del cabello, el porcentaje de cabello blanco, el diámetro y la densidad del cabello.

20 La raíz del cabello es, comúnmente, la única región donde tenemos acceso al cabello que no se ha visto alterado por factores externos, tales como colorantes naturales/artificiales. Es una región donde podemos medir el color natural del cabello y el porcentaje de cabello blanco, así como la densidad del cabello.

25 Las raíces del cabello (es decir, el primer centímetro desde el cuero cabelludo) nos presentan porciones de fibra de cabello limpias que no se han sometido a cambios de color como consecuencia de teñido del cabello o las condiciones ambientales. Por lo tanto, son una medida de las características basales del cabello de una persona.

30 Las imágenes adquiridas en la región de las raíces muestran no solo cabellos, sino también el cuero cabelludo, que puede variar mucho en color, oleosidad y contenido de caspa. Además, las propias fibras de cabello, particularmente en la porción de la raíz, son translúcidas, lo que da como resultado una dependencia del color del fondo del cuero cabelludo, y tienen una cierta variabilidad natural tanto en color como en grosor. Actualmente, los peluqueros realizan este diagnóstico manualmente y, a pesar de su experiencia y capacitación, no siempre son capaces de realizar estimaciones precisas de todos estos atributos, especialmente en las condiciones de iluminación no estándar de los salones de belleza.

35 Establecer diagnósticos de cabello precisos en las raíces es un desafío significativo con un impacto drástico en la coloración del cabello, la personalización de belleza y la evaluación clínica.

40 El método de acuerdo con la presente solicitud se ilustrará en detalle para la medición del tono del cabello (especialmente la medición del tono natural del cabello).

45 El tono natural del cabello es el atributo visual de la luminosidad/oscuridad del cabello y se relaciona con la concentración de melanina del cabello. Como tal, se ve limitado por el espacio de color de los colores de cabello existentes en la naturaleza. Se mide tradicionalmente usando una escala logarítmica que comienza en 1, para cabello muy oscuro, hasta 10, para cabello rubio muy claro.

50 Dado que el tono de cabello se separa en 10 categorías, se podría abordar este problema como un problema de clasificación. Sin embargo, los expertos en color han evaluado los tonos con una precisión de 1/4 de tono de cabello, por lo que considerar de 1 a 10 clases perdería esta precisión en las etiquetas de clase. Por consiguiente, el problema se ha abordado como un problema de regresión, lo que supone un orden y una continuidad entre los valores del tono del cabello. Por consiguiente, el método estima y devuelve un tono de cabello de valor real.

55 Con respecto al presente método para valorar una propiedad del cabello, un punto importante es que la escala de tono de cabello es una notación de escala perceptualmente lineal que es apropiada para su uso con el presente método que devuelve un valor numérico (predicción) y no una clase *per se* (clasificación).

De acuerdo con la presente solicitud, determinar el tono natural del cabello de un usuario comprende las siguientes etapas, cuya secuencia general se muestra en la figura 1.

60 En primer lugar, se toma una imagen I del cuero cabelludo 10 del usuario en las raíces de cabello 11 usando un dispositivo de cámara 20 que forma una unidad de diagnóstico. El dispositivo de cámara 20 es, preferentemente, portátil. La imagen I corresponde a un área de objeto (cuero cabelludo) de aproximadamente 12 x 17 mm. La imagen I se adquiere mediante un sensor CMOS RGB de 2000 x 1200, pero se puede usar otro tipo de sensores de alta resolución.

65 Antes de la adquisición, se separa una línea en la cabeza del sujeto para tener una vista sin obstáculos de las raíces

de cabello 11. Como consecuencia, las imágenes tienen una simetría axial alrededor de su centro y, por tanto, generalmente están orientadas, con el cuero cabelludo 10 en el centro y más cabellos en la parte superior e inferior.

El método se usa para estimar un valor de tono de cabello h imparcial. Sin embargo, este tono de cabello h no se puede leer directamente a partir de las imágenes I adquiridas, ya que presentan una mezcla entre el cabello 11 y el cuero cabelludo 10. Asimismo, debido a la transparencia del cabello, el color del cuero cabelludo puede influir en los píxeles visibles del cabello.

Por ende, los datos de imagen I se procesarán con el objetivo específico de obtener tonos de cabello h precisos. De acuerdo con la presente invención, los datos de imagen se procesan mediante la aplicación de un modelo de aprendizaje automático a dicha imagen antes de devolver un tono de cabello de valor real numérico.

Los modelos de aprendizaje automático descritos en lo sucesivo se han entrenado estadísticamente usando un conjunto de entrenamiento que comprende 11.175 fotografías tomadas en 407 sujetos. Cada imagen se ha evaluado y etiquetado con un valor real de la propiedad deseada (el proceso de entrenamiento se muestra, en términos generales, en la figura 2).

Una estimación del tono de cabello se ha realizado usando los siguientes dos enfoques; en concreto, un modelo colorimétrico y un modelo de aprendizaje profundo basado en una red neuronal convolucional (RNC).

Modelo colorimétrico

La idea detrás de este enfoque es transformar el dispositivo de obtención de imágenes en un dispositivo colorimétrico que sea capaz de proporcionar valores de color estándar del cabello y relacionarlos con el atributo perceptual del tono de cabello. La cadena completa de este enfoque se separa en las tres etapas siguientes que se muestran en la figura 3.

En primer lugar, la imagen I adquirida se preprocesa a través de una etapa de segmentación S . Más precisamente, los píxeles de cabello de interés se segmentan a partir de la imagen. A continuación, los valores RGB de los píxeles de cabello segmentados se transforman en espacio de color CIELAB y un modelo colorimétrico M ajustado estima el tono de cabello a partir del valor L^* mediano del cabello. Como tal, este enfoque colorimétrico implica el uso de dos modelos de aprendizaje automático independientes aplicados sucesivamente a los datos de imagen: en primer lugar, se aplica un modelo de aprendizaje automático para realizar la conversión de espacio de color, y a continuación, se aplica un segundo modelo de aprendizaje automático para una estimación del tono de cabello formar cabello de medio L^* .

La segmentación de cabello S es la primera etapa de preprocesamiento. El objetivo principal de esta etapa es transformar los diferentes valores RGB de píxeles de cabello en un único valor $L^*a^*b^*$ integral. Por lo tanto, en lugar de segmentar todos los píxeles de cabello en la imagen, que pueden introducir valores atípicos, es preferible segmentar de manera robusta un número adecuado de píxeles de cabello evitando especularidades y otros artefactos. El método de segmentación se basa en la umbralización adaptativa para segmentar ampliamente el cabello desde las áreas del cuero cabelludo. Antes de la umbralización, se aplica un filtro gaussiano para reducir el ruido en la imagen. Por último, las regiones de cabello resultantes se clasifican por tamaño usando análisis de componentes conectados para eliminar pequeñas áreas detectadas que podrían ser especularidades u otros artefactos falsamente segmentados como cabello.

A continuación, los valores RGB se convierten al espacio de color CIELab mediante la aplicación del modelo de aprendizaje automático. Más específicamente, el dispositivo de cámara debe calibrarse para transformar los valores RGB dependientes del dispositivo en un espacio de color independiente del dispositivo. El espacio de color CIELAB se seleccionó para esta transformación, ya que es relativamente uniforme desde el punto de vista de la percepción y se usa ampliamente en la industria.

Existen diversos métodos en la bibliografía que proporcionan mediciones $L^*a^*b^*$ del cabello. Para el proceso de calibración, se propone estimar el valor $L^*a^*b^*$ $r \in \mathbb{R}^3$ de cada píxel RGB expresado como $x \in \mathbb{R}^3$, usando el siguiente modelo:

$$\hat{r}(x) = C_r \phi(x)$$

donde $\phi(x)$ es un polinomio de tercer grado ($N = 20$) de los valores de píxel RGB x y C_r son los coeficientes correspondientes, aprendido estadísticamente por un modelo de aprendizaje automático en un conjunto de K parejas de entrenamiento. Esos pares se obtuvieron adquiriendo imágenes de parches de color predefinidos con valores $L^*a^*b^*$ medidos r_i . Para cada parche x_i adquirido por el dispositivo, tomamos la mediana de píxeles RGB para resolver el problema de regresión:

$$\arg \min_{C_r} \sum_{i=1}^K \|\hat{r}(x_i) - r_i\|^2$$

que es la ecuación de forma cerrada de C_r y $\|\cdot\|^2$ indica la norma L^2 .

- 5 Una vez que los píxeles de cabello de interés se han segmentado, sus valores RGB se transforman en espacio CIELAB y se mantienen los valores $L^*a^*b^*$ medianos. Se ha observado que el valor perceptual que varía más significativamente entre los diferentes tonos de cabello es la luminosidad. Para mantener la sencillez del modelo y evitar un sobreajuste en los datos, el valor L^* se elige como el valor más correlacionado con el tono de cabello. Usando el conjunto de
- 10 entrenamiento, un spline de suavizado cúbico unidimensional $\hat{f}(l)$ se ajusta entre los M pares de L^* y los valores de tono del cabello, indicados como l_i y h_i , respectivamente. Estos pares de valores de L^* y tono de cabello se calcularon promediando todas las fotografías correspondientes de un participante. Elegimos automáticamente el número de nudos de spline como el número mínimo de manera que se cumpla la siguiente condición:

$$\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \|h(x_i) - \hat{f}(l_i)\|^2 \leq \sigma^2$$

- 15 El factor de suavizado σ se estableció en 0,35, de modo que ignorase pequeñas variaciones a lo largo del intervalo de tonos de cabello [1; 10].

- 20 Para concluir, el tono de cabello se predice a partir de una única imagen de entrada I . Segmentamos un subconjunto de píxeles de cabello robustos x en I . A continuación, después de convertir cada píxel x en un espacio $L^*a^*b^*$ usando $C_r\phi(x)$, calculamos el valor L^* mediano $l(I)$ de estos píxeles. Por último, el tono de cabello se proporciona mediante la aplicación del modelo de aprendizaje automático como:

$$\hat{h}(I) = \hat{f}(l(I))$$

25 Red neuronal de convolución

- La idea detrás de este enfoque es aprender qué patrones en la imagen se relacionan con el tono del cabello, sin suposición previa sobre los patrones que se vayan a extraer. Al contrario del modelo colorimétrico anterior que se
- 30 diseña para centrarse en la luminosidad de los píxeles del cabello, este segundo no tiene constancia previa del problema. El proceso de optimización es puramente estadístico y aprende los patrones en una imagen I de manera autónoma para estimar el tono de cabello $\hat{h}(I)$ correcto.

- La idea básica detrás de la RNC es aplicar operaciones lineales sucesivas, tales como convoluciones de 3×3 , con
- 35 funciones no lineales entre ellas, así como operaciones que reducen la dimensión espacial de la representación de imagen. Esto produce mapas de atributos de la imagen, que es una representación en patrones visuales. Después de sucesivas regresiones, tal representación se reduce a una única salida de valor real, que finalmente se asignará a las etiquetas h_i en el proceso de aprendizaje.

- 40 Todas estas operaciones se representan como capas sucesivas, que se muestran en la figura 4 para la red que proponemos para la presente aplicación de tono de cabello. En comparación con los modelos de RNC de última generación, tiene menos capas convolucionales; esto viene motivado por el hecho de que estamos buscando patrones más sencillos, tales como bordes y fibras delgadas, por lo que requiere menos convoluciones sucesivas para representarse mediante la red.

- 45 Las capas densas finales también se reducen, ya que tenemos una salida unidimensional $\hat{h}(I)$. Asimismo, se agregaron conexiones residuales a la arquitectura, para facilitar la optimización (enlaces directos en la retropropagación) y ampliar la representación del modelo con patrones más sencillos.

- 50 Para este fin, agregamos la salida de algunas capas a una última capa, que es una operación ligera que no requiere pesos adicionales. Para mejorar la velocidad, usamos convoluciones 2D separables, como alternativa más ligera a las convoluciones 2D regulares. Estas tienen menos parámetros que aprender y requieren menos cálculo. La idea es aplicar, en primer lugar, una convolución de 3×3 canal por canal (también denominada "en profundidad"), por tanto, más ligera que una convolución completa, y combinar, a continuación, los canales resultantes mediante una
- 55 convolución completa de 1×1 . Esta variante de convolución acelerará el proceso de entrenamiento, así como la predicción integrada en el dispositivo.

Ahora explicamos brevemente el proceso de optimización de un modelo de este tipo, con el fin de proporcionar cierta intuición con respecto a cómo aprende la red neuronal el patrón relevante para nuestro problema. Si retrocedemos

desde las operaciones sucesivas, observamos que nuestro tono de cabello estimado se puede escribir como

$$\hat{h}(I) = g(I, \Theta)$$

- 5 donde g representa todas las operaciones sucesivas de nuestra red neuronal y Θ es un vector que reagrupa todos los parámetros variables, en concreto, convoluciones y pesos de capas densas. Para encontrar valores apropiados para Θ , definimos una función de pérdida $\mathcal{L}(\hat{h}(I), h)$ que penaliza las predicciones $\hat{h}(I)$ lejos de la verdad fundamental h . En

nuestro caso, minimizamos el error cuadrático medio $\mathcal{L}(\hat{h}(I), h) = (\hat{h}(I) - h)^2$ sobre todas las imágenes I_i y tonos de cabello h_i de nuestro conjunto de datos:

10

$$\min_{\Theta} \sum_{i=1}^M \mathcal{L}(\hat{h}(I_i), h_i) = \min_{\Theta} \sum_{i=1}^M (g(I_i, \Theta) - h_i)^2$$

Nuestra estrategia para resolver esta minimización es actualizar iterativamente Θ usando descenso de gradiente estocástico:

15

$$\Theta' = \Theta + \varepsilon \widehat{\nabla_{\Theta} \mathcal{L}}$$

donde ε es la tasa de aprendizaje y $\widehat{\nabla_{\Theta} \mathcal{L}}$ es una aproximación del gradiente en el conjunto de datos completo. De

- 20 hecho, este gradiente completo $\sum_i \nabla_{\Theta} \mathcal{L}(\hat{h}(I_i), h_i)$ sería demasiado largo para calcular cada actualización. Usando retropropagación, el gradiente se puede calcular de manera eficiente para un minilote de imágenes de tamaño m . Θ se actualiza, por tanto, en cada minilote considerando un promedio móvil del gradiente

$$\widehat{\nabla_{\Theta} \mathcal{L}}' = \lambda \widehat{\nabla_{\Theta} \mathcal{L}} + (1 - \lambda) \frac{1}{m} \sum_{i \in B} \nabla_{\Theta} \mathcal{L}(\hat{h}(I_i), h_i)$$

- 25 donde λ es el impulso y B es el conjunto de índices i del minilote - $B \subset \{1..M\} | B| = m$.

Cada actualización de minilote de los pesos se basa, por tanto, en un historial del gradiente y no solo en el gradiente

- 30 de minilote $\sum_{i \in B} \nabla_{\Theta} \mathcal{L}(\hat{h}(I_i), h_i)$, que presenta altas variaciones a través de minilotes. En la práctica, pasamos 800 veces sobre todas las muestras de nuestro conjunto de datos, con una tasa de aprendizaje de $\varepsilon = 10^{-4}$ y usando un impulso de $\lambda = 0.9$. Al final, para ajustar aún más los parámetros Θ , pasamos 20 veces adicionales sobre nuestro conjunto de datos con una tasa de aprendizaje dividida por 10. Durante cada pasada, cada imagen I_i se voltea aleatoriamente horizontal y verticalmente para aumentar artificialmente nuestro conjunto de datos. Para nuestras capas sucesivas y el proceso de optimización, utilizamos la implementación de Keras basándose en el back-end de Tensorflow.

35

Si bien se ilustran mediante dos modelos de aprendizaje automático (modelo colorimétrico y modelo de red neuronal convolucional), se pueden usar otras técnicas de aprendizaje automático, siendo el aspecto principal de la presente solicitud el uso de un modelo de aprendizaje automático estadístico en lugar de la metrología clásica que usa la técnica de análisis de imágenes para extraer directamente el parámetro relevante y realizar realmente una medición.

40

La propiedad de valor real devuelta puede usarse, a continuación, como un parámetro para cálculos o etapas adicionales.

- 45 Como primera posibilidad, la propiedad de valor real puede usarse en un recomendador, comprendiendo el método una etapa posterior de recomendación de un producto cosmético basándose en dicha característica de valor real.

- 50 Como segunda posibilidad, en lugar de recomendar un producto existente, la característica de valor real puede usarse para calcular o determinar una composición de un producto cosmético basándose en un efecto o resultado deseado. Más específicamente, el método puede comprender una etapa de cálculo de una proporción y/o suma de un componente basándose en su poder de alteración de la característica de valor real para lograr el resultado deseado. Por ejemplo, si un usuario desea teñir su cabello para alcanzar un tono de cabello de 5 y su tono de cabello inicial es 7, el método comprenderá una etapa de cálculo de la suma de oxidante necesaria para alcanzar este resultado.

A continuación, la composición determinada puede fabricarse, *in situ* o fuera del lugar, y dispensarse o suministrarse en consecuencia al usuario.

5 Como se apreciará, los aspectos de la presente invención pueden incorporarse como un sistema, método o producto de programa informático. En consecuencia, los aspectos de la presente invención pueden adoptar la forma de una realización totalmente de hardware, una realización totalmente de software (incluido firmware, software residente, microcódigo, etc.) o una realización que combine aspectos de software y hardware. Así mismo, los aspectos de la presente invención pueden adoptar la forma de un producto de programa informático incorporado en uno o más medios legibles por ordenador que tienen un código de programa legible por ordenador incorporado en estos.

10 Se puede utilizar cualquier combinación de uno o más medios legibles por ordenador. El medio legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero sin limitación, un sistema, aparato o dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquier combinación adecuada de los anteriores. Ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) del medio de almacenamiento legible por ordenador incluirían los siguientes: una conexión eléctrica con uno o más cables, un disquete de ordenador portátil, un disco duro, un disco de estado sólido, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable y borrrable (EPROM o memoria Flash), una fibra óptica, una memoria de solo lectura de disco compacto (CD-ROM) portátil, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético, un dispositivo de almacenamiento de memoria de cambio de fase o cualquier combinación adecuada de los anteriores. En el contexto de este documento, un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser cualquier medio tangible que pueda contener o almacenar un programa para su uso o en conexión con un sistema de ejecución de instrucciones, aparato o dispositivo.

25 El código de programa informático para llevar a cabo operaciones para los aspectos de la presente invención se puede escribir en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, por ejemplo, un lenguaje de programación orientada a objetos tal como Java, Smalltalk, C++ o similares, o un lenguaje de programación por procedimientos convencional, como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. El código de programa puede ejecutarse íntegramente en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario, como un paquete de software independiente, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto o íntegramente en el ordenador o servidor remoto. En el último supuesto, el ordenador remoto puede conectarse al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, incluida una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión puede realizarse a un ordenador exterior (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet). Debe entenderse que el software para los sistemas informáticos de las realizaciones de la presente invención puede desarrollarlo un experto en la materia basándose en las descripciones funcionales contenidas en la memoria descriptiva y los diagramas de flujo ilustrados en los dibujos. Es más, cualquier referencia en el presente documento de software que realiza diversas funciones se refiere, en términos generales, a sistemas informáticos o procesadores que realizan esas funciones bajo control mediante software.

40 Las diversas funciones de los sistemas informáticos pueden distribuirse de cualquier manera entre cualquier cantidad de módulos de software o unidades, sistemas de procesamiento o informáticos y/o circuitería, donde los sistemas informáticos o de procesamiento pueden disponerse local o remotamente entre sí y comunicarse a través de cualquier medio de comunicación adecuado (por ejemplo, LAN, WAN, Intranet, Internet, cableado, conexión de módem, inalámbrico, etc.).

45 Más específicamente, el método detallado anteriormente se implementa en un sistema para determinar al menos una característica física y/o química de una superficie queratínica de un usuario, comprendiendo dicho sistema un sensor de imagen configurado para adquirir una imagen de la superficie queratínica objetivo, transmitiéndose los datos de imagen a un procesador configurado para procesar los datos de imagen de acuerdo con el método descrito anteriormente, en concreto, mediante la aplicación del modelo de aprendizaje automático, y devolver una estimación de valor real de la característica. Un sistema de este tipo forma una unidad de diagnóstico.

50 El sistema se integra en un dispositivo de cámara portátil. En una primera realización, el dispositivo de cámara comprende el sensor de imagen y los datos de imagen se procesan fuera del dispositivo de cámara en una unidad de procesamiento distante. Ventajosamente, los datos de imagen se transmiten de manera inalámbrica. En una realización alternativa, el sistema se integra por completo en el dispositivo portátil, lo que significa que el dispositivo de cámara también comprende la unidad de procesamiento. De esta manera, el dispositivo de cámara se puede usar como una unidad de diagnóstico autónoma y/o en tiempo real que emite directamente la propiedad de valor real.

60 El sistema puede comprender componentes adicionales para, por ejemplo, formar un sistema para fabricar un producto cosmético personalizado, en particular, un producto para el cabello, en concreto, un producto de coloración del cabello. Para este fin, el sistema comprende una unidad de diagnóstico como se ha descrito anteriormente y una unidad de dispensación configurada para suministrar un producto cosmético de acuerdo con las características obtenidas a partir de la unidad de diagnóstico. Para una descripción detallada de una unidad de dispensación, se puede hacer referencia al documento US9316580 citado anteriormente, cuyo contenido se integra por completo en el presente documento.

El sistema y el método descritos en la presente solicitud mejoran, por tanto, la automatización global del proceso de personalización. Para el tratamiento de cabello, en particular, un tratamiento de teñido del cabello, la automatización del proceso es vital para facilitar la vida de los peluqueros y equiparlos con herramientas que garanticen precisión, fiabilidad y eficiencia. Asimismo, usando tales dispositivos, podemos ir más allá de la percepción visual humana y ofrecer una notación objetiva que no varíe en función del peluquero y las condiciones; en otros términos, una notación estandarizada.

Los ejemplos anteriores son ilustrativos de cierta funcionalidad de realizaciones de la invención y no pretenden ser limitantes. De hecho, otra funcionalidad y otros posibles casos de uso resultarán evidentes para el experto en la materia tras la revisión de esta divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Método implementado por ordenador para determinar al menos una característica física y/o química de una superficie queratínica de un usuario, siendo dicha característica un tono de cabello, comprendiendo el método las etapas de:
- recibir datos correspondientes a al menos una imagen de la superficie queratínica codificada en un RGB o CMYK u otro espacio de color, representando dicha imagen un área del cuero cabelludo del usuario que comprende cabellos, siendo dicha imagen una macroimagen tomada con una proporción de aumento de 1:1 o superior,
- aplicar una etapa de segmentación de preprocesamiento configurada para identificar al menos un segmento de cabello,
- procesar la imagen transformando los valores de color del al menos un segmento de cabello identificado en el espacio de color CIELAB mediante la aplicación de un modelo de aprendizaje automático antes de aplicar sucesivamente al menos un segundo modelo de aprendizaje automático entrenado en consecuencia para evaluar dicha característica de la superficie queratínica a partir de valores L^* medianos de los píxeles del al menos un segmento de cabello identificado,
- devolver al menos un valor numérico correspondiente a un grado de la característica de la superficie queratínica que se vaya a determinar.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de segmentación se realiza mediante análisis de contraste.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de segmentación se realiza mediante la aplicación de un modelo de aprendizaje automático a la imagen.
4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que comprende una etapa posterior de recomendación de un producto cosmético basándose en al menos la característica.
5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que comprende una etapa posterior de determinación de una composición de producto cosmético recomendada basándose en al menos la característica.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que comprende la etapa posterior de fabricación y dispensación de un producto cosmético de acuerdo con la composición recomendada.
7. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el área representada en la imagen es una región de la raíz del cabello del usuario.
8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el modelo de aprendizaje automático es una red neuronal convolucional previamente entrenada.
9. Medios de almacenamiento informático no transitorios que almacenan instrucciones utilizables por ordenador que, cuando las usa un dispositivo informático, hacen que el dispositivo informático realice un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Sistema para determinar al menos una característica física y/o química de una superficie queratínica de un usuario, comprendiendo dicho sistema un sensor de imagen configurado para adquirir una imagen de la superficie queratínica y para transmitir los datos de imagen a un procesador, configurándose dicho procesador para procesar los datos de imagen de acuerdo con un método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
11. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que el sistema se integra al menos parcialmente en un dispositivo de cámara portátil.
12. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que el sistema comprende un dispositivo de cámara que incluye el sensor de imagen, configurándose dicho dispositivo de cámara para transmitir los datos de imagen de manera inalámbrica a un dispositivo de procesamiento distante.
13. Sistema para fabricar un producto cosmético personalizado, que comprende un sistema de determinación de características de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 y una unidad de dispensación configurada para suministrar un producto cosmético de acuerdo con las características obtenidas a partir del sistema de determinación de características.

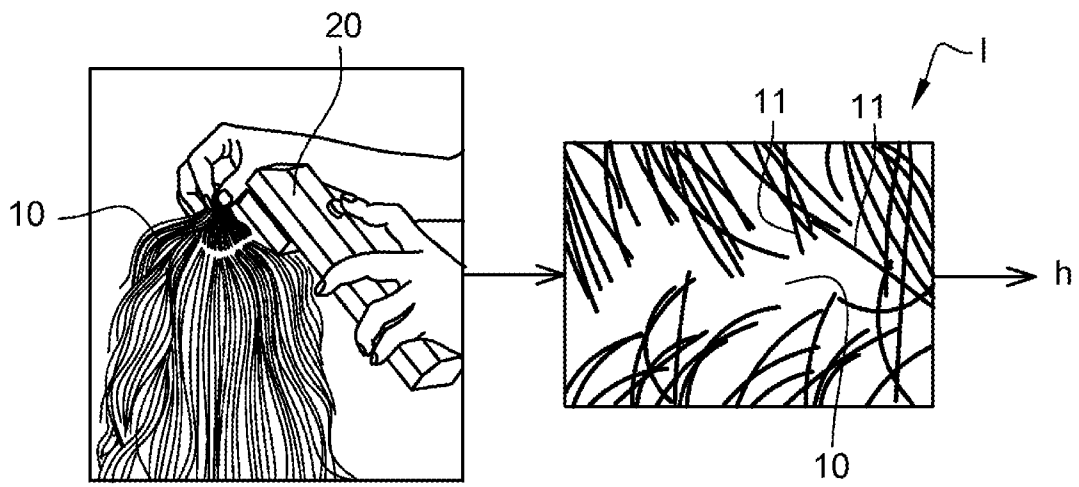


Fig. 1

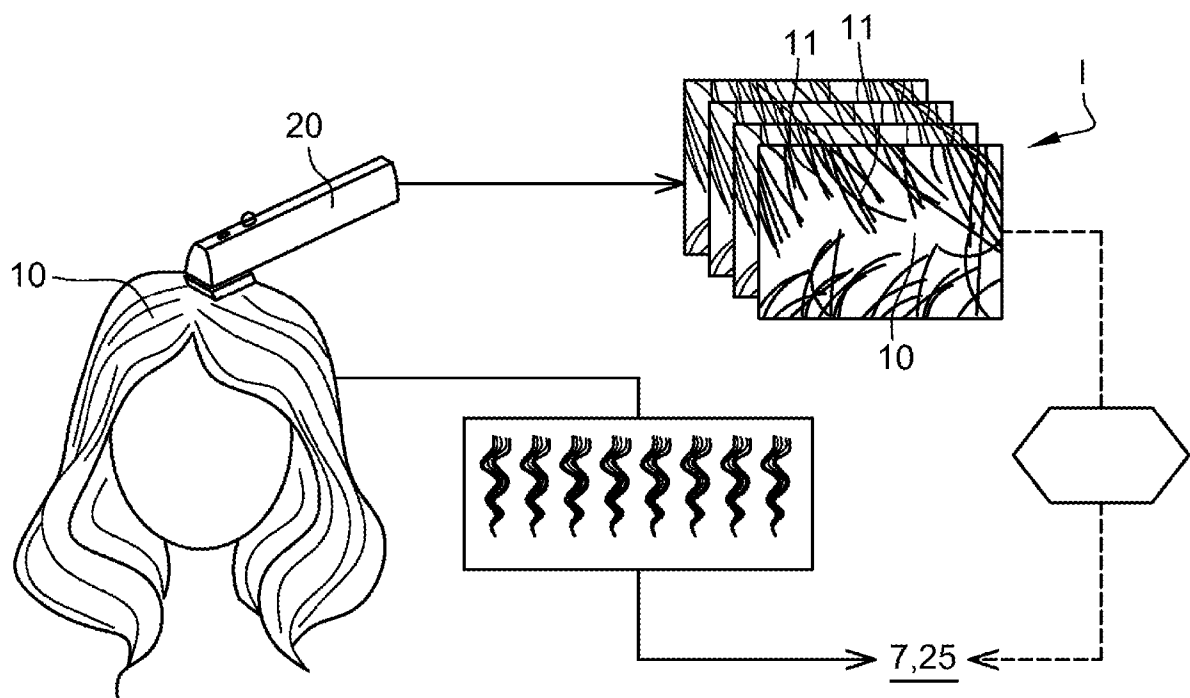


Fig. 2

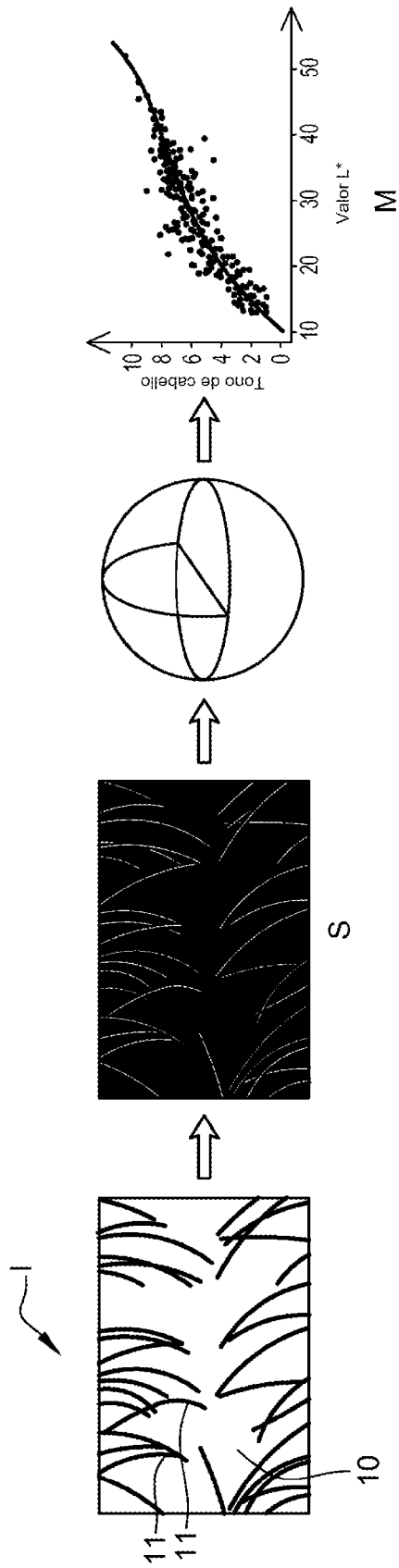


Fig. 3

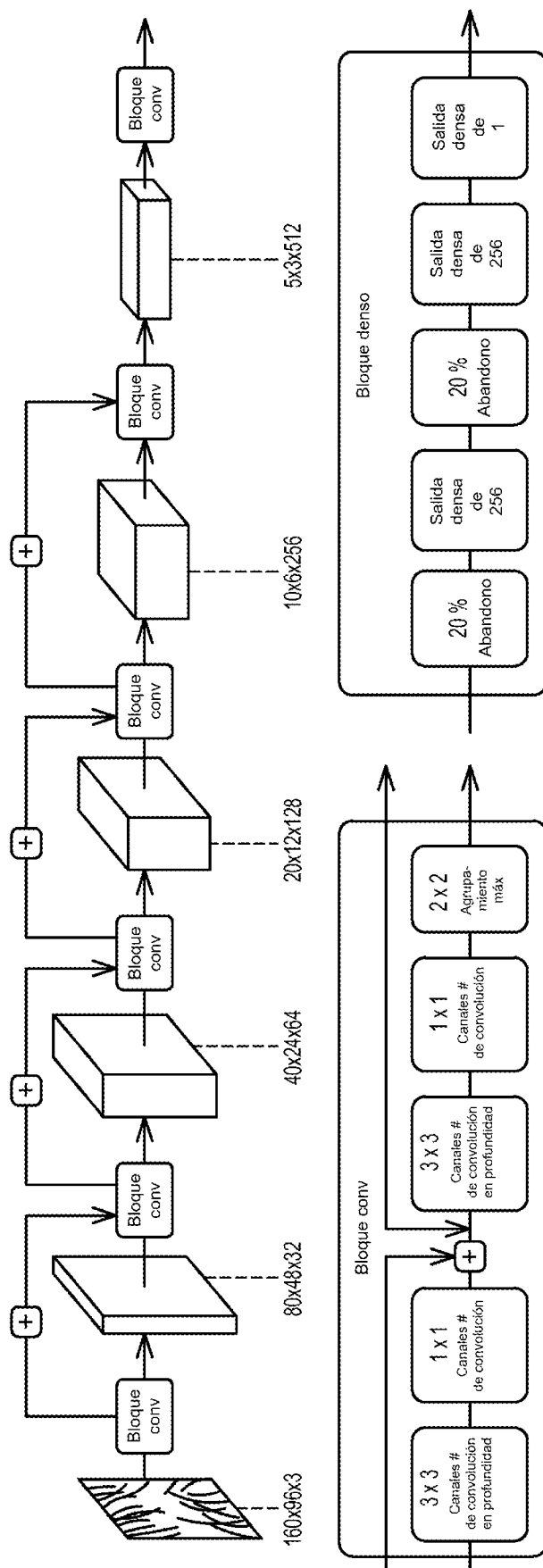


Fig. 4