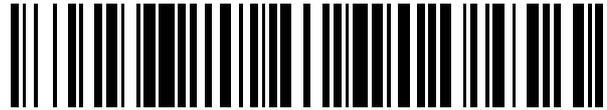


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 321**

51 Int. Cl.:

**A61B 6/14**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2013** **E 13167261 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017** **EP 2674106**

54 Título: **Modelos superficiales dentales**

30 Prioridad:

**11.06.2012 FI 20120193**

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

**16.11.2017**

73 Titular/es:

**PLANMECA OY (100.0%)  
Asentajankatu 6  
00880 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**LÄHELMÄ, JAAKKO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 642 321 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**

Modelos superficiales dentales

**CAMPO**

5 La invención se refiere a las impresiones dentales por escaneo (formación de imágenes) y en particular a la creación de un modelo superficial digital de uno o más dientes para propósitos dentales.

**ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA**

En el campo de la odontología, una amplia variedad de procedimientos y técnicas requieren la fabricación de un modelo de los dientes de un paciente. El modelado de los dientes a menudo requiere realizar moldes dentales precisos de los dientes de un paciente, superficies dentales, encías y otros detalles finos de la dentición del paciente. Los moldes dentales tradicionales se realizan mediante la inserción de una bandeja de impresión dental con material de impresión dental en la boca de un paciente y manteniéndola allí hasta que el material de impresión se haya endurecido lo suficiente. A continuación, la bandeja con el material de impresión se retira de la boca, conteniendo ahora el material endurecido una impresión de las superficies intraorales deseadas del paciente. La impresión se puede utilizar para obtener un modelo 3-D positivo de la dentición. Hoy en día, además de los modelos 3-D físicos como los moldes de escayola de los dientes, también se utilizan modelos 3-D digitales. En otras palabras, por medio de un programa informático, se pueden utilizar las impresiones dentales negativas para los modelos digitales positivos de la dentición.

20 Para que el modelo digital tenga verdadero uso terapéutico, además de la mera visualización general de las superficies intraorales, debe ser lo suficientemente preciso. Por ejemplo, en ortodoncia y en otras operaciones odontológicas tales como el diseño de trasplantes de dientes, la corrección de oclusiones, las coronas, se requiere un alto grado de precisión y detalle del modelo 3-D para que una corona, por ejemplo, se adapte en la dentición existente adecuadamente. Normalmente, estos modelos digitales 3-D se crean mediante la utilización de escáneres ópticos que utilizan la luz visible, tal como un rayo láser, para proporcionar la entrada a un programa informático que crea el modelo 3-D digital a partir de la impresión. La razón de utilizar escáneres ópticos es que la precisión alcanzable por un escáner óptico está en el rango de micras, tal como 0,01 a 0,05 mm, mientras que la precisión de la creación de imágenes por TC (tomografía computarizada) tradicional al crear dichos modelos superficiales está en el rango de milímetros. Un problema con la utilización de los escáneres es que su utilización no se extiende a la radiografía, lo que significa en la práctica que son necesarios dos dispositivos de formación de imágenes diferentes en una clínica dental para poder formar las imágenes adecuadamente tanto de la superficie craneal como de las características subsuperficiales.

**Resumen**

35 A continuación, se presenta un resumen simplificado de la invención con el fin de proporcionar una comprensión básica de algunos aspectos u objetivos de la invención. Este resumen no pretende identificar los elementos clave o críticos de la invención o definir el alcance de la invención.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar nuevos medios para el modelado digital 3D de las superficies del arco dental, por ejemplo, que no incluyan la irradiación de un paciente e incluyan la utilización de un aparato y una técnica de formación de imágenes a menudo disponible en una clínica dental de todas formas. El objetivo se logra mediante aspectos que proporcionan un material de impresión, además de una impresión de una anatomía intraoral, un rebaje o un agujero con una forma y tamaño predeterminados y utilizar la información relativa a ese rebaje o agujero en el procesamiento de los datos de vóxeles, o datos volumétricos, generados en el escaneo por TC de la impresión de una anatomía intraoral para la identificación de la ubicación de una superficie, como una interfaz aire-material, de la impresión en la representación de vóxeles del modelo digital 3D de la impresión.

Diversos aspectos de la descripción comprenden un método, un aparato de formación de imágenes por TC, una herramienta de calibración y una bandeja de impresión. La invención se define por las reivindicaciones independientes. Otros aspectos de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

50 Las ventajas proporcionadas por uno o más aspectos de la invención incluyen hacer posible generar modelos digitales 3D de precisión mediante escaneo por TC o TCHC de una impresión. Otra ventaja es que un aparato de formación de imágenes por TC o TCHC, que esté diseñado básicamente para otros propósitos de formación de imágenes que crear los modelos superficiales 3-D de las impresiones dentales, se puede utilizar con el objetivo de que no se necesite adquirir un dispositivo de escaneo óptico distinto para poder crear los modelos superficiales digitales 3D del área del arco dental suficientemente precisos.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

60 A continuación, se describirán diferentes formas de realización y ventajas de la invención en mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

La Figura 1 es un diagrama de bloques simplificado que ilustra un sistema utilizado como ejemplo y un diagrama esquemático de un aparato de formación de imágenes;

La Figura 2 es una vista lateral de una herramienta de calibración de ejemplo;  
 Las Figuras 3a y 3b ilustran bandejas de impresión de ejemplo; y  
 Las Figuras 4, 5 y 6 son diagramas de flujo que ilustran la funcionalidad de los ejemplos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE ALGUNAS FORMAS DE REALIZACIÓN

5 Las siguientes formas de realización son de ejemplo. Aunque la memoria puede referirse a "una", "una", o "alguna(s)" forma(s) de realización en varias ubicaciones, esto no significa necesariamente que cada una de dicha(s) referencia(s) sea(n) a la misma forma(s) de realización o que la característica se aplique solamente a una única forma de realización. Las características únicas de diferentes formas de realización también se combinan para proporcionar otras formas de realización.

10 La presente invención es aplicable a cualquier formación de imágenes basada en la tomografía computarizada (TC). A continuación, se describirán diferentes formas de realización que utilizan, como un ejemplo de una técnica de formación de imágenes, una tomografía computarizada de haz cónico TCHC sin restringir las formas de realización a una técnica de este tipo, sin embargo.

15 La TCHC es una forma de tomografía computarizada. En la formación de imágenes por TCHC, se irradia el volumen que se va a captar la imagen por medio de un haz desde diferentes direcciones y a partir de los datos de imagen adquiridos de este modo, se reconstruye una imagen deseada de dos o tres dimensiones. En la TCHC, se utiliza un haz similar a un cono cuyo tamaño se corresponde, en esencia, al volumen que se va a captar la imagen y un detector cuyo tamaño se corresponde al tamaño del haz que se está utilizando. Sin embargo, los detalles de implementación de la TCHC, o cualquier otra forma de TC, no son relevantes para la comprensión e implementación de la invención y por lo tanto no se discuten en detalle en la presente memoria.

20 Un ejemplo de una arquitectura general de un sistema 100 para la creación de un modelo superficial digital 3D se ilustra en la Figura 1. El sistema incluye un escáner de TCHC 110 como un aparato de formación de imágenes, comprendiendo el escáner de TCHC un detector 111 y una fuente de radiación 112. El escáner de TCHC puede ser, por ejemplo, un aparato de formación de imágenes llamado Planmeca ProMax®, fabricado por el solicitante de esta solicitud.

25 Durante un escaneo por TCHC de una impresión dental, por ejemplo, el detector 111 y la fuente de radiación 112 giran alrededor del objeto que se va a escanear (no ilustrado en la Figura 1) y se obtienen, por ejemplo, aproximadamente 600 imágenes distintas. En el ejemplo ilustrado de la Figura 1, los datos de imagen adquiridos de este modo se almacenan en una memoria 121 de un aparato de cálculo 120. Una unidad de procesamiento 122 de los resultados de escaneo (unidad de procesamiento) recopila los datos y los reconstruye numéricamente, produciendo datos volumétricos digitales compuestos por píxeles tridimensionales (vóxeles) del objetivo, que se pueden manipular y visualizar a continuación con unidades especializadas (no ilustradas en la Figura 1).

30 El aparato de cálculo 120 de la Figura 1 comprende además una unidad de calibración 123 configurada para procesar los datos generados por la unidad de procesamiento 122 de los resultados de escaneo. La unidad de calibración 123 se configura para proporcionar un valor umbral (un criterio de separación), como se explicará con más detalle a continuación. La memoria 121 se puede configurar además para almacenar la información sobre una o más herramientas de calibración 200, que se describirán con más detalle a continuación.

35 En el ejemplo ilustrado de la Figura 1, el aparato de cálculo 120 y el escáner 110 están conectados entre sí a través de una conexión fija. Debe apreciarse que se pueden conectar entre sí a través del aire de forma inalámbrica, por medio de Bluetooth o LAN inalámbrica, por ejemplo, o se pueden integrar en un aparato. Además, los datos de imagen obtenidos mediante el escáner 110 se pueden almacenar en una memoria desmontable, tal como una dispuesta en el escáner 110, y se pueden transferir por medio de la memoria desmontable al aparato de cálculo 120, en cuyo caso no existe una conexión directa entre el escáner 110 y el aparato de cálculo 120.

40 El aparato de cálculo 120 puede ser cualquier aparato de cálculo mediante el cual se puedan acceder y procesar los datos de imagen obtenidos mediante escaneo por TC o por TCHC para determinar un valor umbral, según se verá a continuación con más detalle. El procesamiento incluye la creación de un modelo superficial digital 3-D por medio del valor umbral y los datos de imagen del objetivo. Ejemplos de un aparato de cálculo de este tipo incluyen una estación de trabajo, tal como un ordenador portátil o un ordenador personal. En otras palabras, el aparato de cálculo 45 120 es un dispositivo de cálculo que comprende no sólo medios de la técnica anterior, sino también medios para implementar una funcionalidad descrita con un ejemplo, y puede comprender medios diferentes para cada función distinta, o pueden configurarse medios para realizar dos o más funciones e incluso para combinar funciones de diferentes ejemplos. Estos medios se pueden implementar por diversas técnicas, tales como por hardware (uno o más aparatos), firmware (uno o más aparatos), software (uno o más módulos) o combinaciones de los mismos. Para el firmware o software, la implementación puede ser a través de unidades/módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, etc.) que realizan las funciones descritas en la presente memoria. Cada una de las unidades, como la unidad de procesamiento 122 de resultados de escaneo y/o la unidad de calibración 123 puede ser una unidad diferente o integrada en otra unidad o las unidades se pueden integrar juntas. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 122 de resultados de escaneo y/o la unidad de calibración 123 se pueden integrar para formar parte 50 55 60 65

del sistema de control descrito en la solicitud de patente europea EP12160609 antes mencionada y la solicitud de patente finlandesa n.º 20110106.

Un aparato de cálculo que implementa una funcionalidad o algunas funcionalidades de acuerdo con un ejemplo puede incluir generalmente un procesador (no mostrado en la Figura 1), un controlador, una unidad de control y un microcontrolador o similares conectados a una memoria y a diversas interfaces del aparato. Generalmente, el procesador es una unidad de procesamiento central, pero el procesador también puede ser un procesador de operaciones adicional. La unidad de procesamiento 122 de resultados de escaneo y/o la unidad de calibración 123 se pueden configurar como un ordenador o un procesador, o un microprocesador, tal como un elemento de ordenador de un solo chip, o como un conjunto de chips, que incluye al menos una memoria para proporcionar el área de almacenamiento utilizada para las operaciones aritméticas y un procesador de operaciones para ejecutar la operación aritmética. La unidad de procesamiento 122 de resultados de escaneo y/o la unidad de calibración 123 pueden comprender uno o más procesadores de ordenador, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), procesadores de señal digital (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables en campo (FPGA) y/u otros componentes de hardware que hayan sido programados para realizar una o más funciones de uno o más ejemplos. Una forma de realización proporciona un programa de ordenador incorporado en cualquier medio de almacenamiento de datos/distribución legible por el cliente o unidad(es) de memoria o artículo(s) de fabricación, que comprende las instrucciones de programa ejecutables por uno o más procesadores/ordenadores, las cuales instrucciones, cuando se cargan en un aparato, constituyen la unidad de procesamiento 122 de resultados de escaneo y/o la unidad de calibración 123. Los programas, también llamados productos de programa, que incluyen las rutinas de software, los fragmentos de programa que constituyen las "librerías de programa", los subprogramas y las macros, se pueden almacenar en cualquier medio y se pueden descargar en un aparato. La memoria 121 se puede implementar dentro del procesador/ordenador o se puede acoplar con capacidad de comunicación al procesador/ordenador a través de diversos medios, según se conoce en la técnica. La memoria 121 puede ser memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, EEPROM, ROM, PROM, RAM, DRAM, SRAM, firmware, lógica programable, transistores de efecto de campo de puerta flotante doble, etc., y también puede almacenar otros datos.

Aunque el aparato de cálculo 120 se ha representado como una unidad, pueden implementarse diferentes procesadores, controladores, interfaces y/o memoria/memorias en una o más unidades físicas o lógicas.

La Figura 2 es una vista lateral de una herramienta de calibración 200 de ejemplo que se puede utilizar en el contexto de la invención. Esta herramienta de calibración de ejemplo comprende una primera parte 201, una segunda parte 202 y una tercera parte 203, estando las partes separadas en la Figura 2 por una línea discontinua, aunque en la vida real las partes preferiblemente no están físicamente separadas. La primera parte 201 es una parte destinada a ser insertada en el material de impresión, formando la primera parte 201 un rebaje o un agujero en el material de impresión que tiene un tamaño y una forma (dimensiones) predeterminados. La primera parte 201 tiene preferiblemente, pero no necesariamente, una forma de un cilindro. La segunda parte 202 es una parte de transición que se puede insertar parcialmente en el material de impresión, siendo la función principal de la segunda parte 202 asegurar que el rebaje o agujero formado en el material de impresión por medio de la herramienta de calibración 200 sea suficientemente profundo. Además, la segunda parte 202 se puede utilizar para detectar el extremo de la primera parte 201 en el rebaje. Por lo tanto, en el ejemplo ilustrado, la segunda parte 202 tiene una forma cónica. Sin embargo, no hay limitaciones para la forma de la segunda parte 202, si la herramienta de calibración 200 tiene una parte de transición de este tipo con la que comenzar. Además, no es necesario que la segunda parte 202 se extienda hacia fuera desde la primera parte 201. La segunda parte 202 puede ser una ranura, por ejemplo. La tercera parte 203 se dispone en la herramienta de calibración 200 para retirar la herramienta de calibración 200 del material de impresión endurecido y naturalmente también para insertar la herramienta de calibración 200 en el material de impresión. Las dimensiones que definen la forma y el tamaño de la primera parte 201 se almacenan en la memoria 121 como información de la herramienta de calibración 200. Si la herramienta de calibración 200 se diseña utilizando un programa de diseño asistido por ordenador o un programa de dibujo, se pueden obtener las dimensiones de la herramienta de calibración 200 a partir del diseño de la herramienta de calibración 200.

La primera parte 201 de la herramienta de calibración 200 se puede dimensionar de manera que sea aproximadamente del mismo tamaño que los objetos cuya superficie se debe generar en base a la calibración. En otras palabras, a pesar de que el tamaño del rebaje o el agujero que se va a crear en el material de impresión no es tan crítico considerando la determinación del valor umbral de acuerdo con la invención, en vista de la aplicación de la invención en el contexto de la odontología, en la práctica, sería conveniente tener la primera parte 201 dimensionada próxima del tamaño de un diente individual.

Aunque la herramienta de calibración 200 ilustrada en la Figura 2 tiene tres partes, debe apreciarse que se puede utilizar una herramienta de calibración con otra forma, siendo la forma más simple una clavija con una forma transversal, como un cilindro. Basta que haya una estructura con dimensiones predeterminadas para que se pueda crear una superficie predeterminada (rebaje) en el material de impresión, para el propósito descrito con más detalle en conexión con las Figuras 4 a 6.

Debe apreciarse que aunque no se necesita más que un diseño de herramienta de calibración para implementar las diferentes formas de realización y ejemplos de la invención, pueden existir diferentes diseños de herramientas de calibración para diferentes propósitos.

5 La herramienta de calibración 200 se puede fabricar de cualquier material adecuado que no se adhiera de manera no deseada al material de impresión de manera que la extracción de la herramienta del material de impresión endurecido tenga éxito sin romper el rebaje o agujero que ha creado en el material de impresión. Un ejemplo de un material de este tipo es el aluminio. Además, diferentes partes de la herramienta de calibración se pueden fabricar de diferentes materiales.

10 El proceso de crear una impresión de los dientes comienza con la selección de un material de impresión (masa) y una bandeja de impresión 300 que sean apropiadas para el propósito en cuestión en un caso dado. Después de eso, la bandeja de impresión 300 se llena con una cantidad adecuada de material de impresión y la bandeja de impresión 300 con el material de impresión se coloca en una ubicación deseada dentro de la boca de un paciente. Cuando el paciente a continuación muerde en el material de impresión en la bandeja, se formarán rebajes que crearán una impresión de la dentición del paciente en el material de impresión.

15 Cuando el material de impresión se ha endurecido lo suficiente, la bandeja de impresión 300 se retira de la boca del paciente. Después de eso, la impresión (un modelo físico 3-D, negativo) está lista para su uso posterior.

20 Por otra parte, para proporcionar un material de impresión con un rebaje o agujero de calibración que se utilice para determinar un valor umbral de acuerdo con la descripción, se inserta una herramienta de calibración 200 en el material de impresión de manera que al menos dicha primera parte 201 de la herramienta de calibración 200 que tiene una forma y tamaño predeterminados se sumerja en el material de impresión. Cuando el material de impresión se ha endurecido, la herramienta de calibración 200 se retira del material de impresión dando como resultado la formación de un rebaje o agujero de calibración en el material. Después de eso, el rebaje o agujero de calibración está listo para su uso posterior.

25 El rebaje o agujero de calibración se puede crear por separado de la creación de la impresión de una anatomía intraoral, o se pueden crear simultáneamente o incluso integrarse. En otras palabras, se puede crear un rebaje o agujero de calibración para un determinado material de impresión por separado, pero también se puede crear el rebaje o agujero de calibración al mismo tiempo cuando se realiza la impresión real de una dentición. El rebaje o agujero de calibración puede incluso hacerse utilizando la misma bandeja de impresión 300 que se utiliza para adquirir la impresión de una anatomía intraoral. Por ejemplo, se puede insertar una herramienta de calibración 200 distinta en el material de impresión en la bandeja 300 después de haber sido llenada con el material, antes de la colocación de la bandeja 300 en la boca.

30 Además, es posible perforar o en su defecto mecanizar un rebaje o agujero de calibración con forma y dimensiones predeterminadas en un material de impresión endurecido. Otra alternativa adicional es integrar una herramienta de calibración 200 con una bandeja de impresión 300.

35 Las Figuras 3a y 3b ilustran ejemplos de bandejas de impresión 300, 300' que facilitan la obtención del rebaje o agujero para definir el valor umbral. Sin embargo, debe apreciarse que las bandejas de impresión de la técnica anterior, o plataformas diseñadas específicamente para ese propósito solamente, también se pueden utilizar cuando se crea un rebaje o un agujero en el material de impresión para determinar el valor umbral.

40 Además de un volumen 303 para el material de impresión para dientes, la bandeja de impresión 300 ilustrada en la Figura 3a está provista en un mango 302 frontal de la bandeja de impresión 300 con un volumen 301 para el material de impresión y la herramienta de calibración 200. Cuando se toma una impresión de una anatomía intraoral, será fácil llenar simultáneamente el volumen 301 con el material de impresión e insertar la herramienta de calibración 200 en el material de impresión en el volumen 301. En una forma de realización (no mostrada aquí), una herramienta de calibración 200 se conecta a la bandeja 300, por ejemplo, por medio de una línea conectada al mango 302 frontal de la bandeja de impresión 300. Esto asegura que la herramienta de calibración 200 esté fácilmente disponible cuando se va a realizar una impresión.

45 En la bandeja 300' ilustrada en la Figura 3b, el volumen 301' para el material de impresión para crear el rebaje de calibración está rodeado por el volumen 303' para el material de impresión para los dientes, es decir, dicho volumen 303' para los dientes tiene forma de un arco y dicho volumen 301' para el material de impresión y la herramienta de calibración 200 se dispone en un área dentro de ese arco. La bandeja de impresión 300' comprende dentro el volumen 301' para el material de impresión una herramienta de calibración 200 para la creación de un rebaje de calibración o un agujero.

50 Se puede utilizar un diseño de herramienta de calibración para cualquier bandeja 300, 300' que comprenda la herramienta de calibración 200 de manera que el tamaño y la forma del rebaje o agujero de calibración serán siempre los mismos. Por otra parte, también se pueden utilizar diseños de herramientas de calibración específicos del tipo de bandeja y la información relativa a las herramientas de calibración 200 se puede almacenar para cada

tipo de bandeja. Un usuario puede introducir en el aparato de cálculo 120 información sobre el tipo de bandeja utilizado para que se puedan adquirir las dimensiones de calibración adecuadas. Una ventaja proporcionada por una bandeja de impresión 300' que comprende un volumen 301' que incluye la herramienta de calibración 200 es que dicho diseño facilita la obtención del rebaje o agujero de calibración y hace fácil asegurar que el rebaje o agujero y una impresión de la anatomía intraoral se han hecho en el mismo material de impresión.

Debe apreciarse que se pueden disponer diferentes tipos de bandejas de impresión 300, 301' para contener un volumen 301, 301' para la herramienta de calibración 200 y/o ambos volúmenes 301, 301' de este tipo y la propia herramienta de calibración 200.

El escaneo radiográfico de una dentición tiene lugar normalmente girando los medios de formación de imágenes alrededor de un eje que está orientado en ángulo recto con respecto al plano del arco dental, y las impresiones dentales y también los rebajes o agujeros de calibración creados en el material de impresión se pueden escanear en consecuencia. Sin embargo, otra posibilidad adicional es colocar la impresión y/o el rebaje o agujero de calibración en relación con los medios de formación de imágenes de manera que el(los) rebaje(s) o el agujero se oriente(n) en ángulo recto con respecto al eje de giro de los medios de formación de imágenes, lo que significa en la práctica, tal que al menos en alguna etapa del escaneo de formación de imágenes, el haz de radiación será paralelo con la orientación del(de los) rebaje(s) o el agujero.

Las Figuras 4 y 5 ilustran ejemplos de cómo se puede obtener un valor umbral para utilizar en la generación de un modelo superficial dental digital a partir de la información relativa al rebaje o al agujero (de aire) producido por la herramienta de calibración a una pieza de material de impresión. En los ejemplos ilustrados, se utilizan la forma y el tamaño como ejemplos de las dimensiones de la herramienta de calibración 200 que se han almacenado en la memoria 121.

En el ejemplo ilustrado de la Figura 4, el rebaje o el agujero que una herramienta de calibración 200 ha dejado en el material de impresión se explora en la etapa 401 mediante un escáner de TCHC, y los resultados de escaneo (valores de vóxeles 1) se adquieren en la etapa 402. A continuación, la información del tamaño y la forma de la herramienta de calibración 200 que se ha almacenado en la memoria 121 se adquiere en la etapa 403. El tamaño se puede dar como una dimensión de la sección transversal, como un diámetro o un radio de un cilindro (de dicha primera parte 201 de la herramienta de calibración 200). A continuación, se determinan la ubicación y orientación real del rebaje o agujero en la presentación de vóxeles en la etapa 404 por medio del reconocimiento de patrones. La ubicación y orientación se pueden determinar por otros medios también, como maximizar una función objetivo. La función objetivo puede ser una diferencia entre un valor medio de los vóxeles dentro del borde del rebaje o el agujero y un valor medio de los vóxeles fuera de los bordes del rebaje o del agujero. Utilizando los valores de vóxeles 1 adquiridos, se pueden determinar la información de forma y tamaño del rebaje o el agujero y la ubicación y orientación determinadas en la etapa 404, la ubicación de la interfaz aire-material del rebaje o agujero en los datos de imagen y, por lo tanto, los vóxeles que se sitúan en la interfaz aire-material identificada en la etapa 405. A continuación, se calcula un valor umbral en la etapa 406 a partir de los valores de los vóxeles que se han identificado para situarse en la interfaz aire-material. El valor umbral puede ser un promedio o un valor medio o un promedio ponderado, calculado a partir de estos valores. También es posible utilizar sólo una parte de estos valores de vóxeles en el cálculo del valor umbral. El valor umbral se utilizará entonces para crear un modelo superficial de dentición, según se explicará con más detalle a continuación.

En el otro ejemplo ilustrado de la Figura 5 para determinar un valor umbral, el rebaje o un agujero que una herramienta de calibración 200 ha dejado en el material de impresión se explora en la etapa 501 mediante un escáner de TCHC y se obtienen los resultados de escaneo (valores de vóxeles 1) en la etapa 502. Además, la información con respecto al tamaño y la forma de la herramienta de calibración 200 que se ha almacenado en la memoria 121 se adquiere en la etapa 503. El tamaño se puede dar como una dimensión de la sección transversal, como un diámetro o un radio de un cilindro (de dicha primera parte 201 de la herramienta de calibración 200). A continuación, se eligen candidatos para valores umbral en la etapa 504. Los candidatos se pueden elegir dentro del rango de los valores de vóxeles 1 adquiridos en la etapa de escaneo 501. Los candidatos umbral se pueden recibir como una entrada de usuario y/o se pueden generar mediante la unidad de calibración 123. Preferiblemente, los candidatos se seleccionan en secuencia. Un candidato puede ser uno de los valores de vóxeles 1 reales, pero en la práctica el valor umbral más apropiado se encuentra lo más probable entre varios de los valores entre dos de los valores de vóxeles 1 individuales, lo que significa que los candidatos que tienen valores entre dos de los valores de vóxeles 1 también necesitan ser generados. Debe apreciarse que la forma en que se eligen los candidatos de umbral no tiene importancia y puede utilizarse cualquier forma adecuada.

Después de que se hayan escogido uno o más candidatos, se realizan las siguientes subetapas en la etapa 505 para un candidato umbral elegido:

- Los valores de vóxeles 1 se clasifican (etiquetan) tomando un valor de vóxel y comparándolo con el candidato umbral: Si el valor de vóxel está por encima del valor del candidato umbral, se determina que el vóxel se sitúa en (es decir representa) el material de impresión, de lo contrario se determina que el vóxel se sitúa en el aire.

- Se genera un modelo superficial a partir de los valores de vóxeles 1 clasificados. La superficie puede generarse mediante la utilización de un algoritmo de cubos de marcha o cualquier otro algoritmo correspondiente.
- Se comprueba a partir del modelo superficial generado de este modo, si hay o no un rebaje o un agujero (es decir, si se encuentra un rebaje en el modelo superficial).

5 Cuando se han realizado estas etapas para el candidato umbral seleccionado o un conjunto de candidatos, los rebajes u orificios encontrados si los hay, se comparan en la etapa 506 con el tamaño y la forma de la herramienta de calibración 200 que se adquirió en la etapa 503. Si entre los varios rebajes y agujeros encontrados de este modo hay uno que tiene un tamaño y una forma que esté lo suficientemente próxima del tamaño y forma de la herramienta de calibración 200, es decir, el tamaño y forma predeterminados del rebaje o agujero (etapa 507) se determina el correspondiente candidato umbral en la etapa 508 para ser un valor umbral. Sin embargo, el proceso puede volver a la etapa 504 y continuar con un nuevo (o un nuevo conjunto de) candidato(s) umbral. Por otra parte, en caso de que no se encuentre ningún rebaje o agujero en las superficies generadas en la etapa 505, ni ninguno lo suficientemente próximo a las dimensiones de la herramienta de calibración, es decir, en caso de que no se encuentre nada que se pueda considerar que este lo suficientemente próximo al tamaño y forma reales del rebaje o agujero en el material de impresión, el proceso continúa de nuevo desde la etapa 504 para seleccionar otro candidato umbral adicional o un conjunto de ellos. Por lo tanto, el proceso ilustrado en la Figura 5 es una especie de proceso de prueba y error.

20 Cuando se utiliza el proceso de la FIG. 5, el usuario puede determinar una precisión requerida para que se genere el modelo superficial 3-D o se puede ajustar previamente una precisión deseada en la unidad de calibración de manera que cuando el tamaño y la forma calculados del rebaje o agujero estén lo suficientemente próximos a las dimensiones de la herramienta de calibración 200, se pueda finalizar la búsqueda del valor umbral. Además, aunque es posible seguir generando conjuntos de candidatos para las etapas 505-507 del procedimiento, también es posible seleccionar siempre solo uno y repetir las etapas 505-507 hasta que se haya encontrado un candidato aceptable. También es posible además buscar más de un candidato que cumpla un criterio de selección predeterminado y calcular a continuación de aquellos el valor umbral que se va a utilizar para crear un modelo superficial de dentición, según se describirá a continuación.

30 Los ejemplos ilustrados en relación con las Figuras 4 y 5 describen alternativas para como determinar un valor umbral para la interfaz aire-material para un material de impresión específico, pero también pueden utilizarse otras formas para determinar el valor umbral. Por ejemplo, en el método de acuerdo con la Figura 4, la ubicación y orientación del rebaje o agujero se puede determinar utilizando funciones de error apropiadas y diversos algoritmos de optimización y por medio del valor umbral, se puede determinar a continuación la interfaz aire-material de una impresión de una anatomía intraoral en el mismo material, proporcionando este procedimiento un medio para aumentar la precisión de las superficies de modelado basadas en el escaneo por TC y por TCHC de las impresiones dentales. Dependiendo de una implementación, se puede almacenar un valor umbral para un determinado material de impresión en una memoria para utilizarse más tarde cuando se formen las imágenes de impresiones dentales en el mismo material de impresión o el proceso puede continuar directamente de acuerdo con la Figura 6 según se describirá a continuación en la presente memoria.

45 La Figura 6 ilustra un ejemplo de cómo se puede crear un modelo superficial 3-D de una anatomía intraoral a partir de la impresión de la anatomía intraoral. En el ejemplo ilustrado, se supone que el material distinto del material de impresión es el aire y los valores de vóxeles que representan el aire son más pequeños que los valores de vóxeles que representan el material de impresión.

50 En la etapa 601 se explora una impresión de una anatomía intraoral y se obtienen los resultados de escaneo de la impresión en la etapa 602. En el ejemplo ilustrado, los resultados de escaneo se obtienen como valores de vóxeles 2 que forman una presentación de vóxeles de la impresión explorada. Puesto que en el ejemplo ilustrado se supone que el valor umbral ya ha sido determinado por separado, el valor umbral para el material de impresión se acaba de adquirir, por ejemplo, desde la memoria 121, en la etapa 602.

55 Los valores de vóxeles 2 se clasifican entonces tomando un valor de vóxel en la etapa 603 y comparándolo en la etapa 604 con el valor umbral. Si el valor de vóxel está por encima del valor umbral, se determina que el vóxel se sitúa en (es decir, representa) el material de impresión (etapa 605), de lo contrario se determina que el vóxel se sitúa en el aire (etapa 606). Después de eso se comprueba en la etapa 607, si todos los valores de vóxeles 2 han sido o no procesados y en caso que no, el proceso continúa a la etapa 603 para tomar un valor de vóxel no procesado.

60 Después de que se hayan clasificado todos los vóxeles, se crea un modelo superficial de la impresión en la etapa 608. La superficie puede crearse mediante la utilización de un algoritmo de cubos de marcha o cualquier otro algoritmo correspondiente. Cuando este proceso se realiza en base al proceso de calibración para un material de impresión dado según se ha discutido anteriormente, es posible crear un modelo superficial digital 3-D de dentición con una precisión del orden de micras.

65 Dado que no hay una caída pronunciada en los valores de vóxeles en y alrededor de los bordes de un modelo digital de una impresión dental, es decir, en los datos de escaneo de una impresión dental, ha sido difícil determinar a partir

de los datos de vóxeles por TC(HC) la ubicación exacta de la superficie de una impresión. Por lo tanto, la determinación de la ubicación de la superficie de una impresión sólo ha sido posible en base a la estimación o a la hipótesis fundamentada, pero por medio del valor umbral generado de acuerdo con la invención se puede determinar ahora con bastante precisión dónde se debe localizar la superficie de una impresión dental en el modelo digital.

Aunque en los ejemplos anteriores el valor umbral representa la interfaz aire-material de impresión, se debe apreciar que un valor umbral se puede determinar en relación con otras parejas de materiales también, como el material de impresión y otro material distinto del aire.

Las etapas mostradas en las Figuras 4 a 6 no están necesariamente en un orden cronológico absoluto y algunas de las etapas se pueden realizar simultáneamente o en un orden diferente del dado. También puede ser posible combinar o dividir las etapas de las Figuras 4 a 6 en varias partes. Otras funciones también se pueden ejecutar entre las etapas o dentro de las etapas. Por ejemplo, si hay diferentes diseños para las herramientas de calibración, el procedimiento descrito puede comprender elegir una herramienta de calibración adecuada para que se realice el propósito de la impresión y los procesos descritos en relación con las Figuras 4 y 5 pueden comprender recibir o adquirir información sobre el diseño de la herramienta de calibración utilizada. Algunas de las etapas también se pueden dejar de lado. Además, las etapas en diferentes Figuras se pueden realizar simultáneamente o superponerse entre sí. Por ejemplo, el rebaje y una impresión de una superficie intraoral se pueden escanear simultáneamente o uno tras otro, y los datos almacenados para su recuperación posterior, es decir, las etapas 401, 501 o 601, se pueden realizar por separado de las otras etapas del proceso correspondiente. Además, el proceso de la Figura 4 o la Figura 5 se puede integrar al proceso de la Figura 6 en cuyo caso no hay necesidad de adquirir en la etapa 602 el valor umbral determinado justo antes. Sin embargo, debe apreciarse que la calibración, es decir la determinación del valor umbral específico del material, necesita ser realizada para un material de impresión dado para poder obtener resultados lo más precisos posible.

Será obvio para un experto en la técnica que, a medida que avanza la tecnología, el concepto inventivo se puede implementar de diversas maneras. La invención y sus formas de realización no se limitan a los ejemplos descritos anteriormente, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para generar un modelo superficial digital que represente una interfaz entre un material de impresión y otro material a partir de datos volumétricos que incluyan datos de imagen de una impresión física de una anatomía intraoral, incluyendo el método una etapa de procesamiento en la que se determina un valor umbral para una interfaz entre el material de impresión y el otro material, comprendiendo el método:

adquirir la información que define las dimensiones predeterminadas de un rebaje o un agujero en el material de impresión, adquiriendo, incluyendo, creando dicho un rebaje o agujero en el material de impresión por medio de una herramienta de calibración (200) que tiene las dimensiones predeterminadas;

adquirir los resultados de escaneo por TC de dicho rebaje o agujero en el material de impresión; utilizar dicha información que define las dimensiones predeterminadas y dichos resultados de escaneo por TC de dicho rebaje o agujero para determinar dicho valor umbral para la interfaz entre el material de impresión y el otro material;

adquirir los resultados de escaneo por TC de la impresión física negativa de una anatomía intraoral, siendo realizada la impresión física negativa en el mismo material de impresión que dicho rebaje o agujero; y utilizar dicho valor umbral para generar una superficie de dicha impresión física negativa de una anatomía intraoral a partir de dichos resultados de escaneo de dicha impresión física negativa de la anatomía intraoral.

**caracterizado por que** dicho rebaje o agujero tiene la forma de un cilindro.

2. Un método según se reivindica en la reivindicación 1, en donde la determinación de dicho valor umbral incluye:

determinar la ubicación y la orientación de dicho rebaje o agujero en dichos resultados de escaneo de dicho rebaje o agujero;

utilizar las dimensiones predeterminadas de dicho rebaje o agujero y la ubicación y orientación determinadas del mismo para identificar a partir de los resultados de escaneo por TC de dicho rebaje o agujero, los vóxeles situados en una interfaz del rebaje o el agujero; y calcular el valor umbral a partir de los vóxeles identificados.

3. Un método según se reivindica en la reivindicación 2, en donde la ubicación y orientación de dicho rebaje o agujero se determina por medio del reconocimiento del patrón o un algoritmo de optimización y una función de error.

4. Un método según se reivindica en la reivindicación 2 ó 3, en donde el valor umbral calculado es uno de los siguientes: un promedio de los vóxeles identificados para situar en la interfaz, un promedio ponderado de los vóxeles identificados para situar en la interfaz, y un valor medio de los vóxeles identificados para localizar en la interfaz, un promedio de una parte de los vóxeles identificados, identificados para situar en la interfaz, un promedio ponderado de una parte de los vóxeles identificados para situar en la interfaz y un valor medio de una parte de los vóxeles identificados para situar en la interfaz.

5. Un método según se reivindica en la reivindicación 1, en donde determinar dicho valor umbral incluye las etapas:

seleccionar un candidato o candidatos para el valor umbral;

generar a partir de dichos resultados de escaneo por TC de dicho rebaje o agujero una superficie que utilice el candidato para valor umbral;

comprobar la superficie generada para encontrar un rebaje o un agujero;

comparar las dimensiones del rebaje o agujero encontrado en la superficie generada con aquellos del rebaje o agujero de las dimensiones predeterminadas; determinando el candidato mediante el cual se genera una superficie que tiene un rebaje o un agujero con las dimensiones más próximas a las dimensiones predeterminadas, o cumpliendo el candidato o candidatos un criterio de selección mediante el cual se genera una superficie que tiene un rebaje o agujero lo suficientemente próximo a las dimensiones predeterminadas;

seleccionar el valor de dicho candidato o un valor calculado a partir de los valores de un número de dichos candidatos, para representar el valor umbral para la interfaz entre el material de impresión y otro material.

6. Un método según se reivindica en una de las reivindicaciones precedentes, en donde la utilización de dicho valor umbral para generar una superficie de dicha impresión física negativa de una anatomía intraoral incluye:

utilizar el valor umbral para clasificar los resultados de escaneo por TC de la impresión física negativa de una anatomía intraoral bien para representar el material de impresión o bien el otro material; y

generar la superficie de la impresión física negativa de una anatomía intraoral que utiliza dichos resultados de escaneo por TC clasificados que representan bien el material de impresión o bien el otro material por medio de un algoritmo apropiado, tal como un algoritmo de cubos de marcha.

7. Un método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la impresión física negativa de una anatomía intraoral es una impresión física negativa de una superficie de al menos una parte de un arco dental.

8. Un método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el otro material es aire.
- 5 9. Un método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la adquisición de dichos resultados de escaneo por TC de dicho rebaje o agujero en el material de impresión y dichos resultados de escaneo por TC de una impresión física negativa de una anatomía intraoral hecha en el mismo material de impresión incluye llenar un primer y un segundo volumen (301, 301', 303, 303') de una bandeja de impresión (300, 300') con el material de impresión, estando dispuesto dicho primer volumen (303, 303') para el material de impresión para dicha anatomía intraoral y dicho segundo volumen (301, 301') para el material de impresión para dicha herramienta de calibración (200).
- 10 10. Un método según se reivindica en la reivindicación 9, en donde la bandeja de impresión (300') comprende dentro el segundo volumen (301') para el material de impresión, dicha herramienta de calibración (200).
- 15 11. Un método según se reivindica en la reivindicación 9 ó 10, en el que dicho primer volumen (303, 303') tiene la forma de un arco y dicho segundo volumen (301, 301') se dispone en un área dentro de ese arco o dicha bandeja (300, 300') incluye además un mango (302) y dicho segundo volumen se dispone sobre dicho mango (302).
- 20 12. Un aparato de formación de imágenes por TC que comprende una fuente de radiación (112) y un detector (111), un aparato de cálculo (120) que incluye una memoria (121) para almacenar el resultado de escaneo por TC, así como una unidad de procesamiento (122) y una unidad de calibración (123) configuradas para determinar un valor umbral y para generar un modelo superficial de acuerdo con el método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 25 13. Un aparato de TC según se reivindica en la reivindicación 12, siendo el aparato un aparato de TCHC dental (110).

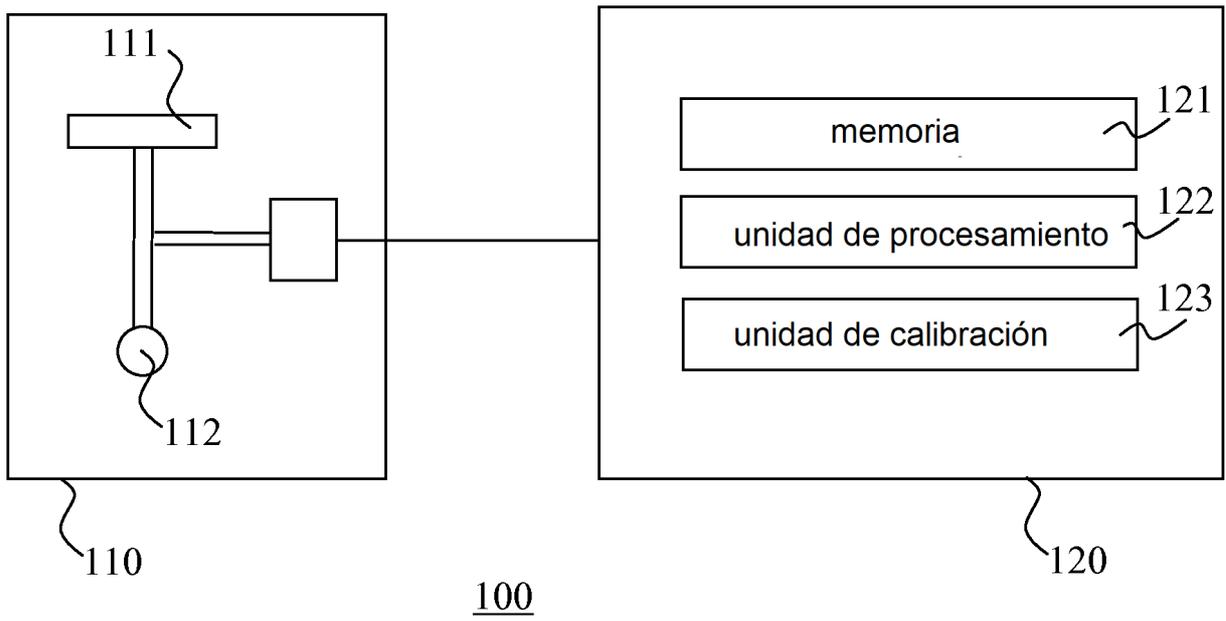


Fig. 1

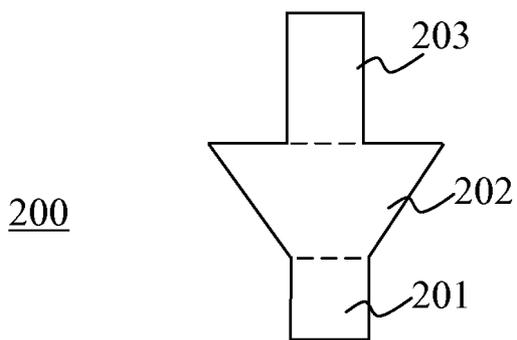


Fig. 2

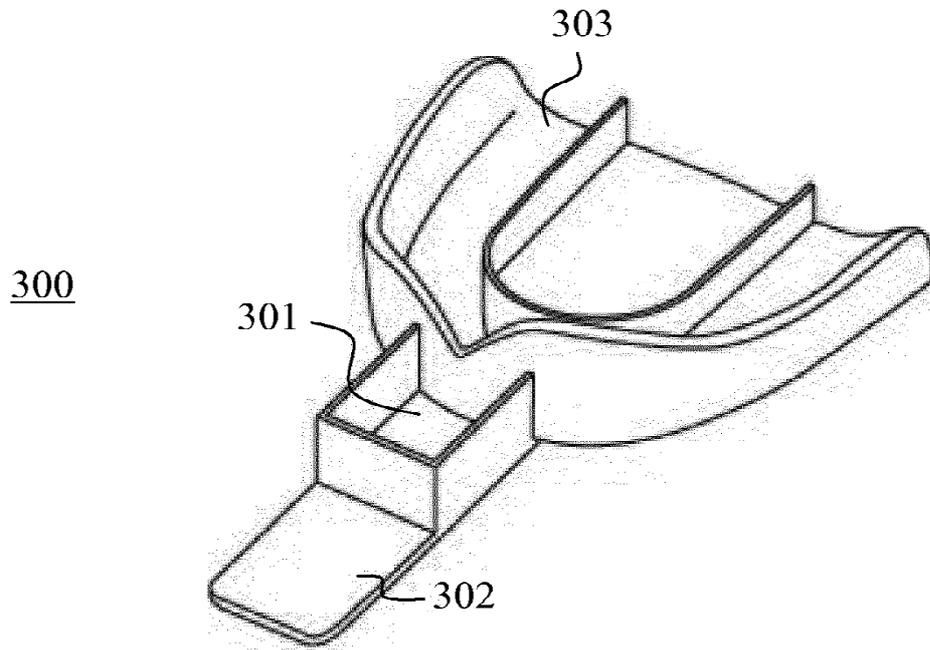


Fig. 3a

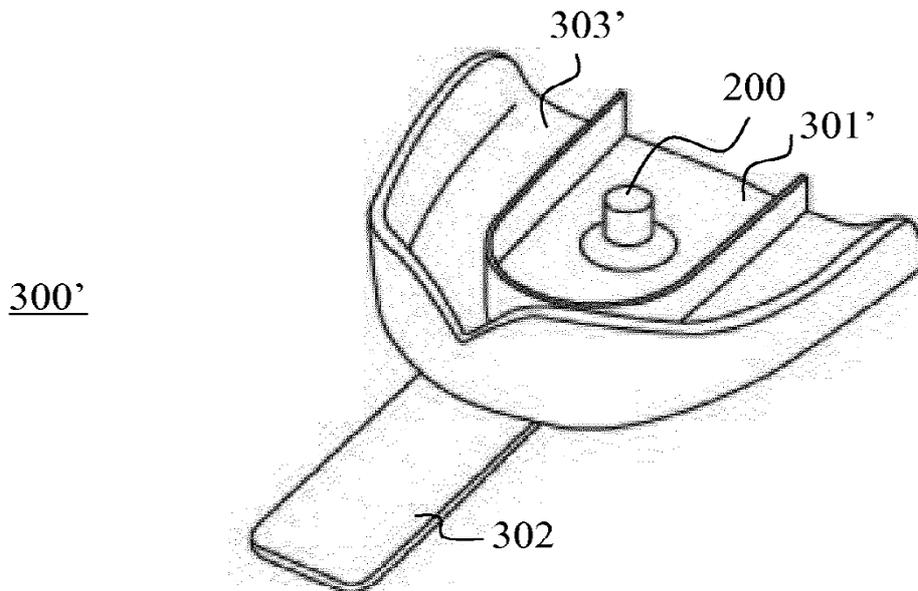


Fig. 3b

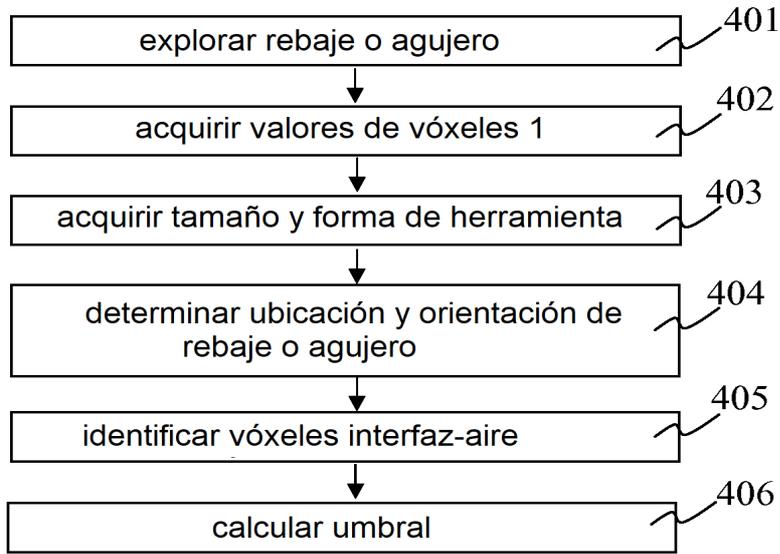


Fig. 4

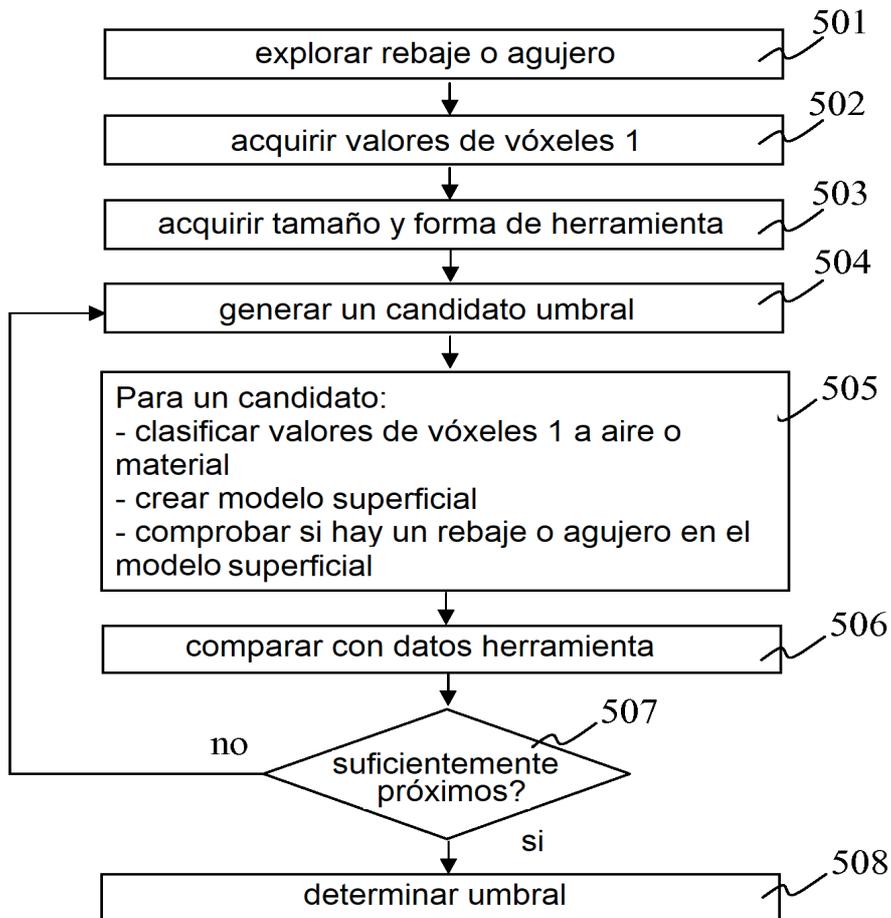


Fig. 5

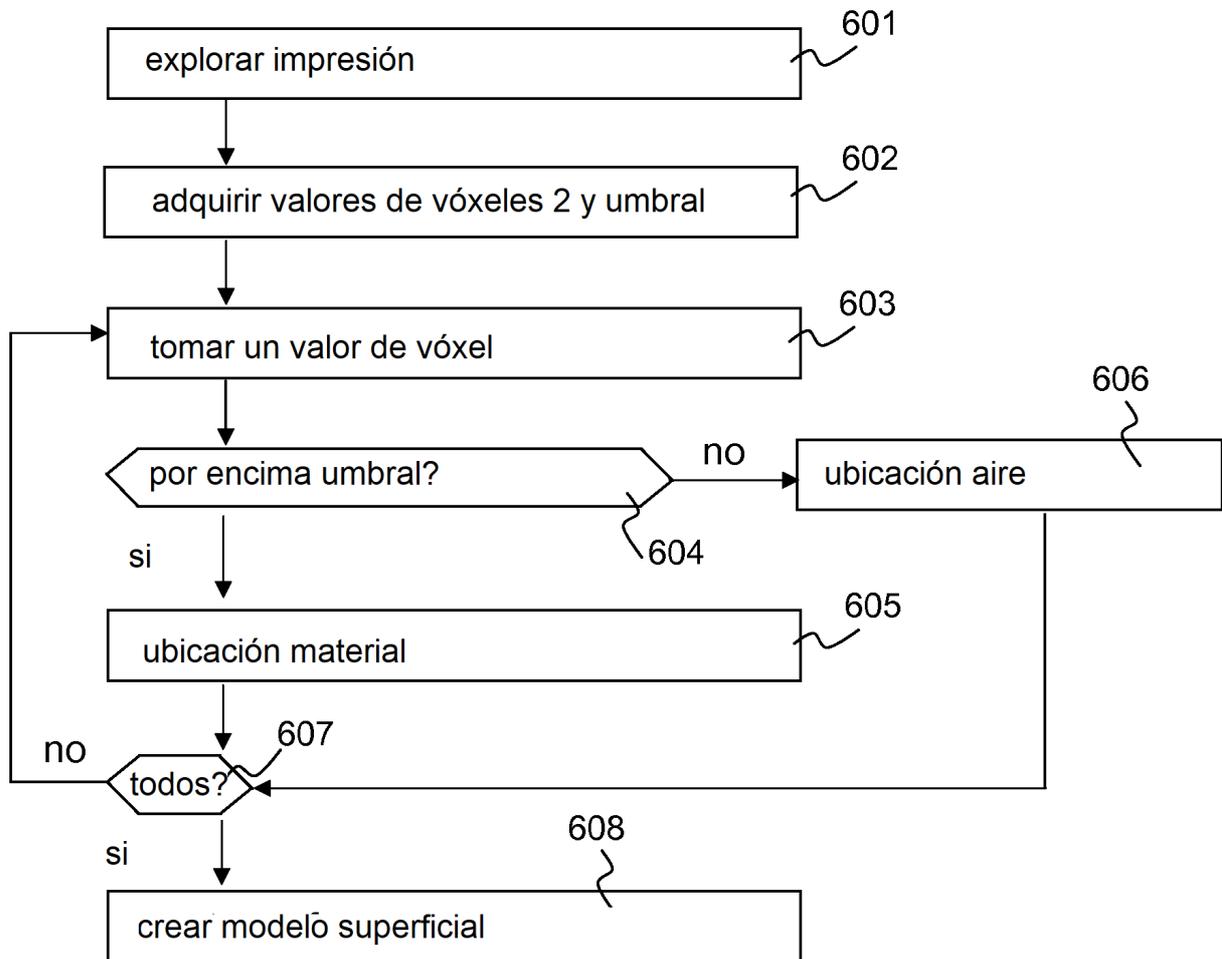


Fig. 6