

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 469 592**

51 Int. Cl.:

A61Q 5/10 (2006.01)

A61K 8/00 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

G01J 3/46 (2006.01)

G01N 21/25 (2006.01)

A45D 44/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2006 E 06711192 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 1856494**

54 Título: **Sistema de coloración capilar**

30 Prioridad:

28.02.2005 US 66205

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

18.06.2014

73 Titular/es:

**COLORIGHT LTD. (100.0%)
P.O. Box 740
76106 Rehovot, IL**

72 Inventor/es:

**GROSSINGER, NADAV;
BENNY, ELIYAHU;
GROSSINGER, ISRAEL;
SCHERTZ, AVIGDOR y
MERCIER, MICHEL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 469 592 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de coloración capilar

5 **Campo y antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a un colorante capilar, y, en particular, se refiere a la determinación de un tratamiento de coloración capilar para el cabello incluyendo cabello previamente teñido.

10 A modo de introducción, diferentes muestras capilares reaccionan de manera diferente al proceso de blanqueo y tinción debido a, entre otros factores, la diferente estructura de pigmento químico del cabello así como a la condición del cabello objeto de tratamiento. La técnica anterior incluye muchos métodos que tratan de predecir el color final del cabello con el fin de minimizar errores y el aumento de insatisfacción por parte del cliente con los productos de coloración capilar.

15 De relevancia para la presente invención es la patente de Estados Unidos 4.434.467 de Scott. La patente de Scott describe un método por medio del cual el cliente escoge un color entre una base de datos que se ajusta de la manera más exacta a su propio color capilar. Posteriormente, el cliente escoge un color final deseado de la base de datos. A continuación, el ordenador sugiere un tratamiento basado en las instrucciones del fabricante. Un inconveniente del sistema anteriormente mencionado es que el cliente tiene que determinar por medio de comparación visual, el ajuste más exacto a su propio color capilar. Otro inconveniente del sistema anteriormente mencionado es que el sistema está limitado a tratamientos capilares, que se basan en una selección fija y limitada de colores capilares iniciales, no teniendo en cuenta de este modo el color capilar individual.

25 También de relevancia para la presente invención es la patente de Estados Unidos N°. 5.609.484 de Hawiuk. Hawiuk muestra el uso de muestras de filamentos de color para recrear el color capilar inicial y posteriormente la adición de muestras de filamento de color, que están relacionadas con un tinte capilar conocido, para ver el modo en el que se ve afectado el color capilar inicial por parte del tinte capilar. Un inconveniente del sistema anteriormente mencionado es que el sistema no es preciso. Otro inconveniente del sistema anteriormente mencionado es que la determinación de color inicial implica un elevado grado de estimación. Un inconveniente adicional del sistema anteriormente mencionado es que este sistema no aborda el blanqueo del color capilar inicial.

35 De la mayor relevancia para la presente invención son las patentes de Estados Unidos Nos. 6.067.504, 6.157.445, 6.157.445, 6.308.088, 6.314.372 y 6.330.341 de MacFarlane y col. Estas patentes comentan un método, que en primer lugar incluye obtener un espectro de reflectancia de la muestra de cabello. Los coeficientes de Hunter L, a y b colorean los coordenados del espectro de reflectancia de la muestra capilar y posteriormente se analizan por medio de ordenador. A continuación, se clasifica el color capilar inicial por medio de ordenador de acuerdo con un intervalo de coeficientes de coordenados de color almacenados en una tabla de consulta. Posteriormente, el usuario escoge un color capilar deseado entre una elección de posibles colores finales. Posteriormente, el ordenador determina el tratamiento capilar apropiado basado en el tratamiento capilar almacenado en la tabla de consulta para el color capilar inicial y el color capilar final deseado. Un inconveniente del sistema anteriormente mencionado se debe al color capilar inicial clasificado de acuerdo con un color artificial, que se encuentra dentro de un intervalo de posibles colores. Por tanto, el tratamiento capilar sugerido no refleja de forma exacta el color capilar inicial del usuario. Otro inconveniente del sistema anteriormente mencionado es que la creación y mantenimiento de la tabla de consulta de tratamiento capilar requiere un gran número de experimentos. Por ejemplo, para cada tinte capilar, se necesitan experimentos para todos los posibles colores capilares iniciales y finales que se pueden conseguir para este tinte.

45 También de relevancia para la presente invención es la patente de Estados Unidos N°. 6.707.929 de Marapane y col. Marapane y col muestran el cálculo de los coordenados finales de color (tales como L, a, b o RGB) del cabello por medio del uso de ecuaciones que definen la relación entre los coordenados de color capilar no tratados y los coordenados de color capilar tratados para un tinte particular. Este método soluciona algunos de los inconvenientes de las patentes de MaFarlane y col. No obstante, todos los métodos anteriores (incluyendo Marapane y col.) usan un sistema coordinado de color, tal como L, a, b o RGB. Los coordenados de color pueden inducir a error en determinados casos. Por ejemplo, dos muestras de cabello, que parecen sustancialmente iguales para el ojo humano pueden tener los mismos valores de coordinado de color L, a y b aunque tengan diferentes espectros de reflectancia, y por tanto, diferentes concentraciones de los componentes. Por ejemplo, una muestra de cabello natural que está coloreada con el tinte A puede tener los mismos coordenados de color que otra muestra capilar, es decir, un cabello castaño coloreado con un tinte B. Además, un gran número de muestras capilares, que presentan cada una un espectro de reflectancia diferente, pueden generar todas los mismos coordenados de color o coordinados de color muy similares, especialmente debido a que las cutículas y la envoltura blanda del cabello también contribuyen al espectro de reflectancia. No obstante, el mismo tratamiento capilar aplicado a estas muestras capilares genera diferentes colores capilares finales debido a las diferentes concentraciones iniciales de cada uno de los componentes. Por tanto, simplemente la observación de los coordenados de color L, a, b u otros coordenados de color puede conducir a resultados espúreos.

65

Además, ninguno de los métodos anteriormente mencionados modeliza el proceso de tratamiento de color basado en las propiedades químicas del cabello.

5 La solicitud de patente de Nº. de Publicación 2004/000015 A1 de Grossinger y col. describe un aparato para medir un espectro de reflectancia capilar y un método para determinar su tratamiento capilar apropiado basado directamente en un espectro de reflectancia capilar. Debería apreciarse que, de acuerdo con la presente publicación, es preciso conocer por adelantado el factor de tinción del cabello representado por medio del espectro de entrada.

10 El documento WO 2005/013188 A de Ecole Polytechnique Federale de Lausanne está relacionado con el campo de la impresión y específicamente la separación de color, calibración y control de los parámetros de actuación del dispositivo de impresión. El documento EP-A-574125 de Scitex Corporation se refiere generalmente a métodos de calibración de dispositivos de exploración y a métodos de calibración que no utilizan parches en particular. Ninguna de estas patentes se refiere a la predicción del color capilar final que resulta de un proceso de tratamiento del cabello natural, pelo blanqueado y/o previamente teñido con un tratamiento de coloración capilar.

15 La mezcla de tintes capilares se usa ampliamente en los salones capilares con el fin de ayudar al cliente a conseguir el color capilar deseado que no puede proporcionar un tinte capilar individual. Ninguno de los métodos anteriormente mencionados predice el color final del cabello que se colorea con una mezcla de dos o más tintes capilares sin necesidad de llevar a cabo experimentos sobre las combinaciones específicas de los tintes. En otras palabras, todos los métodos anteriormente mencionados requieren la coloración de una gran cantidad de muestras capilares diferentes con cada posible mezcla y la construcción de un modelo para cada mezcla por separado. Por tanto, con la técnica anterior, no es viable cubrir todas las mezclas de color posibles con el fin de proporcionar una solución global a este problema.

20 También, los métodos de la técnica anterior no abordan de manera eficaz la coloración del cabello previamente teñido.

25 Por tanto, es necesario un sistema de determinación de color capilar y un método para determinar de forma precisa un tratamiento de coloración capilar para todos los tipos de cabello, incluyendo el cabello natural así como también cabello blanqueado y/o previamente teñido e incluyendo el uso de una mezcla de dos o más tintes.

Sumario de la invención

35 La presente invención es un sistema de determinación de coloración capilar y uno de sus métodos de operación como se describe en las reivindicaciones 1 y 7, respectivamente.

40 De acuerdo con una característica adicional de la presente invención, el cálculo se basa en al menos uno de: (i) aumentar la primera función de cambio espectral hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar la segunda función de cambio espectral hasta un valor de la segunda concentración relativa; y (ii) aumentar el primer nuevo espectro hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar el segundo nuevo espectro hasta un valor de la segunda concentración relativa.

45 De acuerdo con otra característica de la presente invención, también se proporciona un analizador de espectro configurado para producir el espectro inicial.

De acuerdo con otra característica de la presente invención, también se proporciona un dispositivo de pantalla configurado para mostrar en pantalla un color basado en los datos.

50 De acuerdo con otra característica de la presente invención, también se proporciona un dispositivo de pantalla configurado para mostrar en pantalla las instrucciones de tratamiento de coloración capilar basadas en los datos.

De acuerdo con otra característica de la presente invención, también se proporciona un dispositivo de mezcla de color configurado para suministrar un tratamiento de coloración capilar basado en los datos.

55 De acuerdo con otra característica de la presente invención, el cálculo está basado en al menos uno de: (i) aumentar la primera función de cambio espectral hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar la segunda función de cambio espectral hasta un valor de la segunda concentración relativa; y (iii) aumentar el primer nuevo espectro hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar el segundo nuevo espectro hasta un valor de la segunda concentración relativa.

60 De acuerdo con otra característica de la presente invención, un producto de soporte lógico para ordenador, que comprende un medio apto para lectura por ordenador en el que se almacenan las instrucciones del ordenador, instrucciones que son leídas por ordenador, provoca que el ordenador determine el tratamiento de coloración capilar, incluyendo las instrucciones las etapas del método anterior.

65

Breve descripción de los dibujos

La invención se describe en el presente documento, a modo únicamente de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 La Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de determinación de coloración capilar que está formado y que opera de acuerdo con una realización preferida de la invención;
 La Figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un primer enfoque para calcular un nuevo espectro de reflectancia para su uso con el sistema de la Figura 1;
 10 La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra el modo de creación de un modelo para ser usado con el primer enfoque de la Figura 2;
 La Figura 4 es un gráfico de reflectancia total frente a un valor del exponente de blanqueo para muestras de cabello natural para su uso con el primer enfoque de la Figura 2;
 15 La Figura 5 es un gráfico de reflectancia total frente a un valor del exponente de blanqueo para muestras de cabello previamente teñidas para su uso con el primer enfoque de la Figura 2;
 La Figura 6 es un componente de cambio espectral de tinte de muestra para su uso con el primer enfoque de la Figura 2;
 La Figura 7 es un componente de cambio espectral de blanqueo de muestra para su uso con el primer enfoque de la Figura 2;
 20 La Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra un segundo enfoque para calcular un nuevo espectro de reflectancia para su uso con el sistema de la Figura 1;
 La Figura 9 es un diagrama de flujo que muestra el modo de crear un modelo para su uso con el segundo enfoque de la Figura 8;
 25 La Figura 10 es un gráfico de diferencia de reflectancia frente a reflectancia inicial para una longitud de onda para una muestra de cabellos para su uso con el segundo enfoque de la Figura 8; y
 La Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra las etapas en la operación del sistema de la Figura 1.

Descripción de las realizaciones preferidas

- 30 La presente invención es un sistema de determinación de coloración capilar y uno de sus métodos de operación.

Los principios y el funcionamiento del sistema de determinación de coloración capilar de acuerdo con la presente invención pueden comprenderse mejor con referencia a los dibujos y la descripción adjunta.

- 35 A modo de introducción, la presente invención muestra la predicción del color capilar final que es el resultado de un proceso de tratamiento capilar, de cabello previamente teñido y/o cabello blanqueado con un tratamiento de coloración capilar. La expresión "tratamiento de coloración capilar" se define en la presente memoria para incluir el teñido y/o blanqueo del cabello con un producto individual o una mezcla de dos o más productos. Generalmente, los tratamientos de coloración capilar para teñir el cabello también incluyen un agente de blanqueo que abre la cutícula y permite que el tinte penetre en el cabello. Por lo tanto, incluso un producto de coloración capilar destinado únicamente a teñir el cabello también incluye una determinada cantidad de sustancia de blanqueo que tiene un efecto blanqueador del cabello. El término "tinte" o "tinción" se define en la presente memoria como la adición de pigmentos de color al cabello. El término "blanqueo" o "blanqueado" se define en la presente memoria como la sustitución de pigmentos por una forma oxidada. La presente invención está basada en aislar el tinte y blanquear los componentes de cambio espectral provocados por el tratamiento de coloración capilar y calcular un espectro de reflectancia final o nuevo como función directa de un espectro de reflectancia inicial. El término espectro de reflectancia "final" o "nuevo" se define como el espectro de reflectancia calculado del cabello tras tener en cuenta un tratamiento de coloración capilar hipotético o propuesto. El término espectro de reflectancia "inicial" se define como un espectro de reflectancia medido de una muestra capilar antes de este tratamiento de coloración capilar. No obstante, debería apreciarse que la muestra capilar se puede teñir y/o blanquear previamente antes de este tratamiento de coloración capilar actualmente propuesto. La expresión "función directa" se define en la presente memoria como función que transforma el espectro inicial en una función de cambio espectral final o nueva, sin convertir el espectro de entrada en una representación de color no espectral tal como la representación (L, a, b) usada por Marapane y col. y por MacFarlane y col. o los coeficientes de los factores capilares naturales mostrados por el solicitante en la solicitud de patente de Estados Unidos publicada N°. 2004/0000015 de Grossinger y col. El espectro de reflectancia inicial incluye factores capilares naturales (Eumelanina y Feomelanina) así como también factores que se refieren a los tintes anteriores (si resulta aplicable). La solicitud de patente de Estados Unidos N°. de solicitud 2004/0000015 de Grossinger y col., requiere que los factores del cabello se conozcan por adelantado. Con el cabello previamente teñido, generalmente no se conoce el factor de tinción, por tanto no se puede determinar un espectro de reflectancia final usando la solicitud de patente N°. 2004/0000015 de Grossinger y col. No obstante, con la presente invención, no es necesario conocer los factores que forman el cabello con el fin de calcular el espectro de reflectancia final. Por tanto, se puede usar la presente invención también para calcular el espectro de reflectancia final del cabello previamente teñido.

- 65 La presente invención muestra dos enfoques para aplicar las consideraciones anteriormente mencionadas. El primer enfoque implica la definición de una función de cambio espectral que tiene un componente de tinción y blanqueo,

que afecta a todas las longitudes de onda del espectro de reflectancia inicial con el fin de llegar a un espectro de reflectancia final. El segundo enfoque implica definir una función de cambio espectral para cada longitud de onda por separado y posteriormente aplicar cada función de cambio espectral a cada longitud de onda de la medición de reflectancia inicial con el fin de llegar a un espectro de reflectancia final.

5 Cada uno de estos enfoques se describe con más detalle a continuación. El primer enfoque se describe con referencia a las Figuras 2 a 7. El segundo enfoque se describe con referencia a las Figuras 8 a 10. La Figura 11 describe un método preferido para la aplicación de estos enfoques anteriormente mencionados.

10 Ahora se hace referencia a la Figura 1, que es una vista esquemática de un sistema **10** de determinación de coloración capilar que está formado y es operativo de acuerdo con una realización preferida de la invención. El sistema **10** incluye un dispositivo **12** de recogida ligero, un espectrofotómetro **14**, un procesador **16** y una interfaz de usuario **18**. El dispositivo **12** de recogida ligero tiene un puerto de toma de muestra (no mostrado) que se coloca sobre el cabello del cliente **20**. El espectrofotómetro **14** analiza la luz recogida por el dispositivo **12** de recogida ligero con el fin de producir un espectro de reflectancia del cabello del cliente **20**. Normalmente, el espectro de reflectancia tiene una longitud de onda entre 380 y 750 nanómetros. Debería apreciarse que el espectro de reflectancia es una medición de la reflectancia con respecto a un intervalo de longitudes de onda. La medición de reflectancia es una cantidad relativa y normalmente viene representada por un porcentaje de material de referencia reflectante blanco. Cada espectrofotómetro se comercializa con un material de referencia que tiene un espectro de reflectancia conocido con el fin de calibrar el espectrofotómetro antes de su uso. Una vez que se calibra el espectrofotómetro con su propio material de calibración, éste debería proporcionar el mismo espectro de reflectancia en términos de porcentaje de la misma muestra que cualquier otro espectrofotómetro calibrado. El procesador **16** recibe el espectro de reflectancia en forma de una entrada para llevar a cabo los cálculos con el fin de determinar un tratamiento de coloración capilar apropiado para el cliente **20**. Las etapas llevadas a cabo por el procesador **16** se describen con más detalle con referencia a las Figuras 2 a 11. Normalmente, la interfaz de usuario **18** incluye un ratón, teclado y un dispositivo de pantalla para que el cliente **20** escoja un color capilar deseado, así como para proporcionar las instrucciones al peluquero sobre qué tratamientos de coloración capilar debe aplicar.

30 A continuación, se hace referencia a la Figura 2, que es un diagrama de flujo que muestra un primer enfoque para calcular un nuevo espectro de reflectancia para su uso con el sistema **10** de la Figura 1. A modo de ilustración, dado un espectro de reflectancia inicial de una muestra capilar, el modelado del proceso de coloreado se define por medio de la multiplicación de los cambios espectrales provocados tanto por los pigmentos del tinte como por el efecto blanqueador del tubo de tratamiento de coloración capilar. En otras palabras, se calcula un nuevo espectro de reflectancia multiplicando un espectro de reflectancia inicial por una función de cambio espectral de tinte y blanqueador. El valor de las funciones de cambio espectral varía con la longitud de onda. Se asume que la cantidad de pigmentos de tinte añadida en el proceso de coloración permanece constante en cada muestra capilar y de este modo la función de cambio espectral del tinte es independiente de la reflectancia inicial del cabello. Se asume que la función de cambio espectral de blanqueador varía de una muestra capilar a otra debido a la concentración y proporciones de los pigmentos capilares antes del tratamiento. Por tanto, la función de cambio espectral blanqueador depende de la reflectancia inicial del cabello, como se comenta con más detalle a continuación con referencia a las Figuras 4 y 5. A diferencia de los métodos de predicción de los resultados de color sobre la absorción del tinte adicional añadido, el método de la presente invención también considera el cambio espectral químico de los pigmentos capilares iniciales debido al ingrediente blanqueador del tubo de tratamiento de color capilar.

45 El espectro final de reflectancia capilar (tras el blanqueo) se define por medio de la siguiente ecuación:

$$R_f = R_i \cdot D \cdot B^{Exp} \quad \text{(Ecuación 1.1),}$$

50 en la que R_f es el espectro de reflectancia tras la coloración (reflectancia final), R_i es el espectro de reflectancia antes de la coloración (reflectancia inicial), D es la función de cambio espectral provocada por los pigmentos de tinte, B^{Exp} es la función de cambio espectral provocada por el efecto blanqueador. Los valores tanto de B como de D dependen de la longitud de onda. Exp es el exponente de B . B y D son los mismos para cualquier tratamiento de coloración capilar. B y D son independientes de la muestra capilar. Por otra parte, Exp depende de la reflectancia inicial total de la muestra capilar. Por motivos de conveniencia, B^{Exp} se denomina "función de cambio espectral blanqueadora específica" ya que depende de la reflectancia inicial total específica del cabello, y B se denomina "función de cambio espectral blanqueadora general" ya que B es independiente de la muestra capilar. La determinación de B , D y Exp se describe a continuación con más detalle con referencia a las Figuras 3 y 5. La función de cambio espectral blanqueadora general, B y la función de cambio espectral de tinte, D , se determinan para cada tubo de tratamiento de coloración capilar usando varias muestras capilares como se describe a continuación con más detalle en referencia a la Figura 3.

65 Una vez que se han caracterizado los modelos para dos o más tratamientos cualesquiera de coloración capilar por separado, el espectro de reflectancia final debido a la coloración con una mezcla de tratamientos capilares se expresa como se muestra a continuación:

$$R_f = R_i \cdot (D_1 \cdot B_1^{Exp_1})^a \cdot (D_2 \cdot B_2^{Exp_2})^b$$

Ecuación 1.2,

en la que D_1 y D_2 son las funciones de cambio espectral del tinte para el tratamiento 1 de coloración capilar y el tratamiento 2 de coloración capilar, respectivamente, B_1 y B_2 son las funciones de cambio espectral de blanqueo general para el tratamiento 1 de coloración capilar y el tratamiento 2 de coloración capilar, respectivamente, Exp_1 y Exp_2 son los exponentes de blanqueo para el tratamiento 1 de coloración capilar y el tratamiento 2 de coloración capilar respectivamente, a es la concentración relativa de tratamiento 1 de coloración capilar en la mezcla y b es la concentración relativa de tratamiento 2 de coloración capilar en la mezcla. Por tanto, $a+b = 1$, por definición. Se apreciará por parte de los expertos en la técnica que si se usan más de dos tratamientos de coloración capilar, entonces la ecuación 1.2 incluye otro factor multiplicativo para cada tratamiento de coloración capilar.

Por tanto, la ecuación 1.2 se usa para determinar un nuevo espectro de reflectancia a partir de un espectro de reflectancia inicial debido a una combinación de tratamientos de coloración capilar. A diferencia de la técnica anterior, no es necesario llevar a cabo experimentos para cada una de las mezclas de tratamiento de coloración capilar. El método de la presente invención permite el cálculo de un nuevo espectro de reflectancia basado en las mismas funciones de cambio espectral de los tratamientos de coloración capilar cuando los tratamientos de coloración capilar se usan por sí mismos sin mezcla. En otras palabras, cada tratamiento de coloración capilar tiene asociado funciones de cambio espectral (tinción y blanqueo) para su uso en la determinación de un nuevo espectro del cabello tras la aplicación de únicamente ese tratamiento de coloración capilar por sí mismo. No obstante, se usan también las mismas funciones de cambio espectral en la ecuación 1.2 distribuyendo las funciones de cambio espectral entre la concentración relativa de tratamiento de coloración capilar en la mezcla como un todo.

Adicionalmente, debido a que $a+b = 1$, reordenando la ecuación 1.2 se proporciona;

$$R_f = R_i^a \cdot R_i^b \cdot (D_1 \cdot B_1^{Exp_1})^a \cdot (D_2 \cdot B_2^{Exp_2})^b$$

Ecuación 1.3.

Por tanto,

$$R_f = (R_i \cdot D_1 \cdot B_1^{Exp_1})^a \cdot (R_i \cdot D_2 \cdot B_2^{Exp_2})^b$$

Ecuación 1.4.

Por tanto, se aprecia que,

$$R_f = (R_{f1})^a \cdot (R_{f2})^b$$

Ecuación 1.5,

en la que R_{f1} y R_{f2} son los espectros de reflectancia final calculados para cada tratamiento 1 de coloración capilar y tratamiento 2 de coloración capilar, respectivamente, usando la ecuación 1.1. Por tanto, la ecuación 1.5 se usa para determinar un nuevo espectro de reflectancia a partir de dos espectros de reflectancia debido a una combinación de tratamientos de coloración capilar. A diferencia de la técnica anterior, no es necesario llevar a cabo experimentos para cada una de las mezclas posibles de tratamiento de coloración capilar. El método de la presente invención permite el cálculo de un nuevo espectro de reflectancia basado en la distribución del espectro de reflectancia final usando la ecuación 1.5. Los espectros de reflectancia finales se calculan para los tratamientos de coloración capilar por sí mismos sin mezcla usando la ecuación 1.1 para cada tratamiento de coloración capilar.

Por tanto, se calcula un nuevo espectro de cabello usando la ecuación 1.2 por medio de la distribución de las funciones de cambio espectral de un tratamiento de coloración capilar y las funciones de cambio espectral de otro tratamiento de coloración capilar, por medio de las concentraciones relativas de los tratamientos de coloración capilar en la mezcla, respectivamente. Alternativamente, se calcula un nuevo espectro de cabello usando la ecuación 1,5 por medio de la distribución del espectro de reflectancia final debido únicamente a un tratamiento de coloración capilar y el espectro de reflectancia final debido únicamente al uso de otro tratamiento de coloración capilar, por medio de las concentraciones relativas de tratamientos de coloración capilar en la mezcla, respectivamente. Se aprecia a partir de las ecuaciones 1.2 y 1.5, que la distribución se lleva a cabo aumentando los factores de la ecuación hasta el nivel de las concentraciones relativas. No obstante, se aprecia, por parte de los expertos ordinarios en la técnica, que los factores se podrían distribuir multiplicando los factores por una fracción apropiada.

Normalmente, se usan las ecuaciones 1.1, 1.2 y 1.5 para calcular un nuevo espectro de reflectancia como función directa de un espectro de reflectancia inicial y un tratamiento capilar hipotético. No obstante, se apreciará por parte

de los expertos en la técnica que las ecuaciones 1.1, 1.2 y 1.5 se pueden usar para determinar un tratamiento capilar hipotético como función directa de un espectro de reflectancia inicial y un espectro de reflectancia final deseado. Ambos métodos se describen a continuación.

5 El primer método es para calcular un nuevo espectro de reflectancia debido a un tratamiento capilar hipotético como función directa de un espectro de reflectancia inicial. En primer lugar, se mide el espectro de reflectancia inicial por medio de un espectrofotómetro **14** (bloque **22**). En segundo lugar, el procesador **16** recibe el espectro de reflectancia inicial, que tiene un intervalo de longitud de onda, como entrada. En tercer lugar, se selecciona al menos un tratamiento capilar hipotético que tiene *D* y *B* asociados (bloque **24**). En cuarto lugar, se determina *Exp* para cada tratamiento de coloración capilar uno nuevo (bloque **26**). Finalmente, se calcula un nuevo espectro del cabello debido al(a los) tratamiento(s) capilar(es) hipotético(s) usando una o más de las ecuaciones 1.1, 1.2 o 1.5 (bloque **28**). Se aprecia que el nuevo espectro es una función sustancialmente no aditiva del tratamiento capilar y el espectro de reflectancia inicial. La expresión "función sustancialmente no aditiva" se define en la presente memoria como una función que incluye operaciones matemáticas diferentes de la adición y la sustracción, aunque la adición y la sustracción formen parte de la función. Por ejemplo, el nuevo espectro no viene determinado únicamente por la adición del espectro inicial a un espectro del tinte.

El segundo método es para calcular un tratamiento capilar como función directa del espectro de reflectancia inicial y un espectro de reflectancia deseado. En primer lugar, se mide un espectro de reflectancia inicial por medio de un espectrofotómetro **14** (bloque **22**). En segundo lugar, el procesador **26** recibe el espectro de reflectancia inicial, que tiene una longitud de onda, como entrada. En tercer lugar, se selecciona un espectro de reflectancia deseada (bloque **30**). En cuarto lugar, usando la ecuación 1.1, se divide *R_f* entre *R_i*, en todo el intervalo de longitud de onda, para proporcionar una función de cambio espectral deseada múltiplo de *DB^{Exp}* (bloque **32**). Finalmente, para cada uno de los tratamientos de coloración capilar disponibles y sus mezclas, se calcula *DB^{Exp}* de manera alternativa (o para una mezcla de tratamientos de coloración capilar se calcula *D₁B₁^{Exp} · D₂B₁^{Exp2}*) para ver qué tratamiento de coloración capilar o su mezcla proporciona el ajuste más próximo a la función de cambio espectral deseada múltiplo de *DB^{Exp}* (Bloque **34**) con el fin de determinar un tratamiento apropiado de coloración capilar. Se aprecia que el tratamiento capilar determinado es una función sustancialmente no aditiva del espectro de reflectancia inicial y el espectro de reflectancia deseado.

La ecuación 1.1 está basada en la aplicación de Ley de Beer.

El cambio de intensidad de la luz que interacciona con el material de absorción de luz se describe por medio de la Ley de Beer como:

$$I_{salida} = I_{entrada} \cdot e^{-\alpha \cdot Exp \cdot l} \tag{Ecuación 2.1.}$$

en la que *I_{salida}* es la intensidad de salida de la luz, *I_{entrada}* es la intensidad de entrada de la luz, *α* es la características de absorción de luz del material y *Exp* representa la concentración del material, *l* es la longitud de propagación de luz de la muestra. El valor de *l* se aproxima a una constante para todas las muestras capilares y por tanto no se encuentra referenciado a continuación. Cualesquiera sustancias de absorción de luz adicionales añadidas al material se añaden de manera multiplicativa.

En nuestro caso, la intensidad de salida medida *I_{salida}* es el espectro de referencia, *R*. Por tanto, la intensidad de entrada de la luz que permanece después de reaccionar con los pigmentos capilares naturales y el tinte procedente de colores capilares anteriores proporciona el espectro de reflectancia inicial del cabello y por tanto,

$$R_i = I_{entrada} \cdot e^{-\alpha_{pigmentos naturales}} \cdot e^{-\alpha_{colores anteriores}} \tag{Ecuación 2.2.}$$

Por tanto, tras aplicar un nuevo tratamiento de coloración capilar, se proporciona el espectro de reflectancia final por medio de.

$$R_f = I_{entrada} \cdot e^{-\alpha_{pigmentos naturales}} \cdot e^{-\alpha_{colores anteriores}} \cdot e^{-\alpha_{color nuevo}} \tag{Ecuación 2.3.}$$

Por cuestiones de simplicidad, *D* se define como la transmisión relativa del nuevo tinte añadido, por tanto

$$D = e^{-\alpha_{color nuevo}} \tag{Ecuación 2.4.}$$

Por tanto, la sustitución de los términos de la ecuación 2.3 con *R_i* de la ecuación 2.2 y *D* de la ecuación 2.4 en la ecuación 2.2, proporciona

$$R_f = R_i \cdot D \tag{Ecuación 2.5}$$

Debería apreciarse que los exponentes para la absorción de luz de los pigmentos naturales y los tintes anteriores del cabello se han omitido de la ecuación 2.2 y 2.3. No obstante, las características de absorción de luz de los exponentes están incluidos en la ecuación 2.5 ya que el espectro de reflectancia inicial incluye las características de absorción de luz debido a estos experimentos. Se omite el exponente de nueva coloración de las ecuaciones, ya que se asume que la absorción de luz de un tinte es constante para diferentes muestras capilares.

El blanqueo no añade ningún material de absorción de luz al cabello. No obstante, el blanqueo provoca un cambio en la absorción de luz de los pigmentos de cabello natural. Este cambio de absorción de luz aplicada a los pigmentos capilares que se ven afectados por el proceso de blanqueo viene representado por un cambio provocado por la sustitución de los pigmentos a partir de la fase inicial (antes del blanqueo) por los pigmentos oxidados que tienen una transmisión relativamente elevada en todas las longitudes de onda, lo que provoca que la reflectividad aumente. Por tanto, la ecuación para predecir el color capilar viene dada por,

$$R_f = R_i \cdot C \cdot B^{Exp} \quad \text{Ecuación 2.6,}$$

en la que,

$$B^{Exp} = (e^{-\alpha_{\text{después de blanqueo}} / e^{-\alpha_{\text{antes de blanqueo}}})^{Exp} \quad \text{Ecuación 2.7,}$$

en la que B^{Exp} es la función de cambio espectral específico provocado por el blanqueo, $\alpha_{\text{antes del blanqueo}}$ son las características de absorción de luz de los pigmentos afectados antes de la oxidación provocada por el material de blanqueo, $\alpha_{\text{después del blanqueo}}$ son las características de absorción de los mismos pigmentos tras el blanqueo y Exp es el exponente de blanqueo. Exp depende de las concentraciones de pigmento capilar natural que están expuestas a la reacción química de blanqueo (principalmente Eumelanina). Por tanto, el valor de Exp varía de una muestra capilar a otra. El valor de Exp está correlacionado con la reflectancia total del cabello a determinadas longitudes de onda como se describe con más detalle con referencia a las Figuras 4 y 5.

La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra la creación de un modelo para su uso con el primer enfoque de la Figura 2. Es necesario aislar el tinte y las funciones de cambio espectral de blanqueo para cada tratamiento de coloración capilar (tubo) por separado. En primer lugar, se toman varias muestras capilares (bloque 36). Posteriormente, las muestras capilares tienen sus espectros de reflectancia inicial (R_i) medidos (bloque 38). A continuación, se colorean las muestras capilares usando el mismo tratamiento de coloración capilar (tubo) (bloque 40). Una vez que se han coloreado las muestras, se mide de nuevo el espectro de reflectancia (R_f) de cada una de las muestras (bloque 42). Posteriormente, se determina la función de cambio espectral múltiple para cada cabello, $D \cdot B^{Exp}$, para cada muestra capilar por medio de la división de R_f entre R_i . La muestra de cabellos iniciales (antes de la coloración) incluye al menos una muestra capilar que se ha expuesto previamente a un tratamiento blanqueador relativamente largo (de aproximadamente 30 a 40 minutos). Para esta muestra de cabello altamente blanqueado con anterioridad, los pigmentos naturales que participan en la reacción química de blanqueo durante el tratamiento de coloración se agotan antes del tratamiento de coloración. Por tanto, el exponente de blanqueo se aproxima a cero. Por tanto, el cambio espectral del cabello provocado por el proceso de coloración se debe principalmente a los pigmentos de tinte. Por tanto, para la muestra de cabello altamente blanqueado con anterioridad,

$$\frac{R_f}{R_i} = D \cdot B^{Exp} \xrightarrow{Exp \rightarrow 0} D \quad \text{Ecuación 2.8.}$$

Por tanto, se extrae la función de cambio espectral del tinte, D , dividiendo el espectro de reflectancia final entre el espectro de reflectancia inicial para la muestra capilar altamente blanqueada con anterioridad (bloque 44).

Dividiendo la media de los múltiplos de la función de cambio espectral, $D \cdot B^{Exp}$, para todos los cabellos de la muestra, entre la función de cambio espectral del tinte calculada anteriormente en el bloque 44, se proporciona una función de cambio espectral de blanqueo medio (bloque 46). Esta función de cambio espectral de blanqueo medio es igual a B elevada a algún exponente. No obstante, debido a que Exp viene determinado con relación a esta función de cambio espectral de blanqueo medio (véase a continuación), la función de cambio espectral de blanqueo medio calculada en la presente memoria se usa para B en las ecuaciones 1.1. y 1.2.

Como se ha descrito anteriormente, el exponente de blanqueo, Exp está correlacionado con la reflectancia total inicial del cabello. El motivo para ello es que en el cabello natural (no previamente coloreado), la reflectancia total viene determinada principalmente por la concentración de pigmento oscuro (Eumelanina). Esos pigmentos son el sustrato principal de la reacción química de blanqueo y por tanto esos pigmentos afectan al exponente de blanqueo. El método para encontrar la curva de correlación es como se muestra a continuación. En primer lugar, se calcula la

reflectancia total para cada una de las muestras de cabello iniciales a partir del espectro de reflectancia inicial de cada muestra. Posteriormente, para cada muestra capilar, se computa de forma iterativa el mejor exponente de blanqueo usando la ecuación 1.1 (bloque 48). Los espectros de reflectancia inicial y final se han medido en las etapas de los bloques 38 y 42, respectivamente. D se ha determinado en la etapa del bloque 44. B se ha determinado en la etapa del bloque 46.

A continuación, se hace referencia también a la Figura 4, que es un gráfico de la reflectancia total frente a un valor del exponente de blanqueo para muestras de cabello natural para su uso con el primer enfoque de la Figura 2. La siguiente etapa es adaptar las reflectancias totales iniciales determinadas anteriormente a los exponentes de blanqueo computados en la etapa del bloque 48 con el fin de encontrar una función que represente el exponente como una función de la reflectancia total inicial (bloque 50). Se aprecia a partir de la Figura 4 que el exponente de blanqueo varía de forma sustancialmente lineal con la reflectancia inicial total.

Ahora se hace referencia a la Figura 5, que es un gráfico de la reflectancia total frente a un valor del exponente de blanqueo para muestras de cabello previamente teñidas para su uso con el primer enfoque de la Figura 2. Las muestras capilares previamente teñidas reaccionan de la misma manera que las muestras capilares naturales, excepto que el tinte anterior afecta a la reflectividad del cabello lo que provoca un trastorno en la correlación existente entre el exponente de blanqueo y la reflectancia inicial total. No obstante, se ha descubierto que la mayoría de los colores artificiales principalmente afectan al lado rojo del espectro de cabello que es el más reflectante. Por tanto, evitando este intervalo para determinar la relación existente entre el exponente de blanqueo y la reflectancia inicial total usando los datos del intervalo de longitud de onda de 380 a 625 nanómetros, se consigue una buena correlación entre los datos. Debería apreciarse que el cálculo de la reflectancia inicial total usando un intervalo de 380 a 625 nanómetros únicamente es necesario para predecir el exponente de blanqueo correcto para una muestra de cabello específica. Una vez que se ha determinado el exponente de blanqueo, se lleva a cabo la predicción del espectro de reflectancia final para el intervalo completo de 380 a 750 nanómetros.

También debería apreciarse que el efecto de blanqueo para el cabello previamente teñido es menor y menos eficaz que el efecto de blanqueo para el cabello natural. Como consecuencia, el exponente de blanqueo para el cabello previamente teñido es menor en comparación con el cabello natural. Por tanto, la inexactitud en la predicción del exponente de blanqueo para el cabello previamente teñido no afecta significativamente al espectro de reflectancia final calculado.

Por tanto, por medio del uso de la etapa del bloque 50, el exponente de blanqueo, Exp se determina para cualquier muestra capilar para un tratamiento de coloración capilar particular.

Ahora se hace referencia a la Figura 6, que es una función de cambio espectral de colorante de la muestra para su uso con el primer enfoque de la Figura 2. Ahora se hace referencia a la Figura 7, que es un componente de cambio espectral de blanqueo de muestra para su uso con el primer enfoque de la Figura 2. Se observa en las Figuras 6 y 7 que el tinte y las funciones de cambio espectral de blanqueo varían de forma no lineal con la longitud de onda.

También se usa el método descrito anteriormente, con modificaciones, con el fin de determinar el efecto de únicamente blanquear el cabello sin usar tinte alguno. En particular, la ecuación 1.1 no incluye la función de cambio espectral del tinte, y por tanto,

$$R_f = R_i \cdot B^{Exp}$$

Ecuación 2.9.

A modo de introducción, normalmente se aplica un tinte de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se aplica durante un período de tiempo particular. No obstante, para el blanqueo, el tiempo de aplicación varía en gran medida y depende del modo en el que se lleve a cabo el blanqueo. Por tanto, debido a que el tiempo es una variante en este tipo de tratamiento, la predicción precisa del color final del cabello blanqueado contribuye a determinar la duración necesaria del proceso de blanqueo. Otra variable del proceso de blanqueo es la concentración de oxígeno usada (un 3 %, un 6 %, un 9 % o un 12 %) con el fin de alcanzar el color deseado. Por tanto, con el fin de aislar el cambio espectral provocado por el proceso de blanqueo, se toman varias muestras de cabello. Se miden los espectros de reflectancia inicial, R_i , de las muestras capilares. Posteriormente, se blanquean las muestras. El blanqueo se lleva a cabo para una duración de tiempo específica y para una concentración de oxígeno. A continuación, se miden los espectros de reflectancia R_f de las muestras de nuevo después del blanqueo. Se lleva a cabo el aislamiento de la función de cambio espectral de blanqueo general, B , dividiendo el espectro de reflectancia tras el blanqueo entre el espectro de reflectancia antes del blanqueo, para cada muestra. Esta etapa es similar a la etapa de bloque 46. Posteriormente, se calcula la media de las funciones B calculadas para obtener un mejor resultado. De manera similar, el exponente de blanqueo está correlacionado con la reflectancia total inicial del cabello. Por tanto, la etapa del bloque 50 se lleva a cabo para determinar la relación entre el exponente de blanqueo y la reflectancia inicial total del cabello. Una vez que se lleva a cabo esta etapa, se puede calcular el exponente de blanqueo para cualquier muestra capilar.

Como se ha comentado anteriormente, la duración de los efectos de blanqueo afecta al resultado de blanqueo final. Por tanto, el exponente de blanqueo también depende de la duración del blanqueo. Cuanto más largo sea el proceso de blanqueo, mayor es el valor del exponente de blanqueo. Por tanto, se llevan a cabo experimentos usando varias muestras capilares de diferentes colores iniciales. Cada muestra se somete a blanqueo durante un período corto (de 2 a 4 minutos) y posteriormente se mide el espectro de reflectancia. A continuación, se blanquean las mismas muestras durante un período de tiempo adicional. De nuevo, se miden los espectros de reflectancia. Este proceso se repite de 7 a 10 veces para las mismas muestras capilares. A continuación, se usan los datos obtenidos para determinar la relación entre el exponente de blanqueo, Exp , y la reflectancia total inicial del cabello y el tiempo de blanqueo usando métodos iterativos y de regresión lineal. Por tanto, se usa la ecuación 2.9 para determinar el espectro de reflectancia final del cabello debido al blanqueo por medio de una concentración particular de disolución blanqueadora durante un determinado período de tiempo. Debería apreciarse que B es independiente del tiempo de blanqueo y de la reflectancia total inicial. B es válido únicamente para una concentración particular de disolución blanqueadora. Si se usa otra concentración de disolución blanqueadora, es necesario repetir los experimentos anteriores y los cálculos para la nueva concentración de la disolución blanqueadora.

La Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra el segundo enfoque para calcular un nuevo espectro de reflectancia para su uso con el sistema de la Figura 1. Otra forma de predecir el espectro de reflectancia final para una muestra capilar dada es observar el cambio espectral provocado por un tratamiento de coloración capilar especificado a cada longitud de onda del espectro de reflectancia inicial del cabello por separado. Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de los tintes capilares contienen agentes blanqueadores. Estos agentes blanqueadores afectan a los diferentes cabellos de diferentes formas, dependiendo de la diferente estructura de pigmento y concentraciones. Por ejemplo, el pelo oscuro con una concentración elevada de Eumelanina tiende a reaccionar de manera más intensa frente al blanqueo que el cabello rubio con una concentración menor de Eumelanina y una concentración más elevada de Fenomelanina. Debido a que los pigmentos capilares tienen diferentes absorbancias de luz a cada una de las longitudes de onda, las concentraciones de pigmento capilar afectan a la reflectancia del cabello a cada una de las longitudes de onda de manera diferente. Por ejemplo, un valor elevado de reflectancia a determinada longitud de onda puede sugerir una concentración elevada de un pigmento, mientras que un valor elevado de reflectancia a otra longitud de onda puede estar provocado por un pigmento diferente. Por tanto, el cambio espectral provocado por un tinte capilar se aproxima como una función de la reflectancia inicial del cabello para cada longitud de onda. Por tanto, cada tinte de cabello tiene una pluralidad de funciones asociadas de cambio espectral, una función de cambio espectral para cada longitud de onda. Una vez que se definen las funciones para cada longitud de onda para un tratamiento específico de coloración capilar, la extracción del espectro final de reflectancia es directa. Por eso, en otras palabras, este segundo enfoque implica definir una función de cambio espectral para cada longitud de onda por separado y posteriormente aplicar cada función de cambio espectral a cada longitud de onda de la medición de reflectancia inicial con el fin de llegar a un espectro de reflectancia final. Por tanto, las funciones de cambio espectral pueden variar a lo largo del intervalo de longitud de onda del espectro de reflectancia final.

Con más detalle, el método implica las siguientes etapas básicas. En primer lugar, la diferencia de reflectancia para cada longitud de onda discreta ΔR_λ se calcula usando la función apropiada de cambio espectral para esa longitud de onda. Posteriormente, el valor de reflectancia final, R_{f_λ} , se calcula por medio de adición de la diferencia ΔR_λ de reflectancia calculada al valor de reflectancia inicial medido a esa longitud de onda, R_{i_λ} , ya que la predicción del espectro capilar final se hace simplemente por medio de adición de la diferencia de reflectancia (ΔR_λ) a la reflectancia inicial medida (R_{i_λ}). Esta etapa viene representada por la siguiente ecuación,

$$R_{f_\lambda} = R_{i_\lambda} + \Delta R_\lambda \quad \text{Ecuación 3.1.}$$

Posteriormente, todos los valores de R_{f_λ} calculado para cada longitud de onda se acumulan con el fin de formar un espectro de reflectancia final. La expresión "nuevo valor óptico" usada en las reivindicaciones adjuntas se define en la presente memoria para que incluya un valor de absorbancia o reflectancia calculada y una diferencia de reflectancia o absorbancia calculada del cabello. La expresión "valor óptico inicial" usada en las reivindicaciones adjuntas se define en la presente memoria para que incluya el valor de reflectancia inicial medido a una longitud de onda, R_{i_λ} , y un valor de absorbancia inicial del cabello a una longitud de onda.

Como se describe con referencia al primer enfoque de las Figuras 2 a 7, el cambio provocado por el espectro de reflectancia del cabello por medio de la coloración con una mezcla de tintes es una combinación de los cambios espectrales de cada tinte en la mezcla. Por tanto, la predicción del color final del cabello que se colorea con una mezcla de colores, color 1 y color 2, durante una longitud de onda determinada viene dada por la siguiente ecuación:

$$R_{f_\lambda} = (R_{f_{1\lambda}})^a \cdot (R_{f_{2\lambda}})^b \quad \text{Ecuación 3.2,}$$

en la que $R_{f\lambda}$ es el valor de reflectancia final a una longitud de onda λ tras el coloreado con la mezcla de color, $R_{f1\lambda}$ y $R_{f2\lambda}$ son las reflectancias finales a la longitud de onda λ tal y como se somete a modelado para cada tratamiento de coloración capilar por separado y a y b son las concentraciones relativas del primer y segundo tratamiento capilar, respectivamente. Por tanto, $a + b = 1$, por definición.

La ecuación 3.2 se obtiene como se muestra a continuación. La reflectancia tras el coloreado a una determinada longitud de onda se puede extraer a partir de la Ley de Beer como;

$$R_{f\lambda} = R_{i\lambda} \cdot e^{-\alpha_{\lambda}} \quad \text{Ecuación 3.3,}$$

en la que $e^{-\alpha_{\lambda}}$ es el cambio espectral provocado por el tratamiento de coloración capilar.

La sustitución de $R_{i\lambda}$ en la ecuación 3.3 usando la ecuación 3.1 proporciona, la siguiente ecuación,

$$e^{-\alpha_{\lambda}} = \frac{R_{i\lambda} + \Delta R_{\lambda}}{R_{i\lambda}} \quad \text{Ecuación 3.4.}$$

Cuando se lleva a cabo la coloración con una mezcla de dos colores, el cambio espectral adicional provocado por ambos colores se describe por medio de,

$$R_{f\lambda} = R_{i\lambda} \cdot (e^{-\alpha_{1\lambda}})^a \cdot (e^{-\alpha_{2\lambda}})^b \quad \text{Ecuación 3.5,}$$

en la que a y b son concentraciones relativas de tratamiento 1 de coloración capilar y tratamiento 2 de coloración capilar, respectivamente.

La sustitución de $e^{-\alpha_{\lambda}}$ de la ecuación 3.5 por el lado derecho de la ecuación 3.4 proporciona,

$$R_{f\lambda} = R_{i\lambda} \cdot \left(\frac{R_{i\lambda} + \Delta R_{1\lambda}}{R_{i\lambda}} \right)^a \cdot \left(\frac{R_{i\lambda} + \Delta R_{2\lambda}}{R_{i\lambda}} \right)^b \quad \text{Ecuación 3.6,}$$

en la que $\Delta R_{1\lambda}$ y $\Delta R_{2\lambda}$ son las diferencias de reflectancia para el primer tratamiento de coloración capilar y el segundo tratamiento de coloración capilar como se calcula para cada tratamiento de coloración capilar por separado (en otras palabras asumiendo que no existe mezcla de colores), respectivamente.

Debido a que $a + b = 1$,

$$R_{f\lambda} = (R_{i\lambda} + \Delta R_{1\lambda})^a \cdot (R_{i\lambda} + \Delta R_{2\lambda})^b \quad \text{Ecuación 3.7.}$$

Por tanto, la sustitución en la ecuación 3.7 usando la ecuación 3.1 proporciona

$$R_f = (R_{f1\lambda})^a \cdot (R_{f2\lambda})^b \quad \text{Ecuación 3.8.}$$

Las ecuaciones 3.1 y 3.8 se usan normalmente para calcular un nuevo espectro de reflectancia como función directa de un espectro de reflectancia inicial y un tratamiento capilar hipotético. No obstante, se apreciará por parte de los expertos en la materia que las ecuaciones 3.1 y 3.8 se pueden usar para determinar un tratamiento capilar hipotético como función directa de un espectro de reflectancia inicial y un espectro de reflectancia final deseado. Ambos métodos se describen a continuación.

El primer método es para calcular un nuevo espectro de reflectancia debido a un tratamiento capilar hipotético como función directa de un espectro de reflectancia inicial. En primer lugar, se mide el espectro de reflectancia inicial por medio de un espectrofotómetro **14** (bloque **52**). En segundo lugar, el procesador **16** recibe el espectro de reflectancia inicial, que tiene un intervalo de longitud de onda, en forma de una entrada. En tercer lugar, se selecciona al menos un tratamiento capilar hipotético para que tenga funciones de cambio espectral asociadas (bloque **54**). En cuarto lugar, se calcula la reflectancia final para cada longitud de onda. Si se usa una mezcla de tratamientos de coloración capilar, se calcula por separado la reflectancia final a cada longitud de onda para cada tratamiento de coloración capilar (bloque **56**). A continuación, si se usa una mezcla de tratamientos de coloración capilar, se distribuyen los valores de reflectancia calculados usando la ecuación 3.8, para cada longitud de onda (bloque **58**). Finalmente, se forma un nuevo espectro de reflectancia a partir de los valores de reflectancia final calculados (bloque **60**). Se observa que el nuevo espectro es una función sustancialmente no aditiva del tratamiento capilar y el espectro de reflectancia inicial.

El segundo método es para calcular un tratamiento capilar como función directa de un espectro de reflectancia inicial y un espectro de reflectancia deseada. En primer lugar, se mide un espectro de reflectancia inicial por medio de un espectrofotómetro **14** (bloque **52**). En segundo lugar, el procesador **16** recibe el espectro de reflectancia inicial, que tiene un intervalo de longitud de onda, en forma de una entrada. En tercer lugar, se selecciona un espectro de reflectancia deseado (bloque **62**). Finalmente, para los tratamientos de coloración capilar disponibles y sus mezclas, se calculan los espectros de reflectancia final usando las ecuaciones 3.1 y/o 3.8. Se comparan los espectros finales con el espectro de reflectancia deseado hasta que se encuentre un ajuste estrecho. Normalmente, este proceso es un proceso iterativo con el fin de reducir el tiempo de procesado. Se observa que el tratamiento capilar determinado es una función sustancialmente no aditiva del espectro de reflectancia inicial y el espectro de reflectancia deseado.

Ahora se hace referencia a las Figuras 9 y 10. La Figura 9 es un diagrama de flujo que muestra la creación de un modelo para su uso con el segundo enfoque de la Figura 8. La Figura 10 es un gráfico de diferencia de reflectancia frente a reflectancia inicial para una longitud de onda para una muestra de cabellos para su uso con el segundo enfoque de la Figura 8. Las etapas para construir este modelo son las siguientes. En primer lugar, se toman varias muestras de cabello (bloque **66**). En segundo lugar, se mide el espectro de reflectancia inicial de cada muestra usando el sistema **10** (bloque **68**). En tercer lugar, se colorea cada muestra con el mismo tratamiento específico de coloración capilar (bloque **70**). En cuarto lugar, se mide el espectro de reflectancia final de cada muestra usando el sistema **10** (bloque **72**). Finalmente, para una longitud de onda discreta de los espectros de reflectancia final medida, se representa la reflectancia inicial de las muestras a esa longitud de onda, $R_{i,\lambda}$, frente a las diferencias de reflectancia entre las muestras capilares coloreadas finales y las muestras capilares iniciales a la misma longitud de onda ($\Delta R_{\lambda} = R_{f,\lambda} - R_{i,\lambda}$) (Figura 10). Se encuentra la función de regresión que mejor describe la diferencia de reflectancia ΔR_{λ} como la función de la reflectancia inicial $R_{i,\lambda}$, por ejemplo, pero sin limitarse al uso de un método de mínimos cuadrados para obtener el mejor ajuste a una función polinómica de 2º orden para los valores de reflectancia (bloque **74**). Se repite la etapa del bloque **74** para todas las longitudes de onda. El método anterior proporciona una función de cambio espectral para cada longitud de onda para un método específico de coloración capilar. Posteriormente, se usan las funciones con las ecuaciones 3.1 y 3.8 como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 8.

Normalmente, cada función de cambio espectral tiene la siguiente forma cuadrática,

$$\Delta R_{\lambda} = a_{\lambda} \cdot R_{i,\lambda}^2 + b_{\lambda} \cdot R_{i,\lambda} + c_{\lambda}$$

Ecuación 3.9,

en la que a_{λ} , b_{λ} , c_{λ} son constantes de la función de regresión que correlacionan la reflectancia inicial con la diferencia de reflectancia a una longitud de onda específica.

Ahora se hace referencia a la Figura 11 que es un diagrama de flujo que muestra las etapas de la operación del sistema **10** de la Figura 1. En primer lugar, un cliente escoge un color de cabello deseado entre una selección de posibles coloraciones de cabello (bloque **76**). Los espectros de reflectancia de las posibles coloraciones capilares se determinan por medio de la medición usando el sistema **10**. Posteriormente, se introduce cada espectro de reflectancia en el procesador **16**. El procesador **16** usa los espectros de reflectancia para recrear el color actual con el fin de mostrarlo en una pantalla. La muestra de un color en una pantalla basado en un espectro de reflectancia se conoce en la materia. Resultará evidente para los expertos en la materia que se podrían imprimir los colores deseados en una muestra de cartón o se pueden representar en forma de muestras de cabello teñido. Por tanto, cada uno de los colores disponibles tiene un espectro de reflectancia conocido. En segundo lugar, se mide un espectro de reflectancia del cabello del cliente por medio del sistema **10** (bloque **78**). En tercer lugar, el procesador **16** lleva a cabo cálculos basados en tratamientos hipotéticos de coloración capilar, incluyendo tinción y/o blanqueo así como mezcla de dos o más tintes, con el fin de determinar un tratamiento de coloración capilar que tiene como resultado un espectro de reflectancia final que se encuentra próximo al espectro de reflectancia del color deseado. Se han descrito los métodos para llevar a cabo estos cálculos anteriores con referencia las Figuras 2 y 8. En esta etapa, el procesador **16** calcula un nuevo espectro de reflectancia debido a un tratamiento hipotético de coloración

capilar (bloque **80**). Posteriormente, se compara este nuevo espectro de reflectancia con el espectro de reflectancia del color deseado por medio de sustracción o división del nuevo espectro de reflectancia y el espectro de reflectancia del color deseado. A continuación el procesador **16** lleva a cabo cálculos iterativos hasta que se minimiza la diferencia entre el nuevo espectro de reflectancia y el espectro de reflectancia deseado, dadas las restricciones del proceso de iteración y los tratamientos disponibles de coloración capilar (bloque **82**). De acuerdo con una realización alternativa de la presente invención, la coloración capilar deseada viene representada usando una presentación de coordinado de coloración, por ejemplo, una representación RGB. Se convierte el nuevo espectro en una presentación de coordinado de coloración que posteriormente se compara con la presentación de coordinado de coloración del color capilar deseado. Se apreciará por parte de los expertos comunes en la materia que es posible determinar un tratamiento de coloración capilar sin llevar a cabo los cálculos iterativos anteriormente mencionados. Este método alternativo se lleva a cabo calculando una función de cambio espectral deseado basada en el espectro de reflectancia inicial y el espectro de reflectancia final deseado. Posteriormente, se compara la función de cambio espectral con las funciones de cambio espectral de los tratamientos de coloración capilar disponibles y sus mezclas con el fin de determinar el ajuste más estrecho. A continuación, el procesador **16** calcula un espectro de reflectancia final basado en la aplicación del tratamiento de coloración con el ajuste más estrecho. Debería apreciarse que si la coloración capilar deseada es una coloración capilar natural, entonces puede ocurrir que no sea necesaria la tinción usando tintes sintéticos, y el blanqueo puede ser suficiente. Del mismo modo, si el cliente tiene un cabello coloreado claro, puede ocurrir que no sea necesario el blanqueo adicional para lograr el color deseado. Entonces, una vez que el procesador **16** ha completado los cálculos iterativos, el procesador **16** genera datos para mostrar un número seleccionado de posibles coloraciones capilares finales sobre la interfaz de usuario **18** (bloque **84**). La muestra está basada bien en el espectro de reflectancia de la coloración capilar final o bien en la presentación del coordinado de color de la coloración capilar final. Generalmente, las posibles coloraciones capilares finales incluyen el ajuste más estrecho con la coloración capilar deseada así como varias coloraciones diferentes, que son un intervalo de conjunto a partir del color deseado. Se puede pre-establecer este intervalo de conjunto por parte del peluquero. A continuación, el cliente escoge una de las coloraciones capilares finales disponibles (bloque **86**). Después, el procesador **16** genera los datos de las instrucciones de tratamiento de coloración capilar de la coloración capilar final escogida (que es uno de los tratamientos de coloración capilar hipotéticos usados en la etapa del bloque **80**) hasta un dispositivo, normalmente la pantalla de interfaz de usuario **18**, informando de este modo al peluquero de las concentraciones de blanqueo necesarias y el tiempo de blanqueo y/o el(los) tinte(s) necesario(s) para lograr la coloración deseada (bloque **88**). Los expertos en la materia apreciarán que en lugar de informar al peluquero de cual(cuales) es(son) el(los) tinte(s) a usar, el procesador **16** podría enviar los datos a un dispositivo automático de mezcla de color (tinte y/o blanqueo) que suministra y mezcla los tintes y/o los agentes de blanqueo para su uso inmediato por parte del peluquero. A continuación, si se requiere blanqueo, el peluquero blanquea el cabello durante el tiempo necesario (bloque **90**). Posteriormente, opcionalmente en esta etapa, las etapas de los bloques **78** a **88** o el bloque **90** se llevan a cabo de nuevo, antes de la tinción para lograr unos resultados de tinción más precisos (línea **92**). Posteriormente, si se tiene que llevar a cabo la tinción, el peluquero tiñe el cabello usando un tinte o una de sus combinaciones (bloque **94**). Resultará evidente para los expertos en la materia que son posibles otros métodos que usan la tecnología de la presente invención. Por ejemplo, se pueden llevar a cabo las etapas anteriores con un orden diferente. También, podría proporcionarse al cliente un número de elecciones de coloración capilar basado en el uso de un tinte específico con diferentes tiempos de blanqueo. Adicionalmente, se pueden mostrar al cliente las coloraciones capilares finales para cada uno de los tintes disponibles en la interfaz de usuario **18**. Posteriormente, el cliente escoge un tinte capilar basado en las coloraciones capilares finales mostradas en pantalla sin que el procesador **16** lleve a cabo ninguna comparación con un color capilar deseado.

Se entenderá que el sistema de acuerdo con la invención puede ser un ordenador programado de manera apropiada. De igual forma, la invención contempla un programa de ordenador que puede ser leído por un ordenador con el fin de ejecutar el método de la invención. La invención además contempla una memoria apta para lectura con máquina que realiza de forma tangible un programa de instrucciones ejecutables por parte de la máquina con el fin de ejecutar el método de la invención.

Los expertos en la materia apreciarán que la presente invención no se encuentra limitada a lo que se ha mostrado de forma particular y se ha descrito anteriormente. En lugar de ello, el alcance de la presente invención incluye tanto las combinaciones como las sub-combinaciones de las diferentes características descritas anteriormente, así como también las variaciones y sus modificaciones que no están en la técnica anterior y que se le podrían ocurrir a las personas expertas en la materia tras la lectura de la descripción anterior.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para predecir una coloración capilar final que es el resultado de un tratamiento del cabello con una mezcla de dos o más productos, usando una primera concentración relativa (a) de un primer tratamiento de coloración capilar en la mezcla y una segunda concentración relativa (b) de un segundo tratamiento de coloración capilar en la mezcla, **caracterizado por que:**

el primer tratamiento de coloración capilar tiene una primera función de cambio espectral asociada ($D_1 \cdot B_1^{exp1}$) para su uso en la determinación de un primer nuevo espectro de reflectancia (R_{f1}) del cabello tras la aplicación de únicamente el primer tratamiento de coloración capilar por medio de la multiplicación de un espectro de reflectancia inicial (R_i) por la primera función de cambio espectral ($D_1 \cdot B_1^{exp1}$) y el segundo tratamiento de coloración capilar tiene una segunda función de cambio espectral asociada ($D_2 \cdot B_2^{exp2}$) para su uso en la determinación de un segundo nuevo espectro de reflectancia (R_{f2}) del cabello tras la aplicación de únicamente el segundo tratamiento de coloración capilar por medio de multiplicación de un espectro de reflectancia inicial (R_i) por la segunda función de cambio espectral ($D_2 \cdot B_2^{exp2}$), en donde la primera función de cambio espectral es una función que define un cambio en el espectro de la muestra capilar debido a la tinción y al blanqueo del primer tratamiento, y la segunda función de cambio espectral es una función que define un cambio en el espectro de muestra capilar debido a la tinción y al blanqueo del segundo tratamiento, comprendiendo el sistema un procesador configurado para:

- (i) recibir, en forma de entrada, un espectro inicial del cabello, teniendo dicho espectro de reflectancia inicial (R_i) un intervalo de longitud de onda;
- (ii) usar una multiplicación espectral del primer nuevo espectro de reflectancia (R_{f1}) por el segundo nuevo espectro de reflectancia (R_{f2}), calcular (56, 60, 80) un nuevo espectro (R_{fx}) del cabello debido a un tratamiento hipotético de coloración capilar de aplicación de la primera concentración relativa (a) del primer tratamiento de coloración capilar y de la segunda concentración relativa (b) del segundo tratamiento de coloración capilar al cabello, estando dicho cálculo basado en:

distribuir (58) el primer nuevo espectro de reflectancia (R_{f1}) y el segundo nuevo espectro de reflectancia (R_{f2}) por medio de las concentraciones relativas primera y segunda (a, b) respectivamente; y

- (iii) generar una salida (84) de datos hasta un dispositivo (18), estando dichos datos basados en dicha etapa de cálculo.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que dicho cálculo está basado en al menos uno de:

- (i) aumentar la primera función de cambio espectral hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar la segunda función de cambio espectral hasta un valor de la segunda concentración relativa; y
- (ii) aumentar el primer nuevo espectro hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar el segundo nuevo espectro hasta un valor de la segunda concentración relativa.

3. El sistema de la reivindicación 1, que además comprende un analizador de espectro configurado para producir dicho espectro inicial.

4. El sistema de la reivindicación 1, que además comprende un dispositivo de pantalla configurado para mostrar un color basado en dichos datos.

5. El sistema de la reivindicación 1, que además comprende un dispositivo de pantalla configurado para mostrar las instrucciones de tratamiento de coloración capilar basado en dichos datos.

6. El sistema de la reivindicación 1, que además comprende un dispositivo de mezcla de color configurado para suministrar un tratamiento de coloración capilar basado en dichos datos.

7. Un método para predecir la coloración capilar final resultante de un tratamiento de coloración capilar con una mezcla de dos o más productos, usando una primera concentración relativa (a) de un primer tratamiento de coloración capilar en la mezcla y una segunda concentración relativa (b) de un segundo tratamiento de coloración capilar en la mezcla,

teniendo el primer tratamiento de coloración capilar una primera función de cambio espectral asociada ($D_1 \cdot B_1^{exp1}$) para su uso en la determinación de un primer nuevo espectro de reflectancia (R_{f1}) del cabello tras la aplicación de únicamente el primer tratamiento de coloración capilar multiplicando un espectro de reflectancia inicial (R_i) por la primera función de cambio espectral asociada ($D_1 \cdot B_1^{exp1}$) y el segundo tratamiento de coloración capilar tiene una segunda función de cambio espectral asociada ($D_2 \cdot B_2^{exp2}$) para su uso en la determinación de un segundo nuevo espectro de reflectancia (R_{f2}) del cabello tras la aplicación de únicamente el segundo tratamiento de coloración capilar multiplicando un espectro de reflectancia inicial (R_i) por la segunda función de cambio espectral ($D_2 \cdot B_2^{exp2}$), en el que la primera función de cambio espectral es una función que define un cambio en un espectro de la muestra capilar debido a la tinción y al blanqueo del primer tratamiento, y la segunda función de cambio espectral es una

función que define un cambio en un espectro de la muestra capilar debido a la tinción y al blanqueo del segundo tratamiento, incluyendo el método las etapas de:

- 5 (i) recibir, en forma de entrada, un espectro inicial del cabello, teniendo dicho espectro de reflectancia inicial (R_i) un intervalo de longitud de onda; y
- (ii) usar una multiplicación espectral del primer nuevo espectro de reflectancia (R_{f1}) por el segundo nuevo espectro de reflectancia (R_{f2}), calcular (56, 60, 80) un nuevo espectro (R_{fi}) del cabello debido a un tratamiento hipotético de coloración capilar de aplicación de la primera concentración relativa (a) del primer tratamiento de coloración capilar y de la segunda concentración relativa (b) del segundo tratamiento de coloración capilar al
- 10 cabello, estando dicho cálculo basado en distribuir (58) el primer nuevo espectro de reflectancia (R_{f1}) y el segundo nuevo espectro de reflectancia (R_{f2}) por medio de las concentraciones relativas primera y segunda (a, b) respectivamente; y
- (iii) generar una salida (84) de datos hasta un dispositivo (18), estando dichos datos basados en dicha etapa de cálculo.

- 15 8. El método de la reivindicación 7, en el que el cálculo está basado en al menos uno de:
- (i) aumentar la primera función de cambio espectral hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar la segunda función de cambio espectral hasta un valor de la segunda concentración relativa; y
- 20 (ii) aumentar el primer nuevo espectro hasta un valor de la primera concentración relativa y aumentar el segundo nuevo espectro hasta un valor de la segunda concentración relativa.

9. Un producto de soporte lógico para ordenador, que comprende un medio apto para lectura en un ordenador en el que se almacenan las instrucciones del ordenador, de manera que cuando se leen las instrucciones por medio del
- 25 ordenador se hace que el ordenador determine un tratamiento de coloración capilar usando una primera concentración relativa de un primer tratamiento de coloración capilar y una segunda concentración relativa de un segundo tratamiento de coloración capilar, teniendo el primer tratamiento de coloración capilar una primera función de cambio espectral asociada para su uso en la determinación de un primer nuevo espectro del cabello tras la aplicación de únicamente el primer tratamiento de coloración capilar, teniendo el segundo tratamiento de coloración
- 30 capilar una segunda función de cambio espectral asociada para su uso en la determinación de un segundo nuevo espectro del cabello tras la aplicación de únicamente el segundo tratamiento de coloración capilar, incluyendo las instrucciones las etapas de la reivindicación 7.

Fig. 1

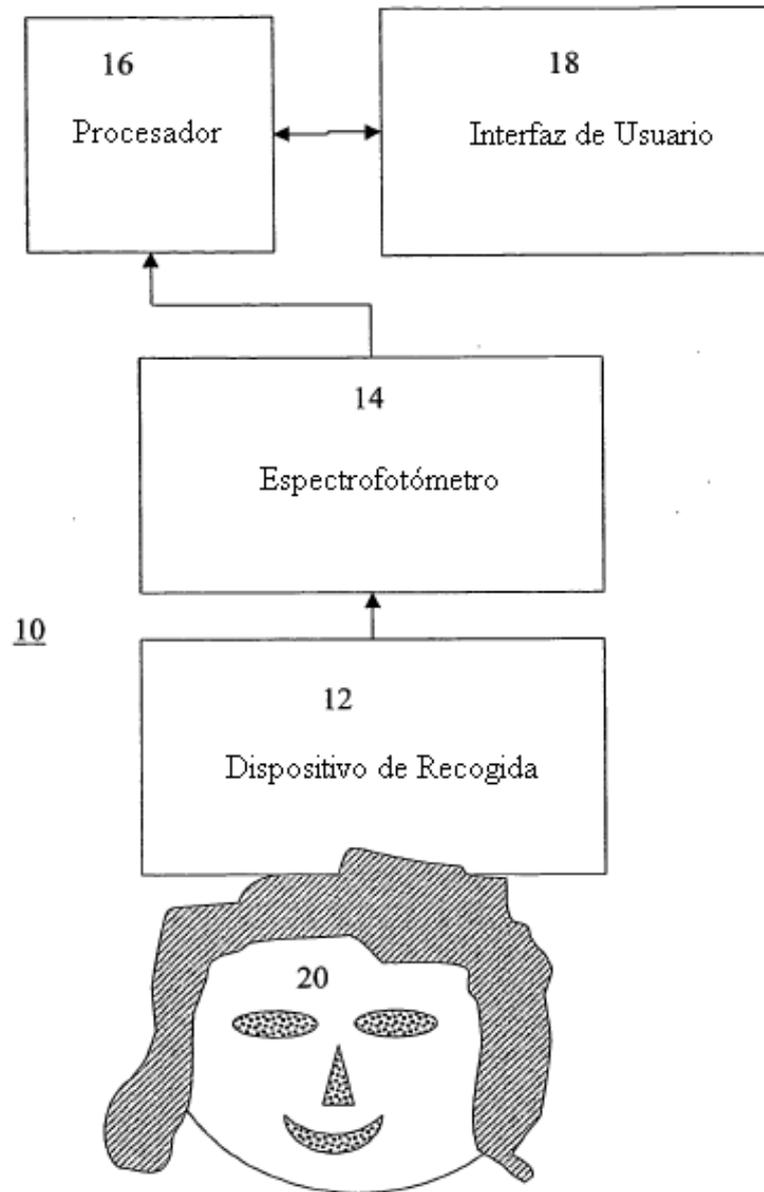


Fig. 2

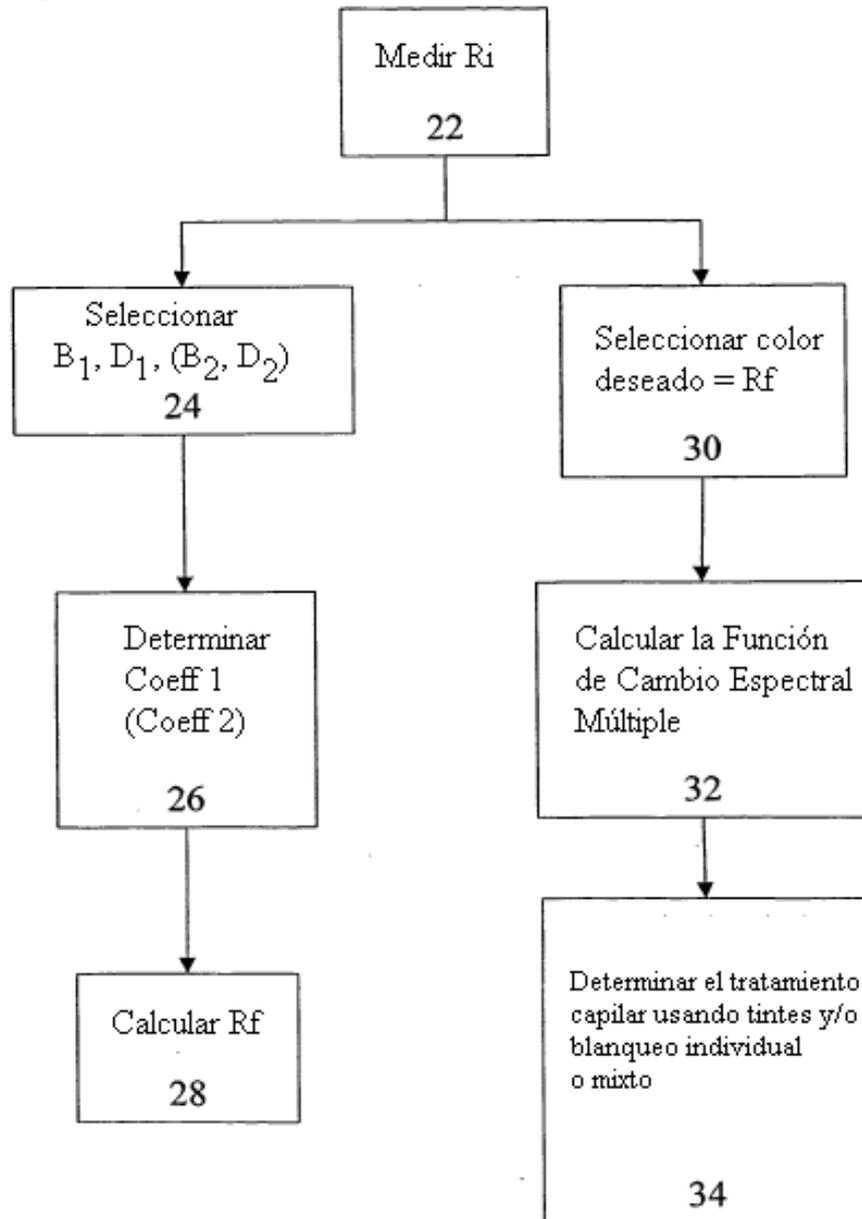


Fig. 3

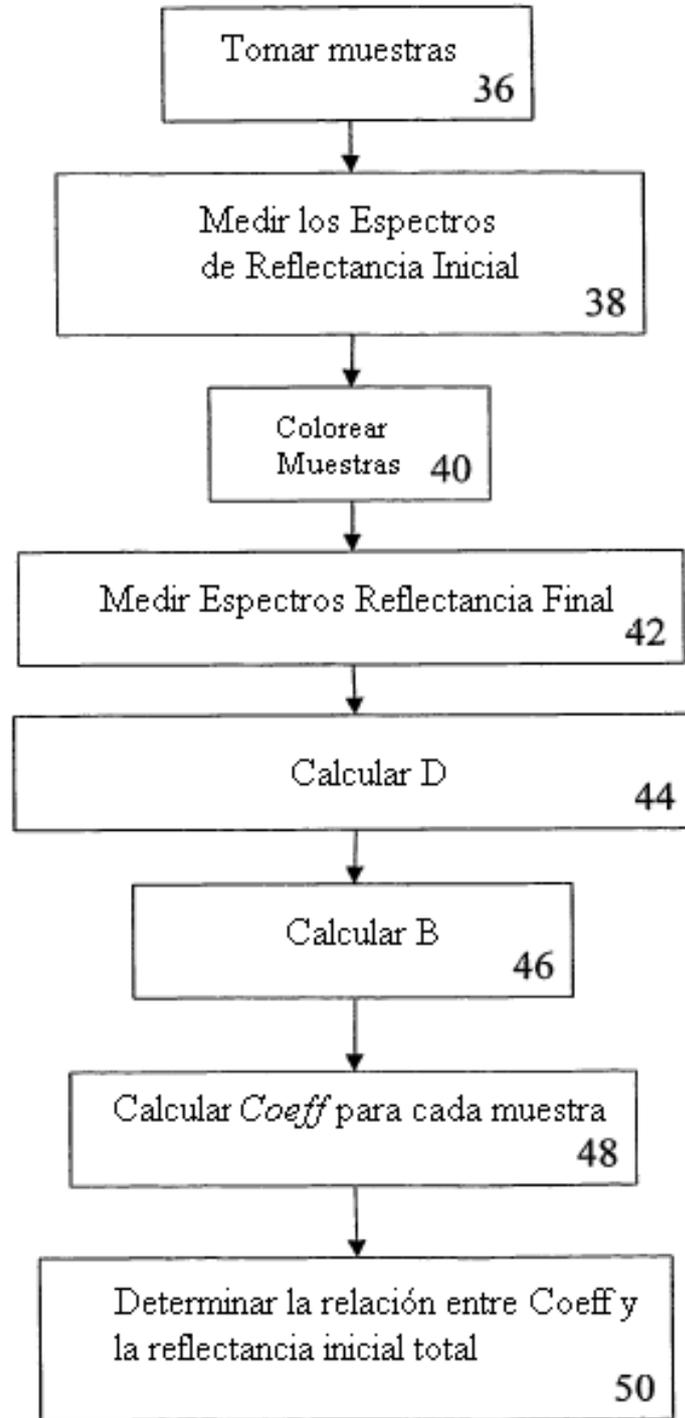


Fig. 4

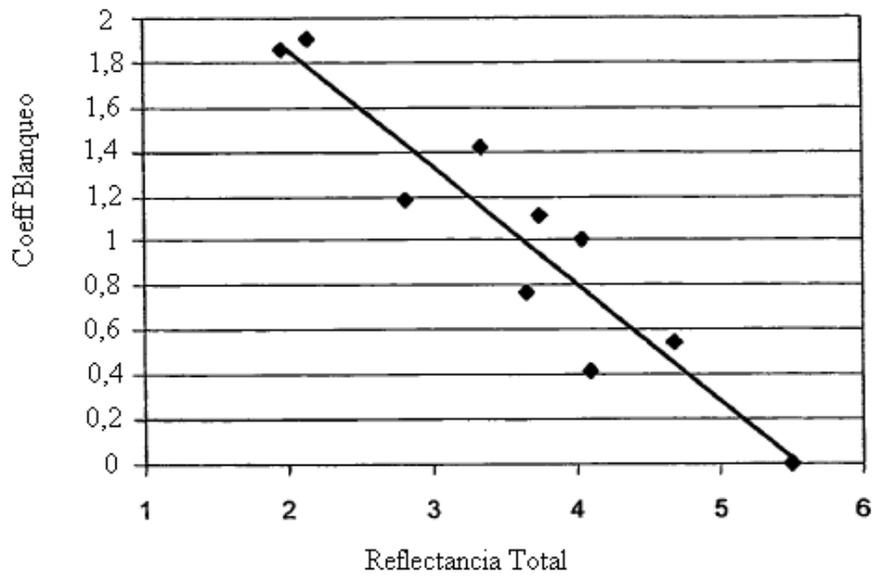


Fig. 5

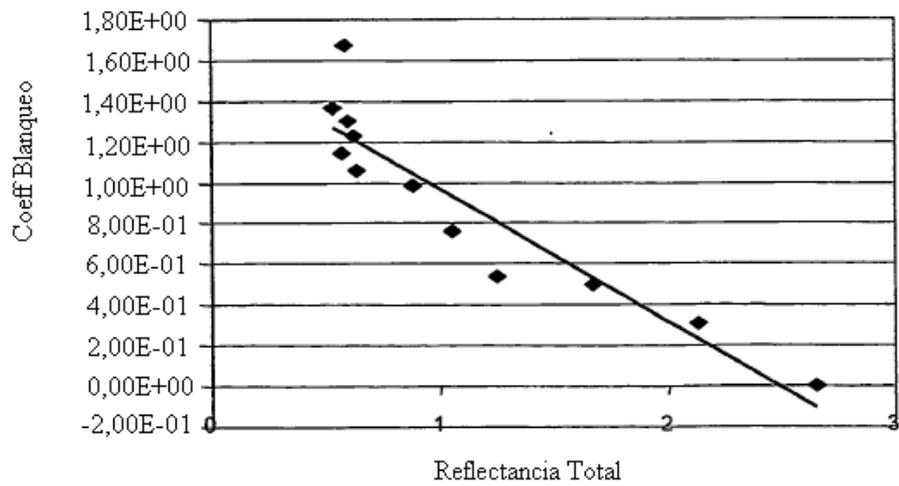


Fig. 6

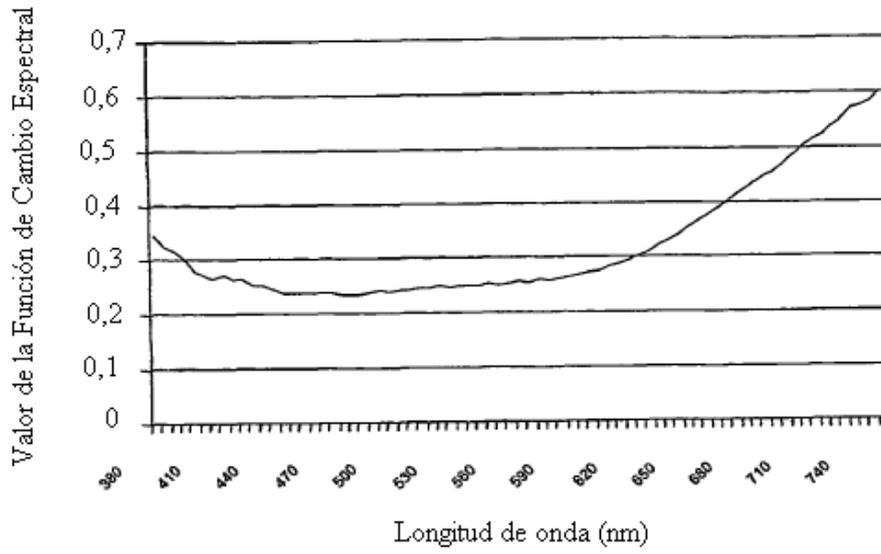


Fig. 7

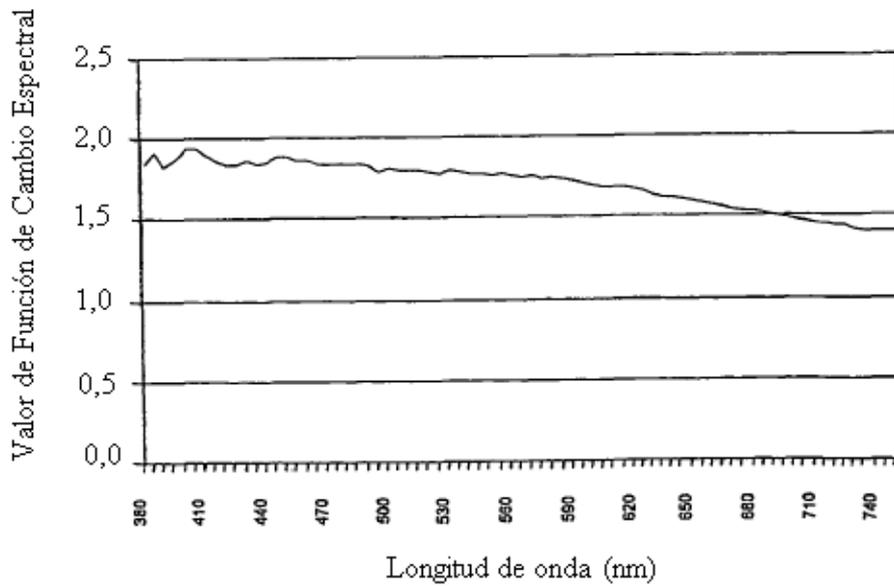


Fig. 8

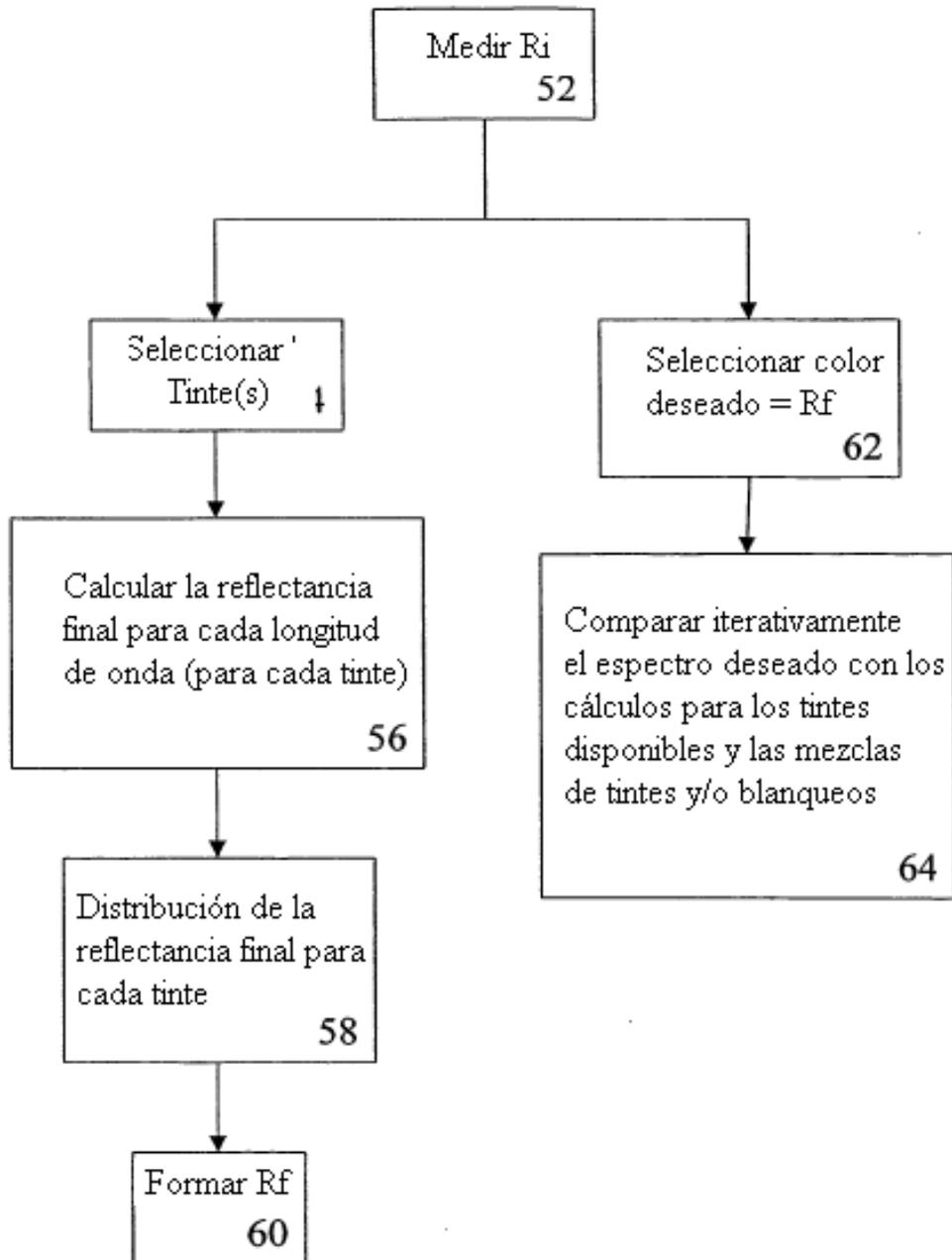


Fig. 9

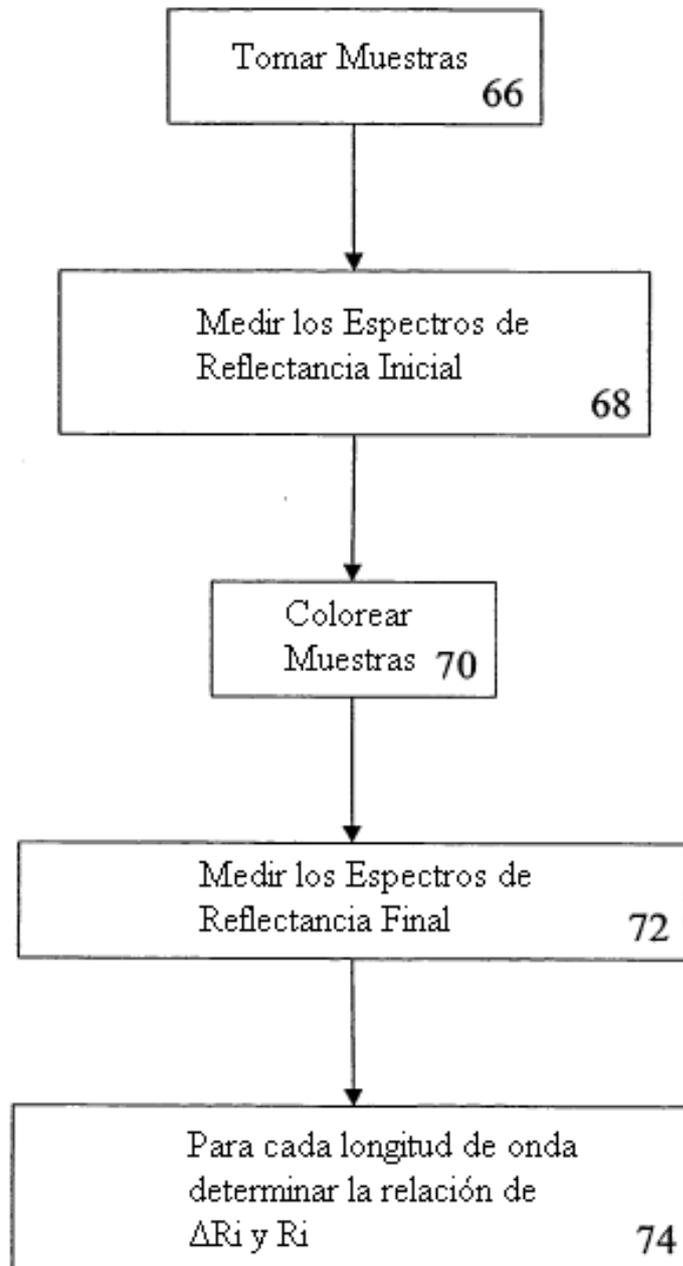


Fig. 10

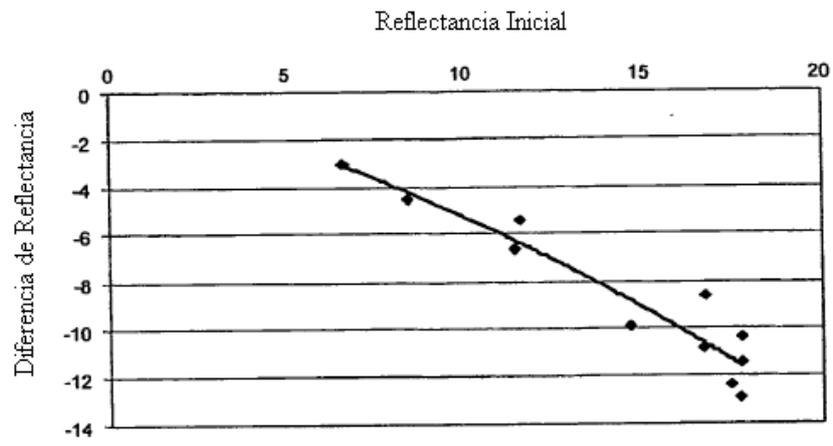


Fig. 11

