

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 045**

51 Int. Cl.:

**A61C 7/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2006 PCT/US2006/014125**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.11.2006 WO06118771**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2006 E 06750215 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 1876990**

54 Título: **Método para fabricar un alineador dental y sistema de tratamiento dental que comprende dicho alineador**

30 Prioridad:

**29.04.2005 US 676278 P**  
**13.04.2006 US 404332**

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

**24.09.2018**

73 Titular/es:

**ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)**  
**2820 Orchard Parkway**  
**San Jose, CA 95134 , US**

72 Inventor/es:

**WEN, HUAFENG y**  
**LIU, FRANK, ZHENHUAN**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI, Peter**

**ES 2 683 045 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Método para fabricar un alineador dental y sistema de tratamiento dental que comprende dicho alineador.

## 5 REFERENCIAS CRUZADAS A INVENCIONES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional americana 60/676.278, presentada el 29/04/05.

10 La presente invención está relacionada con la solicitud de patente provisional americana nº de serie 60/676.546, titulado "*Digitization of dental arch model components*" por Huafeng Wen y la solicitud de patente americana nº de serie 11/205.496, titulado "*System for organizing dental aligners*" por Huafeng Wen.

15 La presente invención también está relacionada con la solicitud de patente americana nº de serie 11/074.301, titulada "*Dental aligner for providing accurate dental treatment*" por Liu y otros, presentada el 7/3/2005, la solicitud de patente americana nº 11/074.297, titulada "*Producing wrinkled dental aligner for dental treatment*" por Liu y otros, presentada el 7/3/2005, la solicitud de patente americana nº 11/074.300, titulada "*Fluid permeable dental aligner*" por Huafeng Wen, presentada el 7/3/2005, la solicitud de patente americana nº de serie 11/074.298, titulada "*Disposable dental aligner*" por Huafeng Wen, presentada el 7/3/2005, y la solicitud de patente americana nº de serie 11/050.051, titulada "*Storage system for dental devices*" por Huafeng Wen, presentada el 3/2/2005.

20 La presente invención también está relacionada con la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.823, titulada "*Method and apparatus for manufacturing and constructing a physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.497, titulada "*Method and apparatus for manufacturing and constructing a dental aligner*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.504, titulada "*Producing an adjustable physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, y la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.824, titulada "*Producing a base for physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004.

25 La presente invención también está relacionada con la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.152, titulada "*A base for physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 11/012.924, titulada "*Accurately producing a base for physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.145, titulada "*Fabricating a base compatible with physical dental tooth models*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.156, titulada "*Producing non-interfering tooth models on a base*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.160, titulada "*System and methods for casting physical tooth model*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.159, titulada "*Producing a base for accurately receiving dental tooth models*" por Huafeng Wen, y presentada el 14/12/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.157, titulada "*Producing accurate base for dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada 14/12/2004.

## CAMPO DE LA INVENCION

Esta solicitud se refiere en general al campo del cuidado dental y, más particularmente, al campo de la ortodoncia.

## 45 ANTECEDENTES

Por el documento US 2002/094503 A1 es conocido un sistema de modelos dentales manipulables o reconfigurables y métodos para su uso para modelar una serie de configuraciones de dientes correspondientes a movimientos dentales secuenciales durante un tratamiento de ortodoncia. Cuando un paciente se somete a un tratamiento de ortodoncia, las configuraciones de dientes y mordida se realinean en una serie de etapas. Cada etapa representa un nuevo patrón o configuración dental que eventualmente dará lugar a un posicionamiento final apropiado de toda la dentadura. El progreso de la configuración inicial, a través de las etapas intermedias y finalmente a la configuración final puede conseguirse utilizando cualquiera o una combinación de diferentes aparatos dentales. De particular interés para la presente invención, muchos de estos aparatos pueden realizarse utilizando una combinación dental que representa la configuración dental del paciente. En particular, pueden formarse aparatos de posicionamiento de plástico termoformable que se ajustan sobre los dientes del paciente sobre un molde tridimensional de la dentición del paciente. Si se utilizan aparatos sucesivos durante el tratamiento para reposicionar los dientes desde la configuración inicial hasta la final, típicamente se ha producido un nuevo molde para fabricar el aparato para cada etapa. La presente invención presenta un aparato y métodos que emplean un molde manipulable o reconfigurable para modelar la dentición del paciente y la encía en cada etapa del tratamiento.

5 El documento US 2002/150855 A1 muestra un sistema para reposicionar dientes que comprende una pluralidad de aparatos individuales. Los aparatos están configurados para colocarse sucesivamente en los dientes del paciente y para reposicionar incrementalmente los dientes desde una disposición de dientes inicial, a través de una pluralidad de disposiciones de dientes intermedias, y hasta una disposición de dientes final. El sistema de aparatos generalmente se configura al inicio del tratamiento para que el paciente pueda progresar a través del tratamiento sin necesidad de que el profesional de tratamiento realice cada etapa sucesiva del método.

10 Además, el documento EP 1 876 993 A2 dispone métodos, dispositivos y sistemas para digitalizar el arco de un paciente y manipular el modelo de arco dental digital. En una variante, los métodos incluyen producir un modelo de arco físico para el arco del paciente, separar el modelo de arco físico en una pluralidad de componentes de modelo de arco, montar los componentes del modelo de arco en una placa de escaneado, capturar una o más imágenes de los componentes del modelo de arco, y desarrollar representaciones digitales de los componentes del modelo de arco utilizando la una o más imágenes capturadas.

15 El documento US 2003/203334 A1 describe un sistema de fabricación de aparatos dentales que incluye un modelo dental reconfigurable que incluye una estructura que tiene uno o más elementos de diente dispuestos en la estructura; y uno o más micro-posicionadores, cada uno acoplado a un elemento del diente para mover el diente en seis grados de libertad respecto a la estructura.

20 El documento US 6 386 878 81 describe un método implementado por ordenador que separa la encía de un modelo dental definiendo una superficie de corte a lo largo de la encía; y se aplica la superficie de corte al diente para separar la encía del diente.

25 La ortodoncia es la práctica de manipular los dientes de un sujeto para proporcionar una mejor función y aspecto. En general, los brackets se unen a los dientes de un sujeto y se acoplan entre sí con un alambre arqueado. La combinación de brackets y alambre proporciona una fuerza sobre los dientes que provoca que se muevan. Una vez que los dientes se han movido a la posición deseada y se mantienen en su lugar durante un cierto período de tiempo, el cuerpo adapta el hueso y el tejido para mantener los dientes en la posición deseada. Un sujeto llevar un elemento de retención para ayudar a mantener los dientes en la posición deseada.

30 Los ortodontistas inicialmente basan su tratamiento en una imagen mental de la estructura ortodóntica física del sujeto y una imagen mental de una estructura ortodóntica física deseada para el sujeto, que puede ser asistida por radiografías y/o modelos. En base en estas imágenes mentales, el ortodontista confía en su experiencia para colocar los brackets y/o bandas en los dientes y para doblar manualmente (es decir, darle forma) al alambre, de modo que se realice una fuerza sobre los dientes para reposicionarlos en la estructura ortodóntica física deseada. A medida que los dientes se mueven hacia la posición deseada, el ortodontista realiza juicios continuos sobre el progreso del tratamiento, la siguiente etapa en el tratamiento (por ejemplo, nueva flexión del cable, reposicionar o reemplazar los brackets, elemento para la cabeza, etc.), y el éxito de la etapa anterior.

40 En general, un ortodontista realiza ajustes manuales en el alambre y/o reemplaza o reposiciona brackets en base a su opinión experta. Desafortunadamente, en el entorno oral, para un ser humano es difícil desarrollar con precisión una imagen tridimensional visual de una estructura de ortodoncia debido a las limitaciones del ojo humano y la estructura física de la boca humana. Además, es difícil (si no imposible) estimar con precisión curvas de alambre tridimensionales (con precisión en unos pocos grados) y aplicar manualmente dichas curvas a un alambre. Además, es difícil (o imposible) determinar una posición ideal del bracket para lograr la estructura ortodóntica deseada en base a las imágenes mentales. También es extremadamente difícil colocar brackets manualmente en lo que se estima que es la posición ideal. En consecuencia, el tratamiento de ortodoncia es un proceso iterativo que requiere múltiples cambios de alambres, y el éxito y la velocidad del proceso dependen de las habilidades motrices y la experiencia diagnóstica del ortodontista. Como resultado de múltiples cambios de alambre, se incrementa el coste y la incomodidad del sujeto. La calidad de la atención también puede variar mucho entre ortodontistas, al igual que el tiempo para tratar a un sujeto.

55 La práctica de la ortodoncia depende en gran medida de las opiniones de expertos y juicios del ortodontista. Se han desarrollado muchas innovaciones para ayudar a los ortodontistas y otros profesionales médicos que intentan alinear los dientes. Por ejemplo, la patente americana nº 5.518.397 de Andreiko y otros, presenta un método para formar un aparato de ortodoncia. El método incluye obtener un modelo de los dientes de un sujeto y una prescripción del posicionamiento deseado de los dientes. El contorno de los dientes del sujeto se determina a partir del modelo. Se realizan cálculos del contorno y el posicionamiento deseado de los dientes y después se crean unos brackets personalizados para recibir un alambre de arco para formar un sistema de anclaje ortodóntico. El dispositivo de la patente americana nº 5.518.397 coloca un alambre arqueado en el bracket en una curvatura progresiva en un plano horizontal y una configuración sustancialmente lineal en un plano vertical. Los brackets están personalizados para proporcionar un movimiento tridimensional de los dientes.

5 También se han patentado otras innovaciones relacionadas con brackets y colocación de brackets. Por ejemplo, tales innovaciones de patente se describen en la patente americana nº.618.716 titulada "*Orthodontic Bracket and Ligature*" (un método de ligado de alambres de arco a brackets), la patente americana nº 5.011.405 titulada "*Method for Determining Orthodontic Bracket Placement*", la patente americana nº 5.395.238 titulada "*Method of Forming Orthodontic Brace*", y la patente americana nº 5.533.895 titulada "*Orthodontic Appliance and Group Standardize Brackets therefore and methods of making, assembling and using appliances to straighten teeth.*"

10 Kuroda y otros (1996) A.m. J. Orthodontics 110: 365-369 describe un método para escanear con láser un molde dental de yeso para producir una imagen digital del molde. Véase también la patente americana nº 5.605.459, y la patente americana nos. 5.533.895; 5.474.448; 5,454,717; 5,447,432; 5.431.562; 5.395.238; 5,368,478; y 5.139.419, asignadas a Ormco Corporation, que describen métodos para manipular imágenes digitales de dientes para diseñar aparatos de ortodoncia.

15 La patente americana nº 5.011.405 describe un método para obtener digitalmente imágenes de un diente y determinar el posicionamiento óptimo del bracket para el tratamiento de ortodoncia. En la patente americana nº 5.338.198 se describe escaneado con láser de un diente moldeado para producir un modelo tridimensional, y la patente americana nº 5.452.219 describe un método para escaneado con láser un modelo dental y fresado de un molde del diente. La manipulación digital por ordenador de los contornos de los dientes se describe en las patentes americanas nos. 5.607.305 y 5.587.912. En las patentes americanas nos. 5,342,202 y 5,340,309 se describe la obtención de imágenes digitales computarizadas del arco.

20 Otras patentes de interés incluyen las patentes americanas nos. 5,549,476; 5,382,164; 5,273,429; 4,936,862; 3,860,803; 3,660,900; 5,645,421; 5,055,039; 4,798,534; 4,856,991; 5,035,613; 5,059,118; 5,186,623; y 4,755,139.

25 Las simulaciones realistas de la posición de los dientes son extremadamente útiles para muchos procesos de tratamiento de ortodoncia. Los ortodoncistas pueden utilizar modelos de yeso del arco superior e inferior, para crear una configuración que pueda ser manipulada para modelar las posiciones de inicio y fin de los dientes. Por lo tanto, los dientes pueden modelarse para ayudar a eliminar conjeturas. Los brackets pueden unirse a cada modelo dental para mostrar al ortodoncista la geometría del alambre que discurre a través de las ranuras del bracket para lograr el resultado deseado. La posición del bracket puede transferirse al modelo de maloclusión original. Para asegurarse de que los brackets estarán unidos exactamente en esta posición en los dientes del sujeto real, pueden fabricarse pequeñas plantillas para cada diente que se ajusten sobre el bracket y una parte relevante del diente y permitan una colocación confiable del bracket en los dientes del sujeto. Alternativamente, puede fabricarse una bandeja de transferencia para cada arco colocando cada bracket individual en un modelo de la maloclusión y después fabricar una única bandeja de transferencia por arco que cubra todos los brackets y partes relevantes de cada diente. Por lo tanto, una bandeja de transferencia puede ayudar a asegurar una unión muy rápida y precisa utilizando unión indirecta.

40 La patente americana nº 5.431.562 de Andreiko y otros describe un enfoque de ortodoncia computerizado, impulsado por un dispositivo, en el cual se adquiere información de la forma de los dientes y se calcula una forma de arco objetivo a partir de la información de forma. La forma de las ranuras del bracket personalizadas, la base del bracket y la forma del arco de ortodoncia se calculan de acuerdo con una forma de arco objetivo derivada matemáticamente. Sin embargo, el ortodoncista no interactúa sustancialmente con el diseño del dispositivo.

45 Align Technologies también ofrece dispositivos de alineación transparentes extraíbles. En este sistema, un ortodoncista obtiene un modelo de impresión de la dentadura de un sujeto y envía este modelo a un centro de fabricación de aparatos remoto, donde se escanea con un escáner TC. En el centro de fabricación de aparatos se genera un modelo informático de la dentadura en una situación objetivo final y se pone a disposición para que lo vea el ortodoncista a través de Internet. El ortodoncista indica cambios que desea realizar en posiciones de los dientes individuales. Más tarde, se proporciona otro modelo virtual a través de Internet y el ortodoncista puede revisar el modelo revisado, e indica cualquier cambio adicional. Después de varias de estas iteraciones, se acuerda la situación objetivo. Después, se fabrican y se suministran al ortodoncista una serie de dispositivos de alineación (o cubiertas) extraíbles. Las cubiertas, en teoría, moverán los dientes del sujeto a la posición objetivo deseada o (final).

55 La coordinación de las diferentes etapas del tratamiento (proceso de tratamiento global) típicamente implica una primera entrada del profesional (por ejemplo, médico, técnico dental, etc.) en la formación del diseño del alineador haciendo referencia sólo a la alineación dental inicial del sujeto. La mayoría de los procesos de tratamiento reaccionan dinámicamente al tratamiento continuo del paciente por parte del alineador dental. Por lo tanto, puede ser difícil optimizar la interacción entre el profesional y los alineadores en curso producidos.

60 La patente americana nº 6.699.037 de Align Technology describe métodos y sistemas mejorados para reposicionar dientes desde una disposición dental inicial hasta una disposición dental final. El reposicionamiento se consigue con un sistema que comprende una serie de dispositivos configurados para alojar los dientes en una cavidad y

reposicionar incrementalmente dientes individuales en una serie de por lo menos tres etapas sucesivas. Los aparatos individuales preferiblemente comprenden una cubierta polimérica que tiene la cavidad receptora de los dientes formada en la misma, típicamente por moldeo estereolitográfico. Cada aparato individual está configurado de modo que su cavidad receptora de los dientes presenta una geometría correspondiente a una disposición de dientes intermedia o final destinada a ese aparato. Es decir, cuando un dispositivo es utilizado por primera vez por el sujeto, algunos de los dientes estarán desalineados respecto a una geometría no deformada de la cavidad del aparato. El aparato, sin embargo, es lo suficientemente flexible para acomodarse o ajustarse a los dientes desalineados, y aplicará suficiente fuerza elástica contra dichos dientes desalineados para volver a colocar los dientes en la disposición intermedia o final deseada para esa etapa de tratamiento.

Las patentes americanas 6471.511 y 6.682.346 describen el proceso de fabricación estereolitográfico de Align Technology. Sin embargo, existen varios inconvenientes con el proceso de estereolitografía. Los materiales utilizados por los procesos de estereolitografía pueden ser tóxicos y nocivos para la salud humana. La estereolitografía construye el alineador capa a capa, lo que puede crear espacios susceptibles de crecimiento de gérmenes y bacterias cuando lo utiliza un sujeto. Además, el proceso de estereolitografía de Align Technology también requiere un molde alineador diferente en cada etapa del tratamiento, lo que produce una gran cantidad de residuos y es poco respetuoso con el medio ambiente. Por lo tanto, existe una necesidad de métodos prácticos, eficaces y eficientes para producir un alineador dental.

El modelado de los dientes de un sujeto, tal como el modelado de los arcos dentales superior o inferior (incluyendo la manera en que interactúan los dientes) puede ser una característica importante en el uso y la creación de un dispositivo de alineación. Un modelo de los dientes del sujeto puede ayudar a guiar el movimiento deseado de los dientes del sujeto durante un tratamiento de ortodoncia. El modelo puede ayudar a evitar la interferencia entre los dientes de un sujeto al someterse a una realineación dental. Un modelo también puede proporcionar información para el diseño y la fabricación de dispositivos alineadores dentales. Por lo tanto, existe la necesidad de obtener de manera precisa y eficiente modelos de arcos dentales de los sujetos, incluyendo modelos tanto virtuales como reales.

Otro desafío para el tratamiento de ortodoncia utilizando dispositivos de alineación es transformar con precisión el movimiento de los dientes del sujeto en medidas de tratamiento en el progreso iterativo del tratamiento. Las técnicas de tratamiento actuales no son capaces de controlar cuantitativamente el movimiento de los dientes del sujeto y ajustar con precisión el tratamiento de acuerdo con el movimiento de los dientes del sujeto.

Otro desafío para el tratamiento de ortodoncia con dispositivos de alineación extraíbles es hacer que los dientes se muevan con mayor precisión y eficacia. Las técnicas de tratamiento actuales a menudo son incapaces de explicar el movimiento de resistencia real y mínimo de los dientes del sujeto, lo que da como resultado un movimiento deseado de los dientes y/o un número innecesario de etapas de tratamiento.

Mediante el seguimiento de las posiciones relativas de los dientes en los arcos superior e inferior, pueden diseñarse y fabricarse dispositivos alineadores para reflejar el tratamiento en curso por un ortodoncista o usuario, así como el efecto del tratamiento en el sujeto. En última instancia, esto puede suponer un ahorro de costes, tiempo de tratamiento, y también puede mejorar la comodidad del usuario.

Finalmente, los procesos de tratamiento dental pueden diseñarse para permitir la modificación de las etapas de tratamiento en función del movimiento de los dientes del sujeto. Además, existe la necesidad de procesos de tratamiento más óptimos, incluyendo la fabricación de alineadores dentales. Se describen aquí dispositivos, sistemas y métodos que pueden abordar algunos de los problemas descritos anteriormente.

#### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención se caracteriza por las reivindicaciones independientes 1 y 9.

La presente invención presenta métodos, sistemas, y aparatos para diseñar, fabricar y utilizar dispositivos de alineación dental basados en los arcos dentales de un sujeto. Las implementaciones de los métodos, dispositivos y sistemas descritos aquí pueden incluir uno o más de las siguientes.

En general, se describen aquí métodos para mover los dientes de un sujeto (por ejemplo, tratando a un sujeto) en los cuales se proporcionan uno o más alineadores a un sujeto para que los lleve, de modo que los alineadores pueden ejercer fuerza para mover los dientes del sujeto. Los alineadores pueden diseñarse como parte de una serie de alineadores para llevarlos. La serie puede determinarse en base a la posición inicial de los dientes del sujeto, y en función de la información de un usuario (por ejemplo, un profesional tal como un médico, ortodoncista, técnico, etc.). En algunas variaciones, la serie de tratamiento (y, por lo tanto, los alineadores) pueden diseñarse en base a la respuesta de la posición de los dientes del sujeto a medida que se lleva uno o más de los alineadores. En algunas

variaciones, el usuario puede modificar la serie durante el tratamiento. En algunas variaciones, la serie se determina en base a una o más direcciones de movimiento restringidas (por ejemplo, en una dirección de traslación o una dirección de rotación de un diente individual). Se proporcionan variaciones y ejemplos específicos de los dispositivos, métodos y sistemas.

5 Se describen aquí métodos para producir un alineador dental para mover los dientes de un sujeto. En general, estos métodos pueden incluir las etapas de: producir un modelo dental que simule el cuerpo del diente de uno de los dientes del sujeto, fijar al modelo del diente uno o más elementos de alineación que simulen las raíces del diente del sujeto, producir una base dental que tenga uno o más elementos de recepción configurados para recibir el modelo dental, y fabricar un alineador dental utilizando el modelo dental unido al uno o más elementos de recepción en la base dental.

15 La etapa de fabricar un alineador dental puede incluir producir una pluralidad de modelos dentales que simulen los cuerpos dentales de los dientes del sujeto, montar los modelos dentales físicos en la base dental para formar un modelo de arco físico y fabricar el alineador dental utilizando el modelo de arco físico unido a la base dental. Los elementos de alineación en el modelo dental físico pueden comprender pines o protuberancias, y los elementos de recepción pueden comprender receptáculos, ranuras u orificios. Los elementos de recepción generalmente coinciden con los elementos de alineación. En algunas variaciones incluidas aquí, los elementos de recepción pueden comprender pines o protuberancias, y los elementos de alineación pueden comprender receptáculos, ranuras u orificios. Pueden utilizarse todos los elementos de alineación y recepción apropiados.

25 Puede producirse un modelo dental produciendo un modelo de arco físico de los dientes del sujeto utilizando una impresión de los dientes del sujeto, y separando el modelo de arco físico en uno o más modelos dentales. Puede fabricarse un alineador dental formando al vacío el alineador dental utilizando una lámina de un material para la fabricación de alineadores sobre el modelo dental unido a la base dental, o mediante fabricación por CNC, o por moldeo.

30 También se describen aquí sistemas para mover dientes de un sujeto, que pueden incluir una pluralidad de modelos dentales físicos que tienen uno o más elementos de alineación (donde los elementos de alineación simulan las raíces de los dientes del sujeto y en donde cada modelo dental comprende un cuerpo de diente formado a partir de un modelo del diente del sujeto), una base dental que comprende uno o más elementos de recepción (la base dental configurada para recibir la pluralidad de modelos dentales para formar un modelo de arco dental físico correspondiente a una configuración objetivo del arco dental del sujeto), y un alineador dental fabricado utilizando la pluralidad de modelos dentales físicos unidos a la base dental, de modo que el alineador dental corresponde a la configuración objetivo del arco dental del sujeto.

40 Los alineadores dentales descritos aquí generalmente están destinados a mover los dientes de un sujeto desde una configuración inicial a una configuración final. Por lo tanto, pueden utilizarse alineadores para enderezar los dientes o corregir la maloclusión. Estos alineadores dentales pueden mover los dientes del sujeto girando y/o trasladando los dientes del sujeto. Por ejemplo, los alineadores dentales pueden girar por lo menos uno de los dientes del sujeto en una o más direcciones alrededor de sus raíces cuando el alineador lo lleva el sujeto. En particular, un alineador dental puede girar por lo menos uno de los dientes del sujeto alrededor de sus raíces en una o más de: la dirección polar, la dirección acimutal y la dirección de auto-rotación. Un alineador dental puede trasladar por lo menos uno (o más) de los dientes del sujeto en la dirección x, la dirección y, y/o la dirección z.

45 Otro método para tratar los dientes de un sujeto incluye las etapas de: determinar una configuración objetivo para los dientes del sujeto, producir elementos de recepción en una base dental en respuesta a la configuración objetivo (los elementos de recepción están configurados para recibir modelos dentales físicos), montar los modelos dentales físicos en la base dental para formar un modelo de arco físico, y producir un alineador dental utilizando el modelo de arco físico para mover los dientes del sujeto a la configuración objetivo. La etapa de producir elementos de recepción en una base dental puede incluir determinar las posiciones de los elementos de recepción en la base dental en respuesta a la configuración objetivo para los dientes del sujeto, y producir los elementos de recepción en las posiciones determinadas en la base dental.

55 Tal como se ha descrito anteriormente, la etapa de producir elementos de recepción en una base dental puede incluir las etapas de producir un modelo de arco físico del sujeto moldeando un material de moldeo maleable utilizando una impresión de los dientes del sujeto, producir elementos de alineación en el modelo de arco físico del sujeto, y separar el modelo del arco físico del sujeto en una pluralidad de modelos dentales físicos. Cada modelo dental físico puede incluir uno o más elementos de alineación.

60 La determinación de una configuración objetivo para los dientes del sujeto puede implicar las etapas de determinar una configuración inicial de los dientes del sujeto, determinar una configuración final de los dientes del sujeto y determinar una configuración objetivo para cada una de una pluralidad de etapas de tratamiento para mover los

dientes del sujeto desde la configuración inicial hasta la configuración final. Los elementos de recepción y/o alineación en una base dental pueden fabricarse mediante cualquier método apropiado, incluso mediante fabricación basada en CNC u otros métodos controlados por ordenador. En algunos de los métodos, dispositivos y sistemas descritos aquí, se fabrican unas marcas fiduciarias (por ejemplo, elementos de recepción y/o alineación) como parte del método de fabricación del alineador.

También se describen aquí métodos para tratar dientes de un sujeto, que comprenden determinar una configuración inicial de los dientes del sujeto, determinar una configuración final de los dientes del sujeto, diseñar una trayectoria de movimiento desde la configuración inicial hasta la configuración final para uno o más dientes del sujeto, dividir la trayectoria de movimiento en una pluralidad de etapas de tratamiento (cada una presentando una configuración objetivo para los dientes del sujeto), producir elementos de recepción en una base dental en respuesta a la configuración objetivo para los dientes del sujeto (los elementos de recepción están configurados para recibir modelos dentales físicos), montar los modelos dentales físicos en la base dental para formar un modelo de arco físico en la configuración objetivo y producir por lo menos un alineador dental utilizando el modelo de arco físico configurado para mover los dientes del sujeto a la configuración objetivo.

La etapa de producir elementos de recepción en una base dental puede incluir determinar las posiciones de los elementos de recepción en la base dental en respuesta a la configuración objetivo para los dientes del sujeto y producir los elementos de recepción en las ubicaciones determinadas en la base dental. Además, la etapa de montar los modelos dentales físicos en la base dental puede incluir producir modelos dentales físicos a partir de un modelo de los dientes del sujeto, donde los modelos dentales físicos comprenden elementos de alineación configurados para unirse a los elementos de recepción en la base dental.

Los modelos dentales físicos pueden montarse en la base dental produciendo un modelo físico de arco moldeando un material de moldeo maleable utilizando una impresión de los dientes del sujeto, produciendo elementos de alineación en el modelo de arco físico del sujeto, y separando el modelo de arco físico del sujeto en una pluralidad de modelos dentales físicos en los que cada modelo dental físico incluye una o más de los elementos de alineación. Los modelos dentales físicos pueden fabricarse utilizando fabricación basada en CNC, por ejemplo, o pueden ser moldeados. En general, el alineador dental puede fabricarse al vacío formando el alineador dental utilizando una lámina de material para la fabricación de alineadores sobre el modelo de arco físico, moldeando un material de fundición maleable sobre el modelo de arco físico en una cámara de fundición, o mediante el uso de fabricación basada en CNC.

También se describen aquí sistemas de tratamiento dental para mover los dientes de un sujeto. El sistema puede incluir un dispositivo de almacenamiento configurado para almacenar una configuración inicial de los dientes del sujeto, una configuración final de los dientes del sujeto, una trayectoria de movimiento desde la configuración inicial hasta la configuración final para uno o más dientes del sujeto y una configuración objetivo intermedia entre la configuración inicial y la configuración final a lo largo de la trayectoria de movimiento. El sistema también puede incluir una base dental que tenga elementos de recepción correspondientes a la configuración objetivo para los dientes del sujeto, un modelo de arco físico que comprende modelos dentales físicos unidos a los elementos de recepción en la base dental y un alineador dental producido utilizando el modelo de arco físico, configurado para mover los dientes del sujeto hacia la configuración objetivo. El dispositivo de almacenamiento puede ser un ordenador, que puede configurarse para controlar la fabricación de elementos de recepción en la base dental en posiciones en respuesta a la configuración objetivo para los dientes del sujeto.

También se describen aquí sistemas de tratamiento dental para mover los dientes de un sujeto que incluyen un ordenador configurado para almacenar una configuración objetivo para los dientes del sujeto, una base dental que tiene elementos de recepción correspondientes a la configuración objetivo almacenada en el ordenador, uno o más modelos dentales configurados para unirse a los elementos de recepción en la base dental, y un alineador dental producido utilizando el uno o más modelos dentales físicos unidos a la base dental. Debido a que éste se produce a partir de los modelos dentales físicos unidos al arco dental, el alineador está configurado para mover los dientes del sujeto hacia la configuración objetivo. El ordenador puede configurarse para controlar la fabricación de elementos de recepción en la base dental en ubicaciones en respuesta a la configuración objetivo. El ordenador también puede configurarse para almacenar una configuración inicial de los dientes del sujeto y una configuración final de los dientes del sujeto, y una pluralidad de configuraciones objetivo correspondientes a etapas de tratamiento desde la configuración inicial hasta la configuración final.

También se describen aquí sistemas de tratamiento dental para mover los dientes de un sujeto. Estos sistemas pueden incluir un modelo de arco físico que comprende uno o más modelos dentales físicos que tienen uno o más elementos de alineación, una base dental que tiene elementos de recepción configurados para recibir los elementos de alineación de los modelos dentales físicos para formar el modelo de arco físico, configurado para almacenar una configuración objetivo para los dientes del sujeto y controlar la fabricación de los elementos de recepción en la base

dental, y un alineador dental producido utilizando el modelo de arco físico, configurado para mover los dientes del sujeto hacia la configuración objetivo.

El sistema informático puede configurarse para determinar las posiciones de los elementos de recepción en la base dental en respuesta a la configuración objetivo para que los dientes del sujeto controlen la fabricación de los elementos de recepción en las posiciones determinadas en la base dental. El ordenador también puede configurarse para almacenar una configuración inicial de los dientes del sujeto y una configuración final de los dientes del sujeto, y para determinar configuraciones objetivo para una pluralidad de etapas de tratamiento desde la configuración inicial hasta la configuración final.

También se describen aquí sistemas de tratamiento dental para mover dientes de un sujeto que comprenden un sistema informático configurado para almacenar una configuración objetivo para los dientes del sujeto, uno o más modelos dentales físicos que comprenden elementos de alineación, una base dental que tiene elementos de recepción para recibir los elementos de alineación, un dispositivo configurado para fabricar los elementos de recepción en la base dental en respuesta a la configuración objetivo bajo el control del sistema informático, y un alineador dental formado sobre los modelos dentales físicos unido a la base dental, en el que el alineador dental está configurado para mover dientes del sujeto hacia la configuración objetivo.

También se describen aquí métodos de tratamiento dental para mover los dientes de un sujeto que tienen retroalimentación. Este método de tratamiento dental puede incluir las etapas de producir un primer alineador dental para mover los dientes del sujeto hacia una primera configuración objetivo, analizar las posiciones de los dientes del sujeto después de que el sujeto haya llevado el primer alineador dental, determinar una segunda configuración objetivo en respuesta a la posición de los dientes del sujeto después de que el sujeto haya llevado el primer alineador dental, y producir un segundo alineador dental para mover los dientes del sujeto hacia la segunda configuración objetivo. La etapa de producir un segundo alineador dental para mover los dientes del sujeto hacia una segunda configuración objetivo puede implicar producir una base dental que tenga elementos de recepción (en el que los elementos de recepción corresponden a la segunda configuración objetivo para los dientes del sujeto, los elementos de recepción configurados para recibir modelos dentales), montar los modelos dentales físicos en la base dental para formar un modelo de arco físico y formar un segundo alineador dental utilizando el modelo de arco físico.

El método también puede incluir la etapa de crear modelos dentales físicos del arco dental del sujeto produciendo un modelo de arco físico de plantilla utilizando una impresión de los dientes del sujeto, incorporar elementos de alineación en el modelo de arco físico de plantilla y separar el modelo de arco físico de plantilla en una pluralidad de modelos dentales físicos en los que cada uno de los modelos dentales físicos incluye por lo menos un elemento de alineación. El método puede comprender adicionalmente determinar una configuración objetivo final de los dientes del sujeto, en la que el primer alineador dental y los segundos alineadores dentales mueven los dientes del sujeto hacia la configuración objetivo final. Analizar la posición de los dientes del sujeto después de que el sujeto haya llevado el primer alineador dental puede implicar producir una impresión de los dientes del sujeto después de que el sujeto haya llevado el primer alineador dental y medir las posiciones de los dientes del sujeto utilizando la impresión de los dientes del sujeto.

También se describen aquí sistemas de tratamiento dental para mover los dientes de un sujeto, que comprenden un primer alineador dental configurado para mover los dientes del sujeto hacia una primera configuración objetivo, un dispositivo de medición configurado para determinar las posiciones de los dientes del sujeto después de que el sujeto haya llevado el primer alineador, una base dental que tiene elementos de recepción para recibir modelos dentales físicos, y un dispositivo de análisis configurado para ayudar a un técnico a determinar una segunda configuración objetivo basada en las posiciones de los dientes del sujeto después de que el sujeto haya llevado el primer alineador dental (donde el dispositivo de análisis está configurado, además, para formar los elementos de recepción de la base dental de manera que se correspondan a la segunda configuración objetivo). El dispositivo de medición puede ser un dispositivo de localización mecánico o un escáner óptico. El dispositivo de análisis puede incluir un ordenador configurado para manipular un modelo digital de los dientes del sujeto, en el que el dispositivo de análisis comprende una lógica de restricción que indica restricciones en el movimiento a los dientes, tal como se describe adicionalmente aquí.

También se describen aquí métodos para fabricar un alineador dental para un sujeto, que comprende determinar una configuración inicial de los dientes del sujeto, determinar una configuración objetivo de los dientes del sujeto desde la configuración inicial (donde los dientes en la configuración objetivo se mueven desde la configuración inicial bajo la restricción de que no se muevan en por lo menos un grado de libertad), y producir un modelo físico del arco dental que tiene modelos dentales físicos dispuestos en la configuración objetivo. La configuración inicial puede reflejar la configuración actual de los dientes en el arco dental del sujeto. La etapa de determinar una configuración objetivo puede implicar la determinación manual de una configuración objetivo, y puede ser asistida mediante el uso de un dispositivo de análisis que comprende una lógica de restricción que indica restricciones en el movimiento de los dientes. El grado de libertad se selecciona típicamente del grupo de: la dirección x, la dirección y, la dirección z,

la dirección polar, la dirección acimutal, y la dirección de auto-rotación. La restricción de no movimiento puede significar ningún movimiento de traslación de los dientes en la dirección x, la dirección y, o la dirección z, o ninguna rotación de los dientes alrededor de las raíces del diente en la dirección polar, la dirección acimutal, o la dirección de auto-rotación.

5 También se describe aquí un sistema de tratamiento dental para fabricar un alineador dental con restricciones de movimiento. Este sistema puede incluir un dispositivo de análisis configurado para permitir la manipulación de un modelo del arco dental del sujeto desde una configuración inicial hasta una configuración objetivo, donde el dispositivo de análisis comprende una lógica de restricción que indica restricciones al movimiento de los dientes del sujeto en la dirección de uno o más grados de libertad. El sistema también puede incluir una pluralidad de modelos dentales físicos configurados para formar el arco dental de un sujeto (los modelos dentales físicos tienen elementos de alineación correspondientes a las raíces de los dientes del sujeto), y una base dental que tiene elementos de recepción configurados para recibir los modelos dentales físicos de modo que los modelos dentales físicos quedan dispuestos en la configuración objetivo.

15 Este dispositivo de análisis puede incluir un dispositivo informático configurado para separar los movimientos del diente del sujeto en rotaciones alrededor de las raíces del diente del sujeto y traslaciones del diente del sujeto. Tal como se ha descrito anteriormente, el grado de libertad puede seleccionarse del grupo de: la dirección x, la dirección y, la dirección z, la dirección polar, la dirección acimutal, y la dirección de auto-rotación.

20 Los dispositivos, métodos y sistemas descritos pueden proporcionar dispositivos alineadores dentales. Los dispositivos alineadores dentales así obtenidos son efectivos para realinear los dientes y pueden tener mayor comodidad cuando se llevan. Los dispositivos, sistemas y métodos descritos pueden reducir significativamente el tiempo y el coste de tratamiento en comparación con los sistemas de la técnica anterior. Los modelos dentales físicos y la base dental pueden compartirse entre etapas de tratamiento. Los modelos de arco físico pueden configurarse y reconfigurarse para diferentes etapas de tratamiento. Los modelos dentales físicos pueden utilizarse para formar diferentes modelos de arco en diferentes etapas de tratamiento, lo que puede reducir significativamente los costes de tratamiento y el tiempo de ciclo requerido para cada etapa de tratamiento. Una base dental puede incluir una pluralidad de configuraciones objetivo cada una para diferentes etapas de tratamiento. Los costes de la base dental pueden compartirse entre las etapas de tratamiento. Los alineadores dentales pueden fabricarse de manera cómoda y económica utilizando el modelo de arco físico.

25 En el dibujo que se acompaña y en la siguiente descripción se dan los detalles de una o más realizaciones. Otras características, objetivos y ventajas de la invención serán claros a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35 Los dibujos que se acompañan ilustran realizaciones de la invención.

40 La figura 1A es un diagrama de flujo para proporcionar un tratamiento de ortodoncia preciso para un sujeto de acuerdo con la presente invención.

45 La figura 1B es un diagrama de flujo que muestra otra variación del método de tratamiento dental que tiene retroalimentación tal como se describe aquí.

La figura 2 ilustra un dispositivo de localización mecánico ejemplificado para adquirir las posiciones de la superficie de impresión dental y posiciones de los dientes del sujeto.

50 La figura 3A ilustra el diente de un sujeto y la separación de movimientos.

La figura 3B ilustra un modelo dental que puede simular los movimientos del diente del sujeto de la figura 3A.

55 La figura 3C ilustra un modelo dental que tiene elementos de alineación.

La figura 4 ilustra un sistema para producir elementos de recepción en una base dental para recibir modelos dentales físicos.

60 La figura 5 es una vista superior de una base dental que comprende una pluralidad de receptáculos para recibir pines fijados en los modelos dentales físicos.

La figura 6 ilustra un modelo dental físico que comprende dos pines que permiten conectar el modelo dental físico en dos receptáculos correspondientes en una base dental.

La figura 7 ilustra una disposición de fabricación de un alineador dental utilizando un modelo de arco dental.

La figura 8 muestra un diagrama de flujo que describe una variación de un método de tratamiento para tratar dientes desalineados tal como se describe aquí.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La siguiente descripción detallada debe leerse con referencia a los dibujos.

Debe entenderse que, salvo que se indique lo contrario, no es necesario que los métodos, sistemas y dispositivos descritos aquí se limiten a aplicaciones en tratamientos de ortodoncia. Tal como apreciará un experto habitual en la materia que tenga el beneficio de esta descripción, pueden utilizarse variaciones en diversas otras aplicaciones dentales, tales como fabricación y/o planificación de tratamiento para coronas dentales, puentes dentales, y alineadores. Los modelos dentales también pueden modificarse para soportar aplicaciones de investigación y/o enseñanza. Además, debe entenderse que pueden aplicarse variaciones de los métodos, dispositivos y sistemas descritos aquí en combinación con diversos dispositivos de diagnóstico y tratamiento dental para mejorar el estado de los dientes de un sujeto.

También debe observarse que, tal como se utiliza en esta memoria y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referencias plurales salvo que el contexto indique claramente lo contrario. Así, por ejemplo, el término "un diente" significa un único diente o una combinación de dientes, "un arco" significa uno o más arcos (por ejemplo, arcos dentales superior e inferior). Además, tal como se utiliza aquí, "calcular" y "formular" puede incluir el proceso de utilizar cálculos manuales y/o informáticos, como los utilizados para crear una representación numérica de un objeto (por ejemplo, un modelo digital) o para medir diferencias en la posición de un diente. Por ejemplo, una representación digital puede comprender un archivo guardado en un ordenador, en el que el archivo incluye números que representan una proyección tridimensional de un arco dental. En otra variación, una representación digital comprende un conjunto de datos que incluyen parámetros que pueden ser utilizados por un programa informático para recrear un modelo digital del objeto deseado.

Se describen aquí métodos de tratamiento para tratar dientes desalineados de un sujeto. La figura 8 ilustra una descripción esquemática del método de tratamiento. Este método generalmente incluye etapas de analizar arcos dentales del sujeto 801, formular un plan de tratamiento 803, comenzar el plan de tratamiento 805, controlar el plan de tratamiento 807, revisar el plan de tratamiento si es necesario 809 y continuar el plan de tratamiento hasta que se alcanza un punto final deseado 811.

El plan de tratamiento puede incluir cualquier plan de tratamiento apropiado, pero generalmente incluye diseñar y proporcionar un aparato dental (también denominado alineador dental) para alterar el arco dental del sujeto. El plan de tratamiento puede incluir etapas para analizar el arco dental del sujeto, modelar el arco dental, y diseñar un arco dental para ser utilizado por el sujeto para alterar el arco dental de una manera deseable. El plan de tratamiento también puede incluir etapas para preparar el arco dental del sujeto (por ejemplo, extrayendo, dando forma, recortando, o de otro modo alterando uno o más de los dientes del sujeto). Finalmente, el plan de tratamiento puede incluir etapas para diseñar uno o una serie de alineadores dentales, y para fabricar uno o una serie de alineadores dentales.

Se dan, a continuación, unos ejemplos de métodos de tratamiento, que incluyen etapas específicas que pueden incluirse como parte de un método de tratamiento o características del método de tratamiento. En particular, se describen alineadores dentales que se utilizan como parte de un método de tratamiento.

### Método de tratamiento

Los métodos de tratamiento descritos aquí incluyen etapas para la fabricación de uno o más alineadores dentales. Los alineadores dentales (alineadores) pueden formarse como una serie de alineadores dentales poliméricos moldeados sobre modelos dentales. Esta etapa incluye típicamente formar láminas de polímero de calidad dental estándar (por ejemplo, polímero de calidad dental disponible de RainTree Essix) sobre modelos del arco dental del sujeto fabricados a partir de un molde de epoxi de los dientes reales del sujeto, luego recortarlos y pulirlos manualmente para que se ajusten a la encía del sujeto.

Procesos informáticos separados pueden facilitar el proceso. Por ejemplo, un programa de software puede facilitar la comunicación en línea con un odontólogo (por ejemplo, ortodontista, médico, etc.). El arco dental del sujeto (por ejemplo, modelos dentales) puede escanearse para registrar las posiciones de los dientes para ayudar al técnico o profesional a manipular un modelo 3D de los dientes para representar gráficamente el movimiento del diente. Las posiciones de los dientes registradas en el modelo 3D manipulado pueden dirigir una máquina de CNC (controlada

por control numérico) para realizar orificios en una placa de base en la cual se colocan dientes fundidos de epoxi individuales para la formación. Estos procesos asistidos por ordenador aceleran el proceso de producción masiva de alineadores, la acción central de la fabricación de alineadores. Un profesional puede ajustar progresivamente las disposiciones de los dientes de epoxi para crear un nuevo modelo sobre el cual formar alineadores con calor. Puede encontrarse una descripción más detallada de las etapas asistidas por ordenador y el método para formar un alineador dental en la solicitud PCT también pendiente, titulada "*COMPUTER AIDED ORTHODONTIC TREATMENT PLANNING*", por Huafeng WEN, Muhammad Ziaullah Khan CHISHTI, Frank Zhenhuan LIU, Kashif MOHAMMED, Syed Wasi Mohsin Raza RIZVI, y Yasser BASHIR.

El profesional puede comunicar sus instrucciones y ajustes en el transcurso del proceso de tratamiento, de modo que la fabricación de alineadores secuenciales para un sujeto individual puede modificarse durante el proceso de tratamiento. Además, la información del sujeto individual (por ejemplo, la respuesta al tratamiento) puede incorporarse en el diseño del alineador dental, y en el método de tratamiento global. Por ejemplo, pueden utilizarse instrucciones escritas y la manipulación de gráficos 3D (por ejemplo, modelos dentales digitales) para modificar el diseño de alineadores dentales. Esta comunicación puede permitir que un técnico siga con precisión las instrucciones o comentarios del profesional de atención dental (o del sujeto) durante cada etapa de la fabricación del alineador. Por el contrario, otras técnicas de fabricantes de alineadores no dan al profesional la oportunidad de ajustar los alineadores (y, por lo tanto, el tratamiento) de manera continua; en cambio, un algoritmo del ordenador determina el movimiento del diente y el profesional o el sujeto recibe varios años de alineadores dentales para el tratamiento en una sola vez.

Los métodos de tratamiento descritos aquí proporcionan al profesional la oportunidad de revisar el tratamiento (por ejemplo, la posición actual del diente durante el tratamiento) y modificar el tratamiento modificando la forma del alineador y el efecto sobre el arco dental en momentos apropiados (por ejemplo, antes de que se fabrique el siguiente alineador).

Un método de tratamiento de ejemplo comienza con un análisis del arco dental de un sujeto. Por ejemplo, un profesional (por ejemplo, un médico, tal como un dentista u ortodoncista, un técnico o similar) puede hacer una impresión de los dientes y la encía del sujeto. Típicamente se tomen impresiones de la mandíbula superior e inferior. Las impresiones pueden prepararse utilizando técnicas estándar, tal como una cubeta dental llena de polivinilsiloxano (PVS). Además de cubetas con las impresiones, puede utilizarse un Panorex, alineación de mordida, fotografías intraorales, fotografías extraorales, y una prescripción escrita que describa el reposicionamiento deseado del profesional de los dientes del sujeto para fabricar un modelo (o modelos) del arco dental del sujeto, y para ayudar a diseñar el plan de tratamiento del sujeto. Tal como se ha mencionado, un profesional puede presentar instrucciones u observaciones (por ejemplo, una prescripción) que describa una disposición dental deseada, o la manera de lograr una disposición dental deseada. Esta prescripción puede basarse en las observaciones del profesional de las posiciones de los dientes del sujeto y posibles mejoras de los mismos. Esta prescripción puede transmitirse de cualquier manera apropiada, incluso escribirse en un formulario que tenga espacios en blanco para identificar qué dientes deben tratarse, qué tratamiento se desea. La prescripción puede ser de forma libre o puede incluir un menú de opciones. En algunas variaciones, la prescripción puede incluir puntos específicos tales como la reducción interproximal (IPR) deseada, y puede incluir observaciones tales como qué dientes son restaurados facialmente (y, por lo tanto, no deben recibir botones de anclaje), puede incluir información de oclusión existente, puede indicar dónde se realizarán las extracciones y/o indicar otras características específicas del tratamiento que se aplicará. Esta información del profesional también la puede entrar de manera informática el profesional en su consulta, y estar disponible en línea para su revisión por otros profesionales o por los fabricantes de alineadores.

Estas impresiones dentales, imágenes y cualquier otro dato recopilado del arco dental del sujeto pueden analizarse para modelar el arco dental del sujeto. Por ejemplo, puede utilizarse un dispositivo denominado *MicroScribe* para identificar la posición y la orientación de cada diente dentro tanto de la impresión superior como la inferior. Dicha información posicional puede utilizarse entonces (por ejemplo, mediante una máquina CNC) para crear una "placa de base" para modelar el arco dental. El proceso de modelar el arco dental se describe con más detalle a continuación, así como en las referencias previamente incorporadas. Se resume aquí una variación de este proceso para ilustrar un método de tratamiento. Puede utilizarse una placa de base para formar un modelo físico del arco dental que también puede utilizarse para formar un alineador dental. Por ejemplo, la placa de base puede tener orificios perforados en posiciones y orientaciones correspondientes a las posiciones de las raíces de los dientes. Pueden colocarse unos pines en estos orificios, y pueden actuar como marcadores fiduciaros, además de ayudar a modelar el movimiento y la posición de los dientes. En una variación, los pines tienen aproximadamente 1,6 mm de diámetro y se extienden hacia fuera desde la placa de base aproximadamente 5 mm.

La impresión del arco dental del sujeto (por ejemplo, impresión PVS) puede colocarse entonces en un recipiente de moldeo junto con la placa de base mencionada anteriormente con los pines insertados. La impresión puede fundirse (por ejemplo, utilizando un material de tipo epoxi duro) para formar un duplicado de precisión de los dientes de un sujeto con pines metálicos incrustados dentro de cada diente. Después de que haya endurecido el epoxi, pueden

retirarse los moldes de las impresiones, formando modelos positivos de los dientes del sujeto en sus posiciones iniciales no tratadas (así como la encía del sujeto).

5 En algunas variaciones, se fabrican dos arcos modelo, uno para el arco superior y otro para el arco inferior, y se juntan con la mordida PVS proporcionada. Pueden medirse puntos conocidos en los 2 arcos para determinar la relación de mordida entre los dos arcos.

10 La placa de base puede retirarse después del modelo positivo. Los modelos positivos se cortan para que cada sección del modelo comprenda un diente modelo individual y la encía adyacente. Típicamente, cada diente modelo con su encía tiene dos pines que sobresalen del mismo. Tal como se ha mencionado, estos pines pueden actuar ambos como marcadores fiduciaros (que muestran la orientación relativa de los dientes entre sí) y también pueden representar "raíces" de los dientes.

15 Cada diente modelo puede entonces escanearse individualmente con un escáner láser para generar un modelo informático tridimensional del diente, que incluye las superficies expuestas del diente modelo, y las posiciones y orientaciones de los dos pines que se extienden desde el diente. Puede reconstruirse un modelo informático del arco en base a los datos de escaneo. Las posiciones de pin almacenadas y los dientes del modelo virtual almacenados se combinan con un generador de posición aleatorio para crear un modelo digital del arco dental. Por conveniencia, este arco dental digital se denomina aquí "arco operativo".

20 Las posiciones de los dientes del sujeto en el (los) arco(s) virtual(es) (por ejemplo, operativo(s)) pueden manipularse en una posición deseada en base a la entrada del profesional (por ejemplo, la entrada escrita proporcionada). Un técnico puede utilizar el modelo digital para crear una disposición objetivo (típicamente una disposición de objetivos intermedios) del arco dental desde el arco de trabajo. En algunas variaciones, el avance del profesional se manipula para formar el arco dental objetivo. El técnico o profesional puede manipular el arco odontológico hacia un arco dental objetivo. El técnico puede aplicar su propia experiencia en la formación de la disposición objetivo del arco dental, así como en pautas establecidas por el profesional. En algunas variaciones, el técnico forma el arco dental objetivo en base a restricciones de movimiento implícitas en el movimiento de los dientes del sujeto, tal como se describe más adelante. Un modelo digital formado por la disposición objetivo también puede denominarse "vista de prescripción" (o "RxView") de las posiciones de dientes virtuales, en el (los) arco(s) virtual(es).

35 La disposición objetivo del arco dental puede ser la disposición objetivo final, en la que los dientes queden dispuestos en una posición final deseada, o puede ser una disposición objetivo intermedia, en la que los dientes se mueven hacia la disposición objetivo final. Cada disposición objetivo (tanto intermedia como final) puede asociarse a uno o más alineadores dentales.

40 Por lo tanto, una RxView es típicamente una representación visual de la interpretación del técnico de la prescripción del médico. Típicamente, esta RxView (modelo de arco dental digital) no se utiliza para fabricar un alineador. Por ejemplo, este modelo de arco dental digital puede tener dientes que tengan pequeños espacios que pueden no reflejar un buen tratamiento, y los dientes pueden incluso superponerse entre sí. La RxView es típicamente una guía visual que no dirige la colocación física de los modelos dentales epoxi utilizados, tal como se describe a continuación, para generar el alineador.

45 Los datos de la RxView pueden diseminarse al profesional. Por ejemplo, a través de un software que se ejecute en una cuenta basada en una web. El profesional puede entonces modificar el modelo de arco dental digital (RxView) utilizando software, o puede enviar comentarios sugiriendo una modificación adicional del modelo de arco dental objetivo. Un técnico puede incorporar estos comentarios.

50 Por ejemplo, un técnico puede manipular las posiciones de los dientes del sujeto en el modelo digital (ya sea el modelo inicial o el modelo RxView) utilizando un programa informático. Los dientes del arco dental pueden manipularse en una posición tal que un alineador formado para corresponder a esta posición (la "próxima posición del aparato") moverá los dientes hacia la alineación deseada. Por lo tanto, en la primera pasada, el modelo de arco dental estará en una "posición actual" (que refleja la posición actual de los dientes), y puede moverse a la posición de "siguiente aparato", que es la primera posición del aparato. En una variante de este proceso, el técnico puede utilizar la RxView como referencia visual, pero normalmente no es una fuente de información digital utilizada en las manipulaciones realizadas por el técnico. Más bien, las manipulaciones del técnico de las posiciones dentales actuales se basan en el juicio visual del técnico de cómo esas posiciones actuales se relacionan con las posiciones deseadas representadas visualmente en la RxView, y en base al juicio en la mente del técnico del mejor enfoque para mover los dientes desde sus posiciones actuales hacia esas posiciones deseadas.

60 Durante esta etapa, el software impondrá limitaciones (restricciones) derivadas anatómicamente sobre la extensión del movimiento y/o la fuerza aplicada a cada diente, por ejemplo, limitando el movimiento a 0,3 mm o menos. Cuando se han completado los movimientos de los dientes, el técnico generalmente almacena los nuevos arcos

virtuales (que tienen posiciones de los dientes correspondientes a las posiciones de los dientes a conseguir por el siguiente aparato). Estos modelos digitales del "siguiente aparato" pueden incluir encía y raíces simuladas que pueden añadirse a las superficies expuestas de los dientes que se incluyen en los dientes del modelo virtual.

5 Antes de la fabricación de un alineador utilizando el dispositivo, puede notificarse a un profesional que el modelo del "siguiente aparato" está listo, y puede revisarse. El profesional puede ver el (los) arco(s) virtual(es) de los dientes del modelo virtual en sus posiciones actuales no tratadas, el (los) arco(s) virtual(es) de los dientes modelo virtuales en la RxView y el (los) arco(s) virtual(es) de los dientes modelo del "siguiente aparato" virtual tal como quedarán colocados por el siguiente alineador. El profesional puede modificar tanto las posiciones del diente RxView como las  
10 posiciones para el siguiente aparato, utilizando controles mediante los cuales puede seleccionarse y moverse un diente, tal como se describe con más detalle en algunas de las solicitudes de patente a las que se ha hecho referencia anteriormente. Típicamente, el profesional finalmente aprueba (por ejemplo, a través de acceso por ordenador), la RxView (potencialmente modificada) y las posiciones de los dientes del arco virtual (potencialmente modificadas) para el siguiente aparato. Entonces se fabricará el "siguiente aparato". En algunas variaciones, se fabrican varios aparatos (por ejemplo, dos) a la vez. Por lo tanto, puede modelarse (digitalmente) tanto un  
15 inmediatamente "siguiente aparato" como el aparato que sigue al "siguiente aparato" y luego fabricarse tal como se ha descrito anteriormente.

20 Tal como se describe con más detalle a continuación, el proceso de fabricación del alineador se utiliza para producir uno o más alineadores dentales utilizando el modelo digital formando un modelo físico (modelo no digital). Una vez que el profesional finalmente aprueba la RxView, pueden utilizarse las posiciones de los pines en los dientes del modelo virtual para el primer aparato para programar una máquina de CNC para realizar orificios (por ejemplo, elementos de recepción) en una placa o placas de denominada placa de base) que corresponde a las posiciones de los pines de los dientes modelo para el siguiente aparato. Los dientes modelo con pines se insertan manualmente en  
25 los orificios de la(s) placa(s) de montaje perforada(s) por la máquina CNC, creando una disposición física de los dientes en las posiciones para el aparato que se forma.

Después, puede fabricarse un alineador sobre los dientes modelo que se posicionan en la(s) placa(s) de montaje, utilizando un proceso de "cubrir y formar" con una máquina de formación de presión dental, y después puede recortarse el alineador. Los alineadores también pueden fabricarse con elementos especiales solicitados por el profesional, tales como botones y ventanas para ayudar al movimiento de ciertos dientes. Por ejemplo, los botones y las ventanas pueden utilizarse para ayudar a sujetar el alineador al arco dental, y pueden utilizarse para dirigir la fuerza para mover los dientes del arco dental. Por ejemplo, si se solicitan dichas funciones, pueden instalarse botones pequeños en los dientes modelo en el proceso de fabricación. Se realizará una bandeja de plástico de  
30 plantilla para ayudar a los médicos a colocar los botones en los dientes de un sujeto. Los alineadores pueden fabricarse con ventanas (por ejemplo, pequeños recortes) en la posición de cada botón prescrito.

Después de la fabricación, los alineadores pueden marcarse para el número de caso y el nombre del sujeto (o etiquetarse de otra manera), limpiarse, esterilizarse y empaquetarse para su envío. En algunas variaciones, se envía una caja al profesional que incluye dos bolsas de plástico que contienen dos grupos de aparatos formados en las etapas anteriores, más las plantillas para botones, si corresponde. El médico examina el dispositivo (el "siguiente alineador") en el sujeto para probar el ajuste. Durante la primera visita al médico después de que se han realizado las impresiones, el "siguiente aparato" será el primer aparato. Si el profesional considera que el alineador es el correcto, el sujeto puede irse con el aparato actual y el siguiente, y llevar cada uno durante tres semanas seguidas.  
45

Durante el período de 6 semanas de uso de los dispositivos entregados más recientemente al sujeto, un técnico puede manipular las posiciones "actuales" de los dientes del sujeto (que son las posiciones utilizadas para crear los dispositivos que se han entregado más recientemente a el sujeto), para mover los dientes de la manera en que el técnico cree se debe hacerse con el siguiente aparato. Esta nueva posición propuesta puede ponerse a disposición del profesional para su aprobación o modificación, tal como se describe anteriormente, y luego puede utilizarse para formar el siguiente aparato, de la manera descrita anteriormente.  
50

El sujeto vuelve típicamente al médico después de haber llevado para cada uno de los dos alineadores recibidos durante el tiempo apropiado (por ejemplo, tres semanas). El profesional puede controlar entonces el efecto del uso del alineador para determinar si el sujeto está progresando según lo esperado, o si es necesario modificar el plan de tratamiento. Por ejemplo, el médico puede tomar imágenes adicionales del sujeto, o puede tomar moldes adicionales de los dientes del sujeto. La supervisión y el análisis del tratamiento del sujeto pueden enviarse al fabricante (por ejemplo, para uso por parte del técnico que fabrica los alineadores). Si no es necesaria ninguna modificación, o después de la modificación, se repiten sustancialmente las etapas de aprobación, modificación adicional del modelo digital y fabricación de los nuevos alineadores tal como se ha descrito anteriormente.  
60

Estas etapas pueden repetirse hasta que el profesional y/o el sujeto interrumpan los tratamientos. La interrupción del tratamiento típicamente significa que se ha alcanzado el objetivo del tratamiento, se ha terminado el tratamiento o el médico o el sujeto abortan el tratamiento.

- 5 Las etapas de los métodos de tratamiento descritos aquí pueden incluir etapas adicionales, o pueden omitir etapas. Además, puede utilizarse cualquier método apropiado para realizar las diferentes etapas incluidas. Por ejemplo, puede utilizarse cualquier método o dispositivo apropiado para diseñar y formar un alineador dental modelando el arco dental. En algunas variaciones, se forma un alineador modelando primero el arco dental.

10 Modelo dental

Puede crearse un modelo dental a partir de una imagen real, impresión o reproducción del diente o dientes de un sujeto, o puede producirse un modelo a partir de mediciones u otra información derivada de un sujeto o representación de un sujeto. Tal como se utiliza aquí, salvo que el contexto aclare lo contrario, los términos "modelo", "modelo dental", "modelo dental", y "modelo de arco" pueden referirse a modelos reales (por ejemplo, físicos) o virtuales (por ejemplo, digitales). Además, los modelos descritos aquí pueden incluir todo o partes de un solo diente, todo o partes de múltiples dientes, y todo o partes de los arcos dentales (incluyendo gingival, diente, raíz, mandíbula, etc.). Por lo tanto, los modelos descritos aquí pueden incluir información o representación de cualquiera de las características de los arcos dentales, particularmente aquellas características que son relevantes para la función y el aspecto de los dientes. Por ejemplo, el modelo puede representar el aspecto del diente (por ejemplo, ubicación, tamaño, posición, color, forma, orientación, textura, etc.), interacción (por ejemplo, proximidad a otros elementos dentales y mandibulares, cinética, etc.) y similares.

25 Tal como se utiliza aquí, un "sujeto" puede incluir cualquier sujeto (humano o animal) cuya estructura dental (por ejemplo, dientes, gingival, etc.) pueda ser modelada por los dispositivos, métodos y sistemas descritos aquí, incluyendo pacientes de ortodoncia.

Existen muchos usos para los modelos dentales de un sujeto. En particular, los modelos pueden utilizarse para comprender y tratar la alineación dental de un sujeto. Los modelos pueden ser manipulables para que puedan modelarse diferentes alineamientos de los dientes del sujeto. En algunas variaciones, los modelos pueden comprender limitaciones en el movimiento o disposición de los dientes (restricciones). Estas restricciones pueden basarse en restricciones fisiológicas, incluyendo la orientación de otros dientes, la alineación de la mordida y la facilidad o dificultad para mover los dientes reales en una o más direcciones. Los modelos manipulables pueden ser digitales (manipulables por ordenador) o modelos físicos.

35 1. Creación de un modelo dental

Puede crearse un modelo dental utilizando cualquier método apropiado. Además, el modelo puede ser un modelo físico o un modelo virtual. Por ejemplo, los modelos pueden construirse a partir de impresiones, moldes, mediciones, imágenes o mediciones de las características dentales de un sujeto. Puede hacerse un modelo (o derivarse) de otro modelo. Por lo tanto, puede hacerse un modelo físico a partir de un modelo virtual, y puede hacerse un modelo virtual a partir de un modelo físico. En particular, un modelo puede alterarse y puede generarse después uno o más modelos derivados del modelo original. Por ejemplo, los componentes de un modelo (por ejemplo, dientes individuales) pueden moverse ligeramente para formar un segundo modelo. Por lo tanto, el modelo puede representar la disposición real de los dientes de un sujeto, o una disposición derivada. Las características que no están presentes en los dientes de un sujeto (por ejemplo, coronas, prótesis dentales, etc.) pueden incluirse como parte del modelo dental.

50 En una variación, puede generarse un modelo utilizando un molde (por ejemplo, un modelo positivo o negativo) del arco dental superior de un sujeto y un molde del arco dental inferior de un sujeto. Además, puede utilizarse también un dispositivo de alineación (por ejemplo, un dispositivo de alineación de mordida) para modelar la alineación de mordida del sujeto. Pueden utilizarse referencias fiducias para alinear cualquiera de los componentes del modelo.

Por ejemplo, al comienzo del procedimiento de modelado, puede hacerse un modelo físico (por ejemplo, molde o pieza fundida) de los arcos dentales superior e inferior de un sujeto. Puede utilizarse cualquier método apropiado para hacer un molde o modelo de los arcos dentales de un sujeto. En una variación, se forma un molde negativo a partir de todos (o una parte) de los arcos superior e inferior de un sujeto. Por ejemplo, se hace un molde dental que muestra la disposición de los dientes superior e inferior del sujeto uno respecto al otro. Después puede formarse una réplica positiva utilizando este molde negativo. El molde positivo y negativo también puede utilizarse para modelar con precisión la relación de los dientes individuales entre sí, tal como se describe en muchas de las solicitudes de patente mencionadas anteriormente. Otros ejemplos de modelos de arco dental moldeados se describen en la solicitud de patente americana mencionada anteriormente nº de serie 11/013.160 ("*System and methods for casting*

*physical tooth model*"), y la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.823 ("*Method and apparatus for manufacturing and constructing a physical dental arch model*").

5 Por lo tanto, puede hacerse un modelo dental para la disposición actual (o disposición "inicial") de los dientes del sujeto. Los modelos dentales pueden incluir cualquier característica de los arcos dentales reales, o un subconjunto de estas características. Por ejemplo, el modelo dental puede incluir las regiones de la corona de los dientes, las encías (gingivales), las raíces, etc. Algunas de estas características pueden medirse o derivarse. Por ejemplo, la estructura y la posición de las raíces de los dientes puede calcularse (o generarse por ordenador) a partir de mediciones tomadas de la región de la corona u otras partes de los dientes o la boca de un sujeto, tal como se describe en la solicitud de patente provisional americana titulada "*COMPUTER AIDED ORTHODONTIC TREATMENT PLANNING*", por Huafeng Wen y otros, presentada el 19 de abril de 2005.

15 En algunas variaciones, el modelo dental puede hacerse escaneando directamente los dientes de un sujeto. Por ejemplo, puede utilizarse un dispositivo de imagen tridimensional intraoral, tal como OraScanner® fabricado por OraMetrix®, para digitalizar el arco dental del sujeto. El modelo de arco dental digital se segmenta posteriormente en dientes individuales, que comprende representaciones digitales de la parte de la corona de los dientes individuales. En una aplicación, el escaneo de los dientes del sujeto se lleva a cabo en la consulta del dentista. Los datos generados a partir del escaneo, es decir, la representación digital del arco del sujeto, se transmiten después a través de una red informática a un ordenador receptor para su posterior procesamiento.

20 También puede utilizarse un modelo dental físico para construir un modelo dental digital. Por ejemplo, puede crearse un modelo positivo del arco dental del sujeto a partir de una impresión negativa de los dientes del sujeto. Los dientes del molde positivo pueden segmentarse después en unidades individuales (por ejemplo, dientes) y digitalizarse o escanearse mediante diversas técnicas de escaneo 3D y reconstruirse para representar digitalmente el arco superior o inferior del sujeto. A continuación, se describen ejemplos de técnicas de escaneo apropiadas que pueden utilizarse para crear un modelo digital. También puede hacerse un modelo físico de los arcos dentales a partir de un modelo digital. Por ejemplo, los modelos físicos de los arcos superior e inferior pueden fabricarse utilizando la fabricación por control numérico por ordenador (CNC) (tal como fresado, estereolitografía y mecanizado por láser).

30 También puede ser beneficioso incluir marcas tales como referencias fiduciarias en los modelos de arco superior e inferior.

## 2. Referencias fiduciarias

35 Pueden utilizarse referencias fiduciarias para alinear los dientes para formar el modelo dental. Prácticamente cualquier marca, objeto o región de un objeto puede identificarse como una referencia fiduciaria a los efectos de alinear los modelos de arco. Una referencia fiduciaria puede ser una marca de referencia estereotipada mediante la cual puede identificarse la orientación y/o ubicación de un modelo de arco o componentes de un modelo de arco (por ejemplo, dientes individuales). Una referencia fiduciaria puede incluir múltiples marcas o una marca asimétrica. Por ejemplo, una referencia fiduciaria puede ser un punto o un conjunto de puntos trazados en el modelo de arco o en un objeto al que está unido el modelo de arco.

45 En algunas variaciones, un modelo incluye un elemento de sujeción que puede ser una placa (por ejemplo, una placa de base o placa dental) que no forma parte del arco dental real del sujeto, pero al cual está unido el modelo de arco dental. El elemento de sujeción puede comprender una referencia fiduciaria. Los componentes del arco dental (por ejemplo, modelos dentales individuales) pueden fijarse al elemento de sujeción de manera que el arco dental no cambie de posición respecto al elemento de sujeción. Por lo tanto, la(s) referencia(s) fiduciaria(s) puede(n) marcarse en el propio arco dental o pueden marcarse en el elemento de sujeción, o en ambos. En una variante, el elemento de sujeción comprende sitios de conexión o recepción que coinciden con los componentes fiduciarios en los modelos dentales para proporcionar una referencia fiduciaria. Por lo tanto, el elemento de sujeción puede incluir superficies de acoplamiento para alinear (y/o asegurar) otros componentes del modelo dental.

55 Por ejemplo, los modelos dentales pueden comprender elementos de alineación compatibles con los elementos de recepción en la placa dental. Ejemplos de elementos de alineación que pueden utilizarse incluyen pines, protuberancias, columnas, cierres de presión, y similares, pero sin limitarse a estos. En algunas variaciones, los elementos de alineación pueden modelar la orientación de las raíces de los dientes. En sistemas de alineación, tal como se ha descrito anteriormente, los modelos dentales individuales pueden utilizarse con diferentes placas dentales para mostrar diferentes disposiciones de los dientes. Por ejemplo, si se va a mover un diente para crear un modelo dental modificado, el modelo puede construirse fácilmente moviendo el elemento de recepción en la placa dental y utilizando el mismo modelo dental. En los Ejemplos que se dan a continuación se describen ejemplos adicionales de elementos de alineación.

La posición y la orientación del marcador fiduciario pueden seleccionarse por el usuario ("usuario" puede referirse al técnico, fabricante o, en algunos casos, al profesional), o pueden seleccionarse automáticamente (por ejemplo, por medio de un ordenador). Por ejemplo, el usuario puede indicar en un escaneo del arco dental dónde colocar elementos de alineación (por ejemplo, pines) en cada diente.

5 Las referencias fiduciarias pueden incluir cualquier cantidad de marcadores. Por ejemplo, puede utilizarse una marca fiduciaria única para indicar la posición y la orientación de los componentes del arco dental. Una referencia fiduciaria puede comprender dos, tres o más marcas individuales. En algunas variaciones, la referencia fiduciaria es una estructura tridimensional (por ejemplo, un corte, una fisura, etc.). En algunas variaciones, la referencia fiduciaria es una estructura bidimensional (por ejemplo, una marca). En algunas variaciones, la referencia fiduciaria puede comprender un color o textura que se distingue del resto del modelo de arco dental.

10 Tal como se describe, puede utilizarse un dispositivo de alineación para modelar con mayor precisión los arcos dentales de un sujeto. Por ejemplo, puede utilizarse un dispositivo de alineación de mordida y puede comprender un material que se adapte a los espacios entre los arcos superior e inferior cuando el sujeto muerde (por ejemplo, una mordida de cera). Pueden utilizarse materiales adicionales para formar los modelos dentales, incluyendo imágenes (escaneos, radiografías, etc.) y similares.

### 20 Escaneo

Los dientes (por ejemplo, un modelo de los dientes) pueden escanearse o medirse para determinar la posición de los dientes. Puede utilizarse cualquier técnica apropiada para medir las posiciones de los dientes, incluyendo medición manual, escaneo por contacto y tipos de escaneo sin contacto. El escaneo por contacto incluye escaneo por medición real (o asistida por ordenador), incluyendo dispositivos de ubicación mecánica, tal como un *Microscribe*. El escáner puede utilizarse para adquirir coordenadas (por ejemplo, coordenadas 3D) de los arcos dentales, incluyendo las referencias fiduciarias.

30 Por ejemplo, un *Microscribe* es un digitalizador 3D que puede desarrollar un modelo de ordenador digital a partir de un objeto 3D existente. Ejemplos de *Microscribes* están disponibles de Immersion and Phantom. Un escáner de contacto *Microscribe* puede comprender uno o más brazos mecánicos que tienen juntas mecánicas con cojinetes de precisión que incluyen sensores. Por ejemplo, el *Microscribe* puede mover un lápiz óptico sobre el modelo dental y registrar información posicional y angular tridimensional precisa de los puntos que toca el lápiz óptico. Por lo tanto, el lápiz táctil puede tocar (o dirigirse para tocar) los dientes, la placa de base y cualquier referencia fiduciaria. El dispositivo de ubicación mecánica también puede comprender sensores adicionales (por ejemplo, un sensor ubicado en la punta del lápiz óptico de un *Microscribe*) para detectar específica o automáticamente la referencia fiduciaria. Ejemplos de sensores adicionales incluyen sensores ópticos, sensores de RF y similares.

40 Al escanear un modelo dental físico, el modelo puede dividirse en partes (por ejemplo, por diente) para escanear las piezas individuales. Los escaneos individuales pueden volverse a montar después más tarde (utilizando las marcas fiduciarias, por ejemplo). Además, puede ser ventajoso establecer o fijar el modelo (o piezas del modelo) a una placa de escaneado (por ejemplo, una superficie desde la cual pueda tener lugar el escaneo). Por ejemplo, el modelo puede unirse a una placa de escaneo que gire o de otra manera se mueva para colocar el conjunto de modo que pueda escanearse con precisión. En algunas variaciones, el conjunto está sujeto a una placa de escaneado.

45 El modelo dental (o dientes) también puede escanearse por métodos sin contacto. Ejemplos de escáneres y técnicas de escaneo 3D sin contacto incluyen escaneo con láser, escaneo óptico, escaneo destructivo, escaneo de TC y escaneo por ondas de sonido, pero sin limitarse a éstos. En algunas variaciones, pueden analizarse imágenes (por ejemplo, radiografías, etc.) para determinar la posición de los componentes dentales. Este análisis puede incluir técnicas de análisis de imágenes, tales como tomografía.

50 El escáner puede comunicarse con un ordenador que puede utilizarse para controlar el escaneo, y/o para almacenar información del escaneo. Puede obtenerse, almacenarse y analizarse información de posición y orientación. El ordenador también puede actuar como controlador, y puede controlar otras partes del proceso de escaneo, incluyendo la placa de escaneo. Por ejemplo, el ordenador puede permitir la entrada del usuario y también puede proporcionar resultados.

60 Para cada parte del modelo dental, también puede escanearse una referencia fiduciaria como parte de los escaneos individuales, y los modelos digitales de los dientes (arcos dentales) se realizan a partir de estos escaneos. Cada modelo digital puede tener su propio sistema de coordenadas. En algunas variaciones, puede escanearse un arco individual en piezas o secciones, y luego reconstruirse para formar un modelo de arco dental único, que tenga un único sistema de coordenadas.

En base a la información posicional identificada a partir del escaneo, pueden calcularse las posiciones relativas de los dientes, y puede medirse el movimiento de los dientes después o entre las etapas de tratamiento.

Alineadores

El término "alineador dental" puede referirse a un dispositivo dental para representar el movimiento correctivo de los dientes o para corregir dientes mal alineados. Puede llevarse uno o más alineadores dentales en los dientes del sujeto de manera un sujeto que lleva los alineadores dentales tendrá gradualmente sus dientes reposicionados por el alineador dental "empujando" (o tirando) contra los dientes, o las encías (gingiva).

Los alineadores pueden fabricarse a partir de los modelos dentales descritos aquí. En la solicitud de patente americana mencionada anteriormente nº de serie 10/979.497, titulada "*Method and apparatus for manufacturing and constructing a dental aligner*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, la solicitud de patente americana nº 11/074.301, titulada "*Dental aligner for providing accurate dental treatment*" por Liu et al, presentada el 7/3/2005, la solicitud de patente americana nº 11/074.297, titulada "*Producing wrinkled dental aligner for dental treatment*" por Liu y otros, presentada el 7/3/2005, la solicitud de patente americana nº 11/074,300, titulada "*Fluid permeable dental aligner*" por Huafeng Wen, presentada el 7/3/2005, y la solicitud de patente americana nº de serie 11/074,298, titulada "*Disposable dental aligner*" por Huafeng Wen, presentada el 7/3/2005 se describen detalles de la fabricación de alineadores dentales.

Puede utilizarse cualquier método de fabricación apropiado para formar un alineador dental del modelo dental. Por ejemplo, puede fabricarse un alineador dental moldeando un material de moldeo maleable en una cámara de moldeo. El molde puede incluir por lo menos una parte de un modelo de arco dental. El modelo de arco dental puede incluir una pluralidad de modelos dentales físicos del sujeto que se colocan en la configuración objetivo especificada para la etapa de tratamiento específico.

Los alineadores dentales también pueden realizarse mediante una fabricación basada en control numérico por ordenador (CNC). Una fresadora o taladradora basada en CNC puede recibir un modelo de alineador digital como entrada y producir un alineador dental compatible con la configuración objetivo en la etapa de tratamiento específico. Los detalles de la producción del modelo de arco dental físico y la base asociada se describen en la solicitud de patente americana mencionada anteriormente y cedida comúnmente con número de serie 10/979.823, titulada "*Method and apparatus for manufacturing and constructing a physical central arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.497, titulada "*Method and apparatus for manufacturing and constructing a dental aligner*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.504, titulada "*Producing an adjustable physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, y la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.824, titulada "*Producing a base for physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004.

En una variación, el alineador dental se forma a partir de un modelo dental por formación al vacío. Por ejemplo, una lámina de material para la fabricación de alineadores se une a un soporte de lámina y luego se levanta cerca de un elemento calefactor. La lámina puede estar realizada en una distribución uniforme de un solo material o comprender múltiples capas de diferentes materiales. Después de que el material para la fabricación de alineadores se ha calentado en un tiempo específico, el soporte de la lámina se presiona sobre el modelo de arco dental del sujeto en la placa de base. Una bomba de vacío elimina el aire en la parte inferior de la placa de base para hacer que el alineador ablandado haga que el material se relaje y se forme adecuadamente alrededor de la superficie el modelo de arco dental del sujeto. Este proceso de fabricación del alineador se conoce como formación al vacío.

En una realización, el modelo de arco dental del sujeto incluye unos orificios pasantes que pueden coincidir con unos conectores acoplados a los dientes del sujeto. En la solicitud de patente americana provisional titulada, "*DENTAL ALIGNER DEVICES HAVING SNAP-ON CONNECTORS*", por Huafeng Wen, y otros presentada el 15 de abril de 2005, se describen ejemplos de dicho alineador a presión.

Puede proporcionarse al sujeto uno o una pluralidad de alineadores dentales en cada etapa del tratamiento dental. Cada uno de los alineadores puede utilizarse durante un período de tiempo de unas pocas horas a algunas semanas. El movimiento de los dientes causado por el alineador dental normalmente no es exactamente el mismo que el diseñado por el plan de tratamiento.

En general, los alineadores se fabrican de modo que aplican una fuerza para mover los dientes, lo que resulta en la realineación de los dientes. Por lo tanto, los alineadores se fabrican típicamente utilizando modelos que representan los dientes en posiciones que se han desplazado ligeramente en una dirección que conduce a la posición de alineamiento deseada, de modo que los dientes tenderán a moverse hacia la posición deseada. La selección de la posición última (por ejemplo, deseada) de los dientes, así como la trayectoria de movimiento para mover los dientes a la posición deseada la puede elegir un ortodoncista.

Selección de la trayectoria de movimiento

5 Puede utilizarse un modelo dental para determinar una posición final para alinear los dientes. Por ejemplo, un ortodoncista puede manipular un modelo dental para determinar la posición de alineación final de los dientes. En algunas variaciones, el ortodoncista puede utilizar un programa informático para determinar la posición final de los dientes. La posición final de los dientes puede utilizarse para determinar una trayectoria de movimiento para mover los dientes de un sujeto desde una primera posición (por ejemplo, la posición inicial o una posición posterior después de mirar el proceso de alineación) hasta la posición final.

10 La trayectoria de movimiento puede seleccionarse de manera manual, automática, o puede seleccionarse por un usuario con ayuda de un ordenador. Ejemplos de métodos, dispositivos y sistemas para elegir una posición final y/o una trayectoria de movimiento para alinear los dientes de un sujeto pueden encontrarse en muchas de las solicitudes de patentes mencionadas anteriormente, incluyendo la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.145 , titulada "*Fabricating a base compatible with physical dental tooth models*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, la solicitud de patente americana nº de serie 11/013.156, titulada "*Producing non-interfering tooth models on a base*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004.

20 Por ejemplo, puede utilizarse un software para ayudar al usuario a elegir una alineación final de los dientes de un sujeto. En un ejemplo, se proporcionan unas representaciones digitales para los dientes a partir de un modelo de arco dental digital. Después, se utiliza un modelo de arco dental digital para proporcionar retroalimentación visual al usuario cuando se modifica la posición y/o la orientación de uno o más de los dientes individuales dentro del arco dental. Pueden utilizarse modelos físicos individuales de los dientes dentro del arco dental de un sujeto para representar el arco dental.

25 En otra variación, un software que se ejecuta en un ordenador genera una interfaz de usuario para permitir al usuario visualizar y modificar uno o más de los dientes dentro del modelo de arco dental. La posición de los dientes individuales dentro del modelo de arco dental puede modificarse de manera electiva (por ejemplo, desplazarse, girarse, etc.) respecto a los otros dientes en el modelo de arco dental. La interfaz de usuario puede mostrar el modelo de arco dental previamente modificado y el modelo de arco dental posteriormente modificado uno al lado del otro. Esta visualización permite al usuario verificar los cambios comparando el arco modificado con el arco original (arco inicial). Pueden proporcionarse tres o más modelos de arcos digitales del mismo sujeto con varios cambios o ajustes en uno o más de los dientes. La interfaz de usuario puede configurarse para permitir al usuario seleccionar dos modelos de arco y mostrarlos uno al lado del otro para su comparación.

35 En algunas variaciones, una vez que se ha determinado una posición de alineación objetivo (o final) para los dientes, puede determinarse la trayectoria de movimiento. La trayectoria del movimiento puede calcularse en base a una serie de parámetros, incluyendo la distancia total del movimiento dental, la dificultad para mover los dientes (por ejemplo, en función de las estructuras circundantes, los tipos y ubicaciones de los dientes que se mueven, etc.) y otros datos específicos que pueden ser proporcionados. En función de este tipo de información, el software puede generar una cantidad adecuada de etapas intermedias (que corresponden a una serie de etapas de tratamiento o alineadores que deben fabricarse). En algunas variaciones, el usuario puede especificar una cantidad de etapas/alineadores, y el software asigna en consecuencia diferentes configuraciones de alineadores. Alternativamente, la trayectoria de movimiento puede ser guiada (o configurada) por el usuario.

45 En un ejemplo, un ordenador genera una serie de nueve pares de arcos dentales diferentes, que representan las posiciones de dientes proyectadas durante el curso de un plan de tratamiento de ortodoncia, después de que el usuario seleccione la posición de alineación final. El usuario puede elegir cualquiera de los arcos dentales dentro del plan de tratamiento y mostrarlos uno al lado del otro. Al usuario se le puede permitir hacer cambios en los dientes dentro de los arcos dentales. Por ejemplo, una ventana puede mostrar el arco dental con los dientes en las posiciones originales sin tratar. Una segunda ventana puede mostrar el arco dental con los dientes en sus posiciones objetivo indentadas. El usuario puede modificar los arcos dentales en una ventana si así lo desea. Puede crearse entonces un alineador en base al arco dental modificado en la ventana en base a las representaciones digitales de los arcos dentales en diferentes etapas del tratamiento.

55 El software también puede estar configurado para permitir que el usuario gire el arco dental, de manera que el arco dental pueda examinarse desde diferentes vistas. En una variación, los dos conjuntos de arcos en las ventanas derecha e izquierda siempre se muestran en la misma vista direccional, de modo que, si el usuario gira los arcos dentales posteriormente modificados en la ventana derecha, los arcos dentales previamente modificados correspondientes también girarán en el mismo sentido y en la misma cantidad. Si el usuario gira los arcos dentales previamente modificados en la ventana izquierda, los arcos dentales posteriormente modificados correspondientes también girarán en la misma cantidad simultáneamente. En una variación, puede utilizarse un cursor controlado por un controlador informático (por ejemplo, un ratón de ordenador, un panel táctil, etc.) para arrastrar la representación

digital del arco dental que se muestra en la interfaz de usuario para girar el arco dental. Opcionalmente, pueden proporcionarse unos iconos que representen vistas predefinidas selectivas del arco dental dentro de la interfaz de usuario, de manera que el usuario pueda mostrar una vista deseada seleccionando un icono. En una variación, al hacer clic en un icono, los arcos dentales que se muestran en diferentes ventanas se cambiarán para mostrar la vista seleccionada de los arcos dentales.

El software del ordenador puede simular restricciones al movimiento cuando se selecciona una conformación dental final y cuando se elige una trayectoria de movimiento. Por ejemplo, la representación digital de los dientes puede simular una colisión potencial entre los dientes a medida que las posiciones de los dientes son modificadas por el usuario o mediante un programa informático. Además, las condiciones de contorno pueden estar predefinidas para limitar la cantidad de movimiento del diente (por ejemplo, rotación de la raíz). Por ejemplo, la rotación de la corona de un diente puede causar un gran desplazamiento en la punta de la raíz, lo que puede hacer que la raíz colisione con la raíz de un diente adyacente. En una variación, el software del ordenador está configurado para detectar una colisión cuando un parámetro límite que representa una primera raíz se cruza con un parámetro límite que representa una segunda raíz. El software puede indicar al usuario que se ha producido una colisión, o simplemente no permitir una trayectoria de movimiento en la que se producirá una colisión. En otra variación, una vez que se ha detectado una colisión, el software no permitirá que el usuario gire más el diente en la dirección de colisión, y puede comenzar a buscar una trayectoria de movimiento diferente para lograr la misma posición de alineación final (o similar). En otro ejemplo, cada uno de los dientes (es decir, corona y/o raíz) está representado por una malla de puntos. Si la malla de puntos que representan los primeros dientes y la malla de puntos que representan los segundos dientes ocupa el mismo espacio, esto indicaría que los dos dientes han colisionado.

En otra variación, los parámetros límite pueden definirse para simular condiciones fisiológicas en la boca y la mandíbula del sujeto que limitarían la rotación y/o el desplazamiento del diente. En un ejemplo, el software utiliza parámetros límite para evitar una rotación excesiva de los dientes. Por ejemplo, puede definirse una condición límite para cada diente para limitar la cantidad de rotación y/o desplazamiento que puede prescribir el usuario. La condición límite puede generarse en base a datos de muestra de población de dientes humanos, encías, y estructuras de mandíbula. La condición límite puede utilizarse entonces para evitar que el usuario oriente la rotación o el desplazamiento de los dientes a una condición poco realista. Además, pueden determinarse condiciones de contorno para diferentes subgrupos de población. Para cada sujeto, puede utilizarse la condición límite del subgrupo de población apropiado que coincida con los parámetros físicos del sujeto para proporcionar una mejor estimación de las limitaciones fisiológicas. En algunas variaciones, pueden determinarse las condiciones de contorno para cada paciente individual en base a datos suministrados (por ejemplo, a partir de radiografías, el modelo, etc.).

El profesional (por ejemplo, un ortodoncista) puede determinar manualmente (por ejemplo, entrando en el ordenador) una trayectoria de movimiento, o el ordenador puede generar una trayectoria de movimiento sugerida. En cualquier caso, el usuario puede ajustar la trayectoria de movimiento antes de realizar cualquier alineador, o después de que el sujeto haya comenzado a llevar un alineador o una serie de alineadores. Esto le permite al ortodoncista corregir la prescripción si es necesario. Además, el usuario puede proporcionar comentarios o instrucciones que pueden utilizarse al crear la trayectoria de movimiento y/o los alineadores correspondientes. Por lo tanto, el ortodoncista puede modificar su prescripción para un nuevo alineador modificando uno o más de los dientes en la representación digital del arco dental.

#### 1. Restricciones sobre el movimiento;

Tal como se ha descrito anteriormente, el movimiento de componentes del modelo (por ejemplo, los dientes) para formular una trayectoria de movimiento o una alineación final puede estar limitado por varios factores.

Un modelo dental puede describirse como que tiene un cuerpo de diente y raíces de diente. En general, los movimientos dentales pueden separarse en rotaciones alrededor de las raíces y traslaciones de las raíces. Las traslaciones de las raíces pueden describirse mediante un sistema de coordenadas, tal como coordenadas cartesianas definidas por los ejes X-, Y- y Z-. En una variación, el movimiento de las raíces del diente puede considerarse como un movimiento del centro del diente separado de la "orientación" del diente. El eje longitudinal, L, de un diente puede rotar a lo largo de una dirección polar P, una dirección de auto-rotación S, y una dirección acimutal A. El movimiento en P, S y A puede considerarse como movimientos de orientación. Aunque existen descripciones alternativas de los movimientos, su definición del movimiento dental tiene la ventaja de separar los movimientos de orientación grandes (rotacionales) de movimientos pequeños (de traslación). Dado que las raíces generalmente están ancladas, los movimientos más fáciles de un diente 300 bajo fuerzas externas son las rotaciones alrededor de las raíces, mientras que las traslaciones de las raíces son de magnitudes mucho más pequeñas. Por lo tanto, los movimientos de rotación u orientación pueden verse como movimientos alrededor de un punto de giro alrededor del cual gira el diente. Las figuras 3A y 3B ilustran estos ejes de movimiento (X,Y,Z) y (P,S,A).

5 Por lo tanto, los movimientos del modelo dental pueden describirse mediante sistemas de coordenadas idénticos a los utilizados para el diente del sujeto. Por ejemplo, las raíces de los dientes pueden simularse mediante los elementos de alineación, tal como se ha descrito anteriormente. La traslación de los elementos de alineación puede describirse mediante un sistema de coordenadas cartesianas en base a los ejes X', Y' y Z', y la rotación del modelo del diente puede describirse por las rotaciones del eje longitudinal L' del modelo del diente a lo largo de la dirección polar P', la dirección de auto-rotación S', y la dirección azimutal A'.

10 De acuerdo con la invención, el movimiento en una o más de estas direcciones es limitado o restringido. Por ejemplo, al planificar la trayectoria de movimiento (o ayudar al usuario a seleccionar una trayectoria de movimiento) el software o modelo físico puede evitar ciertos tipos de movimiento (por ejemplo, en una dirección restringida) o preferirá tipos de movimiento alternativos para lograr una alineación final de los dientes. El software "ponderará" ciertos tipos de movimiento de manera diferente, por ejemplo, correspondiendo a la dificultad de moverse en una o más direcciones. Estas ponderaciones se utilizan para calcular las trayectorias de movimiento. En algunas variaciones, el software puede decirle al usuario cuándo se ha elegido un movimiento en una dirección restringida, o el software puede simplemente impedir que el técnico o el profesional seleccione el movimiento en esa dirección.

20 En algunas variaciones, debido a que los elementos de alineación imitan las raíces de los dientes del sujeto, los modelos dentales unidos a la base dental pueden simular más estrechamente las configuraciones actuales u objetivo de los dientes del sujeto. Los movimientos de los dientes del sujeto se separan en movimientos grandes (es decir, rotaciones alrededor de los elementos de alineación o las raíces de los dientes) y movimientos pequeños (es decir, traslaciones de los elementos de alineación o las raíces). Por lo tanto, el alineador dental puede diseñarse para estar enfocado en los movimientos grandes en cada etapa de tratamiento, lo que normalmente implica una mínima traslación de las raíces. El alineador dental puede formarse así utilizando los modelos dentales generados en varios puntos a lo largo de la trayectoria del movimiento. De este modo, puede generarse una serie de tratamientos que tenga un cierto número de posiciones (por ejemplo, una posición inicial o de partida, una primera posición de tratamiento, una segunda posición de tratamiento, etc. hasta lograr una posición final).

30 En algunas variaciones, el profesional puede ajustar las posiciones de tratamiento mientras el sujeto se encuentra todavía en tratamiento, ya sea en base a preferencias de usuario o en base a retroalimentación del tratamiento del sujeto hasta la fecha.

## 2. Retroalimentación en la formación de la trayectoria de movimiento

35 Tal como se ha descrito anteriormente, puede ajustarse una trayectoria de movimiento durante el tratamiento de un sujeto. Por ejemplo, después de seleccionar una trayectoria de alineación, y la construcción de uno o más alineadores, pueden utilizarse datos adicionales del sujeto (por ejemplo, mediciones de dientes tomadas durante el tratamiento) para refinar o alterar la trayectoria de movimiento y, por lo tanto, rediseñar la trayectoria del movimiento, incluyendo la posición de alineación final. En algunas variaciones, el profesional (por ejemplo, un ortodoncista) puede refinar la trayectoria de tratamiento, incluyendo la posición final, durante el tratamiento.

40 En algunas variaciones, la trayectoria del tratamiento puede modificarse midiendo la posición real de los dientes del sujeto durante el procedimiento de alineación. Por ejemplo, las mediciones de los dientes del sujeto pueden tomarse por cualquier método apropiado, incluyendo los métodos de escaneado descritos anteriormente. En una versión, se toma una impresión negativa de los dientes del sujeto en algún momento durante el período de tratamiento, después de que el sujeto haya llevado un alineador. Las mediciones de los dientes del sujeto tomadas pueden compararse con la posición inicial, la posición final, y cualquiera de las posiciones intermedias de tratamiento. Estas mediciones pueden proporcionar información que se retroalimenta en el diseño de las próximas etapas de tratamiento.

50 En algunas variaciones, las mediciones tomadas durante el tratamiento pueden proporcionar información específica del sujeto sobre lo sensible que es un sujeto para el tratamiento, y puede permitir una personalización adicional del tratamiento. Por ejemplo, si un sujeto ha llevado un primer alineador (correspondiente a una primera posición de alineación) durante un período de tiempo específico, el movimiento de los dientes desde la posición original hasta la primera posición de alineación puede determinarse comparando la posición real del diente después de llevar el primer alineador hasta las posiciones de alineación inicial y primera. La trayectoria del movimiento puede entonces modificarse para corregir las diferencias entre la primera posición de alineación anticipada y la primera posición de alineación real. En algunos casos, pueden añadirse etapas de alineación adicionales a la trayectoria de movimiento, o puede variarse la trayectoria de movimiento para indicar restricciones previamente insospechadas en el movimiento de algunos o todos los dientes.

60 A continuación, se describen ejemplos de muchos de los diferentes componentes de los dispositivos, métodos y sistemas de alineación descritos aquí. Cualquiera de las etapas descritas puede utilizarse en combinación con cualquiera de las otras etapas o partes de otras etapas.

Ejemplos

Ejemplo 1: Método de tratamiento con retroalimentación

5 La figura 1A ilustra un método para proporcionar tratamiento de ortodoncia para un sujeto utilizando retroalimentación. Primero, se mide la configuración inicial de los arcos dentales del sujeto 110. Las configuraciones  
 10 iniciales de los dientes del sujeto pueden incluir las posiciones y las orientaciones de los dientes del sujeto antes de que comience el tratamiento. El análisis de la configuración inicial de los dientes del sujeto puede incluir impresiones dentales de los arcos superior y/o inferior del sujeto. Después, puede producirse un modelo digital de los arcos  
 15 dentales del sujeto. Las posiciones de la superficie de las impresiones dentales pueden medirse para determinar las posiciones y las orientaciones de los dientes del sujeto, tal como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, en la solicitud de patente americana mencionada anteriormente nº de serie 11/013.159, titulada "*Producing a base for accurately receiving dental tooth models*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004 y solicitud de patente americana nº de serie 11/013.157, titulada "*Producing accurate base for dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004 se describen detalles de realizar mediciones en impresiones dentales.

Un profesional puede determinar una configuración objetivo para los dientes del sujeto. Esta configuración objetivo puede ser una configuración objetivo final 120 (por ejemplo, que indique una configuración final de los dientes al final del tratamiento), o puede indicar una configuración objetivo intermedia. El profesional puede indicar una  
 20 configuración objetivo manipulando un modelo físico o digital y proporcionando el modelo manipulado, o proporcionando instrucciones verbales o escritas sobre cómo deben colocarse los dientes respecto a su posición actual (u otra referencia), o alguna combinación de los mismos.

El profesional puede diseñar un plan de tratamiento determinando una disposición objetivo de los dientes 120 (por ejemplo, una disposición objetivo final). Tal como se ha mencionado anteriormente, una disposición objetivo final no tiene que determinarse explícitamente en la etapa inicial; el tratamiento puede comenzar y el profesional puede establecer la disposición final sólo después de ver cómo responden los dientes del sujeto al tratamiento. Una vez que se determina una disposición objetivo, puede determinarse una trayectoria de movimiento 130. La trayectoria de movimiento es la trayectoria que toman los dientes cuando son movidos por el alineador o los alineadores para lograr la disposición objetivo. Los alineadores típicamente mueven los dientes gradualmente. Si la trayectoria del movimiento requiere que los dientes se muevan más de una cantidad predeterminada (por ejemplo, 0,3 mm o menos en traslación X o Y), la trayectoria del movimiento puede dividirse en múltiples etapas, donde cada etapa corresponde a una disposición objetivo separada 140. La cantidad predeterminada generalmente es la cantidad que un alineador puede mover un diente en una dirección particular en el tiempo requerido para cada etapa de tratamiento (por ejemplo, 3 semanas). Puede fabricarse un alineador dental para cada una de estas etapas de tratamiento 150.

La trayectoria del movimiento puede determinarse con la asistencia de un dispositivo de análisis tal como un dispositivo de análisis informático (por ejemplo, un ordenador que ejecute una lógica de análisis). Por ejemplo, el dispositivo de análisis puede configurarse para que incluya una lógica de restricción que indique las restricciones sobre el movimiento de los dientes, tal como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, la trayectoria de movimiento puede ser explícitamente indicada por el profesional, o puede ser sugerida por el dispositivo de análisis y aprobada por el profesional. En algunas variaciones, la trayectoria de movimiento la genera un técnico con la ayuda de un software de análisis (véase el Ejemplo 2, a continuación). El dispositivo de análisis informático está configurado típicamente para almacenar las configuraciones iniciales y objetivo (por ejemplo, configuraciones objetivo final e intermedia) de los dientes del sujeto, así como la(s) trayectoria(s) de movimiento desde la configuración inicial hasta la configuración objetivo. La trayectoria de movimiento puede evitar la colisión y la superposición de los dientes, y también puede tener en cuenta restricciones de movimiento de los dientes, incluyendo restricciones sobre la cantidad de movimiento de un diente durante una etapa de tratamiento determinada.

Tal como se ha mencionado, las trayectorias de movimiento pueden dividirse en una pluralidad de etapas de tratamiento sucesivas 140. Puede haber, por ejemplo, de diez a cuarenta etapas. Pueden fabricarse uno o más alineadores dentales para cada etapa de tratamiento 150. El sujeto lleva uno de los alineadores dentales para mover sus dientes como parte de cada etapa 160.

Los alineadores dentales pueden fabricarse tal como se describe aquí. Al sujeto se le puede proporcionar uno o una pluralidad de alineadores dentales en cada etapa del tratamiento dental. Cada uno de los alineadores puede utilizarse durante un período de tiempo desde unas pocas horas hasta unas pocas semanas (por ejemplo, 3 semanas). Los alineadores pueden utilizarse continuamente durante una parte de un día.

Tal como se ha descrito, los métodos de tratamiento de ortodoncia pueden incluir "retroalimentación" que permite que los dientes se ajusten iterativamente durante el tratamiento en función de cómo han respondido los dientes a uno o más de los alineadores dentales. Por lo tanto, pueden diseñarse uno o más alineadores para etapas de

tratamiento futuras sólo después de analizar la disposición del arco dental del sujeto después de que el sujeto haya utilizado un alineador dental como parte del tratamiento en curso.

5 El movimiento de los dientes causado por el alineador dental normalmente no es exactamente el mismo que el diseñado por el plan de tratamiento. Por lo tanto, tal como se ha descrito anteriormente, el movimiento de los dientes puede analizarse después de haberse llevado un alineador 170 para determinar su posición, en el arco dental, o cuánto se han movido desde el comienzo de la etapa (o etapas) de tratamiento anterior. El movimiento resultante puede tenerse en cuenta en el plan de tratamiento, particularmente en el diseño de alineadores adicionales. Las posiciones y orientaciones de los dientes del sujeto pueden medirse, lo que puede servir como retroalimentación para el ajuste del plan de tratamiento.

15 Después de que el sujeto ha llevado el alineador dental durante un período de tiempo puede obtenerse una impresión negativa del arco dental del sujeto, y tomarse mediciones tal como se ha descrito anteriormente para determinar el análisis de la configuración del arco dental del sujeto. La figura 2 ilustra un método para determinar la configuración del arco dental de un sujeto. La impresión dental negativa de un sujeto 280 puede fijarse en un recipiente 290 utilizando un epoxi. El recipiente 290 puede marcarse con una o más marcas de referencia 295 que pueden definir las coordenadas de la impresión 280. Las posiciones relativas de los dientes del sujeto se miden a partir de la impresión utilizando un dispositivo de localización mecánico 200. Un ejemplo de un dispositivo de localización mecánico es el *Microscribe* disponible de Immersion y Phantom. El *Microscribe* es un digitalizador 3D portátil que puede desarrollar un modelo informático digital para un objeto 3D existente. El dispositivo de localización mecánico 200 puede incluir unos brazos mecánicos 210, 220 que tienen una o más juntas mecánicas 230. La junta mecánica 230 está equipada con unos cojinetes de precisión para una manipulación suave y unos sensores ópticos digitales internos para decodificar el movimiento y la rotación de los brazos mecánicos 210, 220. El segmento extremo es un lápiz óptico 240 que puede manipularse para tocar puntos en la impresión dental 280 contenida en el recipiente 290. El dispositivo de localización mecánico 200 puede fijarse a una plataforma común como el recipiente 290. Puede decodificarse y emitirse información posicional y angular 3D precisa de los puntos que toca el lápiz óptico en el puerto de salida electrónico 270. La información posicional y de orientación puede obtenerse mediante decodificadores adicionales. Pueden colocarse sensores adicionales en la punta del lápiz óptico para medir la dureza de la superficie del objeto de medición. El *MicroScribe* de Immersion Corp. utiliza un lápiz puntiagudo acoplado a un dispositivo de tipo CMM para producir una precisión de 0,0229 cm.

35 Al medir las posiciones de los dientes a partir de la impresión de los dientes del sujeto, el digitalizador *MicroScribe* se monta en un elemento de sujeción fijo a una placa de base. El dispositivo puede comunicarse con un ordenador *host* a través de puerto USB o de serie. Un usuario (por ejemplo, un técnico o fabricante) selecciona puntos de interés en cada posición del diente en la impresión y coloca el lápiz óptico en el punto de interés. La información de posición y angular se decodifica y después se transmite al ordenador. Las coordenadas cartesianas XYZ de los puntos adquiridos se calculan y se registran para cada ubicación y orientación del primer elemento (o alternativamente, cada diente).

40 Se establece un nuevo sistema de coordenadas en base a la cámara del recipiente donde se encuentra la impresión del arco. Este sistema se establece tomando lecturas para dos puntos en dos lados del recipiente para definir el eje x. Otra lectura en el plano establece el plano x-y. Entonces se determina un origen en el plano x-y. El eje z se establecerá tomando el producto cruzado del eje x y el eje y.

45 A continuación, el usuario selecciona una pluralidad de puntos en las superficies de la impresión del arco correspondiente a cada diente. Los puntos tridimensionales medidos desde las superficies de impresión se interpolan para crear superficies y sólidos integrados en un diseño general.

50 El número de puntos que definen las curvas y el número de curvas depende de la resolución deseada en el modelo. Las funciones de superficie que ofrece la aplicación de diseño se utilizan para crear y combinar las superficies del modelo. El modelo puede sombreadarse o renderizarse, definirse como un sólido o animarse dependiendo de las intenciones del diseñador. Todas las lecturas adquiridas por el lápiz óptico pueden representarse en tiempo real para permitir que el usuario visualice los modelos de diente digital. Los ejes y puntos de coordenadas pueden representarse en el software utilizando diferentes cilindros/esferas de colores, etc. para distinguir los diferentes significados de los valores.

60 Las posiciones de los dientes también pueden obtenerse escaneando ópticamente la impresión dental o modelos dentales moldeados utilizando la impresión dental. Un sistema de escaneo óptico puede incluir una mesa de escaneo en la que pueden montarse las impresiones dentales o los modelos dentales. La mesa de escaneo puede girar mediante un mecanismo de rotación bajo el control de un ordenador. Uno o más dispositivos de captura de imágenes pueden capturar imágenes de la impresión dental o modelos dentales moldeados a medida que la mesa de escaneo se gira hacia una posición angular. El eje óptico del dispositivo de captura de imágenes puede estar, por ejemplo, a 45 grados del eje vertical (o la superficie superior de la tabla de escaneo).

Un modelo de arco dental digital puede incluir una pluralidad de modelos dentales digitales. El modelo dental digital puede desarrollarse en función de las primeras ubicaciones y orientaciones de los elementos o, alternativamente, las coordenadas de los modelos dentales físicos adquiridos por el dispositivo de localización mecánica.

5 Las imágenes de la impresión dental o los modelos dentales se analizan. Las coordenadas de una pluralidad de puntos de superficie en la impresión dental o modelos dentales se calculan por triangulación utilizando los datos de imagen capturados. Las superficies de la impresión dental o los modelos dentales se construyen interpolando coordenadas calculadas de los puntos en la superficie. De este modo pueden obtenerse las posiciones de los  
10 dientes del sujeto. Las posiciones de los dientes del sujeto también pueden medirse mediante un sistema de seguimiento láser y un sistema de seguimiento de movimiento. Los detalles de la información de la ubicación de la medición en una impresión dental de un sujeto se describen en la solicitud de patente americana referenciada anteriormente nº de serie 11/013159, titulada "*Producing a base for accurately receiving dental tooth models*" por  
15 Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004 y la solicitud de patente americana comúnmente asignada, número de serie 11/013.157, titulada "*Producing accurate base for dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004.

Las posiciones medidas de los dientes del sujeto se comparan con las configuraciones objetivo en la etapa de tratamiento en el plan de tratamiento en la etapa 180. Si las configuraciones objetivo se consiguen dentro de una tolerancia especificada, el tratamiento puede continuar de acuerdo con el diseño original. Puede producirse uno o  
20 más alineadores para la próxima etapa de tratamiento tal como se planificó originalmente en la etapa 190.

Si se encuentra que el alineador dental no movió los dientes del sujeto a las configuraciones objetivo deseadas en la etapa 180, el ortodoncista puede diseñar otro alineador dental en respuesta a las posiciones actuales de los dientes medidas y las posiciones deseadas para los dientes del sujeto en esta etapa del tratamiento. Típicamente, el  
25 ortodoncista utiliza un software de ordenador para simular el movimiento de los dientes a las configuraciones objetivo para los dientes del sujeto. Las configuraciones objetivo incluyen posiciones y orientaciones de los dientes deseadas. Las configuraciones objetivo pueden especificarse en el plan de tratamiento original para esta o la siguiente etapa del tratamiento. Además, el ortodoncista también puede ajustar dinámicamente las configuraciones de los dientes objetivo para la próxima etapa de tratamiento de acuerdo con el movimiento de los dientes del sujeto.

30 Tal como se describe, los alineadores dentales pueden fabricarse con la ayuda de modelos dentales físicos que pueden ensamblarse para formar un modelo de arco dental físico. El modelo de arco dental físico puede formarse en una base dental. Los modelos dentales físicos de los dientes del sujeto pueden fabricarse y utilizarse para una o  
35 más etapas de tratamiento. La base dental puede incluir una pluralidad de elementos de recepción para recibir los modelos dentales. Los modelos dentales pueden comprender elementos de alineación compatibles con los elementos de recepción. La base dental puede incluir diferentes configuraciones, cada una correspondiente a una o más etapas de tratamiento. Los alineadores dentales pueden fabricarse de una manera conveniente y económica utilizando los modelos de arco físico en diferentes etapas de tratamiento. El uso compartido de modelos dentales físicos y la base dental entre las etapas de tratamiento reduce significativamente el tiempo y el coste del tratamiento.  
40 En las solicitudes de patente americana mencionadas anteriormente y comúnmente cedidas se describen diversas etapas del sistema y métodos de tratamiento descritos.

Los modelos dentales físicos pueden fabricarse antes de la primera etapa de tratamiento o pueden volverse a producir en cualquiera de las etapas siguientes si alguno de los modelos dentales está desgastado o dañado.  
45 También puede fabricarse una pluralidad de modelos dentales a la vez para ahorrar tiempo de configuración y coste de manipulación. En un ejemplo, los modelos dentales físicos pueden moldearse utilizando la impresión negativa 280 en una cámara de moldeo o el recipiente 290. El recipiente 290 puede llenarse con un material de moldeo maleable. El recipiente 290 puede estar sellado. El material de moldeo se solidifica con la ayuda de calor, presión y/o radiación UV. Después puede obtenerse un modelo de arco físico del arco del sujeto retirando el material de moldeo solidificado. El modelo de arco físico puede separarse en una pluralidad de modelos dentales. La una o más  
50 marcas de referencia 295 pueden moldearse simultáneamente en el modelo de arco físico de manera que los puntos de la superficie en el modelo de arco físico puedan trasladarse con precisión a las coordenadas originales para la impresión del arco negativo. En la solicitud de patente americana anteriormente mencionada y cedida comúnmente, nº de serie 11/013.160, titulada "*System and methods for casting physical tooth model*" por Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004 y la solicitud de patente americana nº de serie 10/979.823, titulada "*Method and apparatus for manufacturing and constructing a physical dental arch model*" por Huafeng Wen, presentada el 2/11/2004, se describen detalles del moldeo de modelos de arco físico.  
55

La figura 3A ilustra un diente del sujeto 300 que incluye un cuerpo del diente 310 y raíces 320. De acuerdo con la presente invención, los movimientos de los dientes pueden separarse en rotaciones alrededor de las raíces 320 y traslaciones de las raíces 320. Las traslaciones de las raíces 320 pueden describirse mediante un sistema de coordenadas, tal como coordenadas cartesianas definidas por los ejes X-, Y- y Z-. El eje longitudinal L del diente 300 puede girar a lo largo de la dirección polar P, la dirección de auto-rotación S y la dirección acimutal A. Aunque  
60

5 existen descripciones alternativas de los movimientos, la definición del movimiento de los dientes descrita tiene la ventaja de separar movimientos grandes (rotacionales) de movimientos pequeños (de traslación). Dado que las raíces 320 están ancladas profundamente, los movimientos más fáciles de un diente 300 bajo fuerzas externas son las rotaciones alrededor de las raíces 320, mientras que las traslaciones de las raíces 320 son de magnitudes mucho más pequeñas. Las raíces del diente pueden verse como un punto de giro alrededor del cual gira el diente.

10 La figura 3B ilustra un modelo dental 350 que puede simular los movimientos del diente del sujeto 300 en la figura 3A. El modelo dental 350 puede incluir un cuerpo de modelo dental 360 y uno o más elementos de alineación 370. El cuerpo del modelo dental 360 puede simular el cuerpo del diente 310. De acuerdo con la presente invención, los elementos de alineación 370 pueden simular las raíces 320. Los elementos de alineación 370 pueden incluir un pin, una protuberancia, un taco, un receptáculo, una ranura, un orificio y otros elementos que puedan unirse a los elementos de recepción en la base dental, tal como se muestra en las figuras 5 y 6.

15 La simulación de los elementos de alineación 370 de las raíces 320 puede ser asistida por una representación digital del diente del sujeto, es decir, un modelo dental digital. Las imágenes de los dientes del sujeto, incluyendo las raíces, pueden capturarse mediante radiografías en diferentes direcciones. A partir de las imágenes pueden construirse modelos digitales 3D de los dientes del sujeto. El modelo dental también puede escanearse ópticamente o medirse con un dispositivo de localización para obtener un modelo dental digital. El modelo dental digital puede extrapolarse para describir las raíces del diente. Los elementos de alineación 370 pueden simularse entonces de modo que los extremos de los elementos de alineación 370 queden en las mismas posiciones respecto al modelo dental 350 que las raíces 320 respecto al diente 300.

20 Los movimientos del modelo dental 350 pueden describirse mediante sistemas de coordenadas idénticos a los utilizados para el diente del sujeto 300 en la figura 3A. La traslación de los elementos de alineación 370 se describe mediante un sistema de coordenadas cartesianas basado en los ejes X', Y' y Z'. La rotación del modelo dental 350 puede describirse por las rotaciones del eje longitudinal L' del modelo dental 350 a lo largo de la dirección polar P', la dirección de auto-rotación S', y la dirección acimutal A'.

25 La figura 3C muestra un modelo dental generalizado 380, que tiene un cuerpo del diente 380 y unos pines de alineación (simulando raíces) 390.

30 El alineador dental puede formarse utilizando los modelos dentales unidos a la base dental en cada etapa del tratamiento dental. Debido a que los elementos de alineación imitan las raíces de los dientes del sujeto, los modelos dentales unidos a la base dental pueden simular más estrechamente la configuración actual o la objetivo de los dientes del sujeto. Los movimientos de los dientes del sujeto se separan en movimientos grandes (es decir, rotaciones alrededor de los elementos de alineación o las raíces de los dientes) y movimientos pequeños (es decir, traslaciones de los elementos de alineación o las raíces). Por lo tanto, el alineador dental puede estar enfocado en los movimientos grandes en cada etapa de tratamiento, lo que normalmente implica una mínima traslación de las raíces. El alineador dental producido puede producir, por lo tanto, un movimiento más preciso en los dientes del sujeto.

35 Los alineadores dentales que se describen también pueden ser más efectivos para mover los dientes del sujeto. Los alineadores dentales de la técnica anterior a menudo intentan girar los dientes del sujeto alrededor del punto por encima de las raíces de los dientes, lo que a menudo crea movimientos no realistas o no deseados. Los movimientos no deseables a menudo tienen que corregirse en las etapas de reproceso. El sistema descrito puede reducir el número de etapas de tratamiento correctivo o de reproceso, minimizando así el número total de etapas de tratamiento. El coste y el tiempo para el tratamiento se reducen.

40 El sistema y los métodos descritos también simplifican el proceso de tratamiento de ortodoncia en comparación con los sistemas de la técnica anterior. La separación entre las rotaciones alrededor de las raíces de los dientes del sujeto y la traslación de las raíces ayuda a enfocar los movimientos de los dientes en los movimientos primarios, es decir, las rotaciones alrededor de las raíces de los dientes. En muchos casos, no se requieren movimientos de traslación o son mínimos en las raíces de los dientes.

45 Tal como se ha descrito anteriormente, restringir el movimiento de los componentes del arco dental (por ejemplo, dientes) también puede ayudar a determinar los modelos digitales (o físicos) intermedios interpolados del modelo inicial y la configuración final (deseada) del arco dental. En particular, es probable que restringir el movimiento de los dientes para que modelen con mayor precisión el movimiento de los dientes cuyas raíces están incrustadas dentro de la encía y la mandíbula dé como resultado unos diseños de alineadores más precisos y efectivos. Una forma de lograr esto es restringir o limitar el movimiento en los ejes X, Y y/o Z, mientras que se permite más fácilmente el movimiento alrededor de las raíces (por ejemplo, movimiento acimutal y polar).

En otros casos, un diente puede verse obligado a girar a lo largo de sólo una o dos de las direcciones polar, de auto-rotación, y acimutal en una etapa de tratamiento particular. En otros casos, las raíces de un diente pueden restringirse para que no se muevan en las direcciones X, Y, o Z en otra etapa de tratamiento. Las restricciones en los movimientos de rotación ayudan a reducir los grados de libertad variables ajustando las configuraciones de los dientes, lo que simplifica los diseños de tratamiento.

En un aspecto, el movimiento limitado de los dientes reduce la probabilidad de interferencia entre dientes contiguos. Los detalles sobre el diseño del movimiento de los dientes sin interferencia entre dientes adyacentes se describen en la solicitud de patente americana comúnmente cedida y referenciada anteriormente, nº de serie 11/013.156, titulada "*Producing non-interfering tooth models on a base*" por Huafeng Wen.

En otro aspecto, diferentes movimientos dentales restringidos en diferentes etapas de tratamiento hacen que sea más fácil controlar el movimiento de los dientes durante el proceso de tratamiento. El tratamiento puede estar más enfocado y los dientes pueden moverse más directamente a la configuración final del plan de tratamiento. El movimiento simplificado de los dientes también reduce la posibilidad de un movimiento incorrecto y, por lo tanto, reduce las medidas correctivas en el tratamiento. En consecuencia, puede reducirse el número de etapas de tratamiento, lo que disminuye el coste y el tiempo invertido.

Los elementos de alineación 370 pueden producirse simultáneamente en el proceso de moldeo moldeándolos en los materiales de moldeo maleables. Por ejemplo, los elementos de alineación 370 pueden ser pines que se inserten en el material de moldeo maleable antes de solidificarse. Alternativamente, los elementos de alineación 370 pueden producirse en el modelo dental 350 después de la fabricación del modelo de arco físico y antes de que el modelo de arco físico se separe en modelos de diente 350. Por ejemplo, los elementos de alineación 370 pueden incluir receptáculos que pueden ser perforados por un sistema de perforación 400 en el modelo de arco físico tal como se muestra en la figura 4. En la solicitud de patente americana mencionada anteriormente titulada "*Producing a base for accurately receiving dental tooth models*" de Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, se describen detalles de la obtención de un modelo de arco dental físico que tiene elementos de alineación y posiciones de referencia 3D.

El modelo dental 350 que se muestra en la figura 3B puede incluir un cuerpo de modelo dental 360 y uno o más elementos de alineación 370. Los elementos de alineación 370 pueden incluir un pin, una protuberancia, un taco, un receptáculo, una ranura, un orificio y otros elementos que puedan unirse a los elementos de recepción en la base dental tal como se muestra en las figuras 5 y 6. Los elementos de alineación pueden producirse simultáneamente en el proceso de moldeo moldeándolos en los materiales de moldeo maleables en la etapa 185. Por ejemplo, los elementos de alineación que son pines pueden insertarse en el material de moldeo antes de solidificarse. Alternativamente, los elementos de alineación 370 pueden producirse en el modelo dental 350 después de la fabricación del modelo de arco físico y antes de que el modelo de arco físico se separe en modelos de diente 350. Por ejemplo, los elementos de alineación 370 pueden incluir receptáculos que pueden ser perforados por un sistema de perforación 400 en el modelo de arco físico tal como se muestra en la figura 4. En la solicitud de patente americana mencionada anteriormente titulada "*Producing a base for accurately receiving dental tooth models*" de Huafeng Wen, presentada el 14/12/2004, se describen detalles de la obtención de un modelo de arco dental físico que tiene elementos de alineación y posiciones de referencia 3D.

Los elementos de recepción para recibir los elementos de alineación en el modelo dental se producen a continuación en una base dental en la etapa 186. Los elementos de recepción en la base dental son complementarios y compatibles con los elementos de alineación en los modelos dentales. Los elementos de recepción pueden incluir uno o más pines, protuberancias, tacos, receptáculos, ranuras y orificios. Tal como se muestra en la figura 4, la base dental 410 queda sujeta en una plataforma 415. En un sistema de posicionamiento 440 va montado un dispositivo de perforación 430 que puede mover el dispositivo de perforación 430 en tres dimensiones. El sistema de posicionamiento 440 primero sitúa los puntos de referencia 412 en la base dental 410 bajo el control de un ordenador 420. Los puntos de referencia 412 corresponden con precisión a las marcas de referencia 295 en la impresión dental 280. El sistema de posicionamiento 440 puede definir un sistema de coordenadas basado en los puntos de referencia en la base dental 410. Las coordenadas de la base dental 410 pueden transformarse cuantitativamente en las coordenadas originales de la impresión dental negativa 280 utilizando las marcas de referencia 295. El ordenador 420 almacena las posiciones de los receptáculos que se han de realizar en la base dental 410. Las posiciones de los receptáculos corresponden a los elementos de alineación 370 (pines) en el modelo dental 350. Tanto los receptáculos como los elementos de alineación 370 pueden definirse por las marcas de referencia originales 295. Por ejemplo, las posiciones de los elementos de recepción en la base dental pueden depender de por lo menos dos factores: primero, las posiciones medidas de los dientes del sujeto después del movimiento de los dientes producido por el último alineador dental; y segundo, las posiciones deseadas de los dientes del sujeto.

El sistema posicional 440 mueve el dispositivo de perforación 430 a las posiciones previstas para los receptáculos almacenadas en el ordenador 420. El dispositivo de perforación 430 puede perforar los receptáculos utilizando una

broca mecánica o por quemado para formarlos con cualquier dispositivo apropiado, tal como un rayo láser de alta potencia.

5 Alternativamente, puede montarse en un dispositivo de posicionamiento la base dental 410 en lugar del dispositivo de perforación 430. El dispositivo de posicionamiento es capaz de producir un movimiento relativo entre la base dental 410 y el dispositivo de perforación 430. Se desarrolla un sistema de coordenadas basado en los puntos de referencia 412 que pueden transformarse cuantitativamente en el sistema de coordenadas en función de las marcas de referencia 295 de la impresión dental 280. La base dental 410 se mueve a unas posiciones para permitir que los  
10 receptáculos sean perforados en las posiciones. La alineación precisa entre las posiciones de los dientes en la base dental 410 asegura que los modelos dentales 350 queden montados con precisión en la base dental 410 según se especifique por las posiciones deseadas (o las configuraciones objetivo) de los dientes para la siguiente etapa de tratamiento.

15 La figura 5 es una vista desde arriba de una base dental 500 que comprende una pluralidad de receptáculos 510 y 520 para recibir los tacos de una pluralidad de modelos dentales. Las posiciones de los receptáculos 510, 520 vienen determinadas por las posiciones iniciales de los dientes en el arco de un sujeto o las posiciones de los dientes durante el proceso de tratamiento de ortodoncia. La base 500 puede tener forma de placa tal como se muestra en la figura 5, que comprenda una pluralidad de pares de receptáculos 510, 520. Cada par de receptáculos 510, 520 está adaptado para recibir dos pines asociados a un modelo dental físico. Cada par de receptáculos incluye  
20 un receptáculo 510 en el interior del modelo de arco dental y un receptáculo 520 en la parte exterior del modelo de arco dental.

25 La figura 6 muestra un modelo dental 610 fijado con dos pines 615. Una base dental 620 incluye unos receptáculos 625 que pueden estar alineados con los pines 615. Los receptáculos 625 están adaptados para recibir los dos pines 615 para permitir que el modelo dental 610 se ensamble con la base dental 620. Dado que los receptáculos 625 y los pines 615 se fabrican en base al mismo sistema de coordenadas, pueden disponerse en una alineación precisa para permitir montarse entre sí. Los modelos dentales 610 se montan en la base dental 620 para formar un modelo de arco dental en la etapa 187.

30 Un alineador dental puede fabricarse convenientemente utilizando el modelo de arco dental en la etapa 188. La figura 7 ilustra una disposición de fabricación de un alineador dental utilizando un modelo de arco dental. Una lámina de un material para la fabricación de alineadores 710 se une a un soporte de lámina y luego se levanta cerca de un elemento calefactor. La lámina puede estar realizada en una distribución uniforme de un único material o comprender múltiples capas de diferentes materiales. Después de que se ha calentado el material para la  
35 fabricación de alineadores un tiempo específico, el soporte de la lámina se presiona sobre el modelo de arco dental del sujeto en la placa de base. Una bomba de vacío elimina el aire en la parte inferior de la placa de base para hacer que el alineador ablandado haga que el material se relaje y se forme adecuadamente alrededor de la superficie el modelo de arco dental del sujeto. Este proceso de alineación se conoce como formación de vacío.

40 El modelo de arco dental del sujeto puede incluir puntos de alineación 412 que pueden copiarse en la lámina de material para la fabricación de alineadores 710 durante la formación al vacío. Las marcas de alineación copiadas 720 se forman en el alineador 750. Un modelo de arco digital captura la información de forma de los modelos dentales del sujeto y la información sobre las marcas de alineación. El modelo de arco digital puede especificar  
45 todavía más la posición de los elementos que se han de producir en los dientes del sujeto para recibir los orificios pasantes que pueden permitir la conexión del alineador dental a los dientes del sujeto.

50 Un alineador obtenido tal como se describe aquí puede diseñarse específicamente para mover los dientes del sujeto en la etapa actual del proceso de tratamiento hacia las posiciones deseadas. El alineador lo debe de llevar el sujeto en la etapa 160. El proceso de la etapa 160 a la etapa 180 puede repetirse.

Los modelos dentales físicos y la base dental pueden compartirse entre diferentes etapas de tratamiento. Los modelos de arco físico pueden configurarse y reconfigurarse para diferentes etapas de tratamiento. Los alineadores dentales pueden fabricarse de manera cómoda y económica utilizando el modelo de arco físico.

55 Ejemplo 2: Determinación manual de trayectorias de movimiento y configuraciones objetivo intermedias

En una variación, el método de producción de dispositivos de ortodoncia (alineadores) extraíbles depende de que un técnico establezca inicialmente las configuraciones objetivo (etapas de tratamiento) intermedias. Los alineadores están realizados en plástico transparente y están moldeados para ajustarse cómodamente sobre los dientes de un  
60 sujeto, tal como se ha descrito anteriormente.

En general, el sistema de tratamiento incluye una serie de alineadores, cada uno de los cuales tiene una configuración que difiere ligeramente de la posición no tratada de los dientes del sujeto. Cada alineador ejerce

presión sobre los dientes del sujeto, obligando a los dientes a ajustarse a la configuración del alineador. Cuando los dientes del sujeto se han ajustado a la configuración de un alineador particular, el sujeto avanza a un nuevo alineador. En general, el proceso de tratamiento finaliza cuando los dientes del sujeto han alcanzado la configuración deseada por el médico clínico.

5 La figura 1B ilustra las etapas seguidas por una variación de este método de tratamiento. El proceso de fabricación comienza con la información del sujeto proporcionada por el profesional 1010. Esta información es recopilada por el profesional, a través de su examen de un sujeto, e incluye impresiones dentales de los dientes superiores e inferiores del sujeto, una "mordida de cera" (es decir, una impresión de los dientes del sujeto que el sujeto crea al morder una pieza de cera), radiografías de los dientes del sujeto, fotografías de la cara del sujeto y una prescripción. La empresa fabricante utiliza esta información para fabricar los alineadores personalizados para cada sujeto.

10 La empresa fabricante 1020 crea un modelo físico de los dientes del sujeto a partir de la información proporcionada. Las impresiones dentales y radiografías de los dientes del sujeto se utilizan para crear un modelo físico de los dientes del sujeto. Esta creación de un modelo físico se consigue a través de las siguientes etapas. En primer lugar, un técnico revisa las impresiones dentales y las radiografías para determinar la orientación de cada uno de los dientes del sujeto. Al observar las impresiones dentales y las radiografías, el técnico puede determinar el eje z de cada diente, es decir, la dirección a la que apunta el diente. Esta información de "eje z" se introduce en un digitalizador tridimensional. Tal como se ha descrito anteriormente, un digitalizador tridimensional es una herramienta de medición espacial utilizada para determinar las coordenadas x, y, y z de puntos en la superficie de un objeto. En este caso, el digitalizador tridimensional se utiliza para determinar las coordenadas x, y, y z de los puntos en la superficie de las impresiones dentales del sujeto. La información del "eje z" se calcula típicamente utilizando un digitalizador 3D, (por ejemplo, un *MicroScribe*) para obtener varias coordenadas en la corona. Estas coordenadas se utilizan después para estimar las posiciones de las raíces de cada diente individual del sujeto.

15 A continuación, se utiliza una fresadora controlada por control numérico por ordenador (CNC) para realizar una serie de orificios, que corresponden a las posiciones de raíz estimadas, en una placa de plástico (placa de base). Para cada diente se realizan dos orificios y se inserta un pin en cada orificio. La longitud de cada pin es mayor que la profundidad de cada orificio, de modo que, una vez insertado, cada pin sobresale parcialmente de la placa de base. Se crean dos placas base: una para el arco superior del sujeto y otra para el arco inferior del sujeto.

20 A continuación, se vierte material de modelado en las impresiones dentales del sujeto y las placas de base se unen a las impresiones dentales de manera que los pines, que sobresalen de las placas de base, sobresalen hacia el material de modelado líquido. A medida que se endurece el material de modelado, los pines se incrustan en el material, creándose un modelo de los dientes con dos pines que sobresalen de cada diente. Los modelos de los dientes, incluyendo los pines, se retiran de las impresiones dentales y las placas de base. Finalmente, estos modelos se separan, es decir, se cortan para crear modelos individuales de cada uno de los dientes del sujeto.

25 A continuación, se produce una imagen digital de los dientes del sujeto (un modelo digital) para ayudar a guiar la formulación de tratamiento 1030. Los modelos dentales del sujeto, las posiciones estimadas de las raíces de los dientes del sujeto, y la prescripción del profesional se utilizan para crear una imagen digital de la posición prescrita de los dientes del sujeto. Este proceso se lleva a cabo a través de las siguientes etapas. En primer lugar, los modelos de cada uno de los dientes del sujeto se montan en otra placa de base, denominada "placa de escaneado", de uno en uno (o en algunas variaciones, en un grupo). La placa de escaneado puede estar realizada en el mismo tipo de material que la placa de base utilizada en el proceso de modelado descrito anteriormente, pero se le da un nombre diferente para indicar que se utiliza en un punto diferente del proceso y para un propósito diferente.

30 El modelo de cada diente, una vez montado en la placa de escaneado, se escanea utilizando un láser para obtener datos que representan su geometría tridimensional. Estos datos, combinados con las posiciones de raíz estimadas y la prescripción del profesional, se utilizan para crear una imagen digital de la posición prescrita de los dientes del sujeto, es decir, una imagen de los dientes del sujeto posicionada de acuerdo con la prescripción del profesional. Esta imagen digital se conoce como "Imagen de Vista de Prescripción" o RxView. La Vista de Prescripción es una imagen gráfica de ordenador codificada en un formato de datos. Los datos contenidos en la imagen de Vista de Prescripción son adecuados para crear una representación visual de los dientes del sujeto, sin embargo, por sí misma puede no ser adecuada para proporcionar una base para la fabricación de alineadores físicos.

35 La Vista de Prescripción es típicamente una imagen de la totalidad de los dientes del sujeto, incluyendo la parte de los dientes debajo de la línea de las encías. La Vista de Prescripción de la parte de los dientes sobre la línea de la encía se crea utilizando los datos obtenidos del escaneo láser de los dientes modelo. La Vista de Prescripción de la parte de los dientes debajo de la línea de las encías es una aproximación basada en el tipo de diente representado - por ejemplo, la imagen de un molar se basa en la forma de un molar y la imagen de un premolar se basa en la forma de un premolar. La Vista de Prescripción puede proporcionarse al profesional a través del ordenador para su aprobación. El médico examina la Vista de Prescripción utilizando un programa informático conocido, que permite al

médico presentar instrucciones y modificaciones al tratamiento. Una vez que el profesional ha visto la Vista de Prescripción, el profesional puede aprobar la Vista de Prescripción o bien modificar la Vista de Prescripción.

5 Después de que el profesional determina que se ha creado una Vista de Prescripción aceptable, un técnico (por ejemplo, parte de la empresa fabricante) comienza a producir los alineadores individualmente, para el envío de dos conjuntos a la vez. Un "conjunto" de alineadores incluye un alineador para los dientes superiores del sujeto y un alineador para los dientes inferiores del sujeto, salvo que el sujeto busque tratamiento para sus dientes superiores o inferiores, exclusivamente, en cuyo caso su "conjunto" de alineadores consistirá en un alineador simple.

10 La fabricación física de los alineadores puede utilizar un tercer programa informático que utilice los datos obtenidos del escaneo láser de los dientes del modelo individual y las posiciones estimadas de las raíces de los dientes del sujeto para crear una imagen digital de la posición actual de los dientes del sujeto 1040. Luego, un técnico observa esta imagen digital y, utilizando el software, ajusta manualmente las posiciones de los dientes en una posición modificada por primera vez 1050. El técnico generalmente confía en el juicio y la experiencia para ajustar  
15 manualmente las posiciones de los dientes utilizando el software, de modo que el movimiento necesario para cambiar la posición de un diente desde la posición actual hasta la primera posición modificada puede lograrse utilizando un único alineador. Al realizar este ajuste, el técnico puede referirse a la Vista de Prescripción como guía visual solamente, del mismo modo que un técnico de laboratorio consideraría un modelo físico de dientes como guía. No es necesario utilizar datos de la Vista de Prescripción en el modelado de estas etapas de tratamiento  
20 intermedias (configuraciones objetivo intermedias de los dientes). En algunas variaciones, el software utilizado para modelar estas configuraciones objetivo intermedias puede aplicar las restricciones a la capacidad del técnico para mover los dientes. Por ejemplo, el técnico puede estar limitado en la medida en que puede mover un diente en rotación alrededor de las raíces, o trasladar los dientes en direcciones x, y, o z, tal como se ha descrito anteriormente. El software utilizado por el técnico para modelar las configuraciones objetivo intermedias también  
25 puede proteger contra errores del técnico limitando el rango de movimiento permitido para cada diente. Por ejemplo, puede prohibirse al técnico colocar los dientes en orientaciones indeseables o imposibles, por ejemplo, orientaciones superpuestas.

30 Una vez que se completa este ajuste, se fabrica un alineador dental a partir de la primera configuración objetivo intermedia (la "posición primera modificada" descrita anteriormente) 1060. Se utiliza una fresadora por control numérico por ordenador (CNC) para realizar una serie de orificios, correspondientes a las posiciones de raíz "primeras modificadas", en una placa de base denominada "placa de montaje". La placa de montaje es idéntica a las placas de moldeo y de escaneo descritas anteriormente, pero se le da un nombre diferente para indicar que se utiliza en un punto diferente del proceso. El técnico inserta cada modelo dental físico en su correspondiente par de  
35 orificios en la placa de montaje "primera modificada". Esto crea un modelo físico de la posición objetivo primera modificada de los dientes del sujeto. Después, el técnico crea un alineador por termoformación de un revestimiento de polímero sobre este modelo físico.

40 En algunas variaciones, puede generarse inmediatamente una posición objetivo segunda modificada (por ejemplo, una segunda configuración objetivo intermedia) a partir de la cual puede producirse un segundo alineador. El técnico observa la imagen digital de la posición primera modificada con el software y, utilizando su juicio y experiencia, ajusta manualmente la posición primera modificada a una posición segunda modificada, tal como se ha descrito anteriormente. A continuación, se utiliza una fresadora por control numérico por ordenador (CNC) para realizar una serie de orificios, correspondientes a las posiciones de raíz objetivo "segundas modificadas", en una placa de  
45 montaje. El técnico inserta los dientes modelo en los nuevos orificios de la placa de montaje, y se moldea un segundo alineador en el modelo físico.

Típicamente, pueden fabricarse dos alineadores a la vez, lo que abarca seis semanas de tratamiento, y se proporcionan a la dirección del sujeto, o al profesional para proporcionarlos al sujeto para que los lleve 1070. Estos alineadores pueden utilizarse, por ejemplo, durante 21 días. A un profesional se le envían a la vez dos conjuntos de  
50 alineadores. El tiempo durante el cual el sujeto lleva estos dos conjuntos de alineadores, 42 días (~ 6 semanas) se denomina "período de tratamiento". Después de que se proporcionen dos conjuntos de alineadores al profesional, el profesional recibe un mensaje preguntando si el profesional desea realizar ajustes al tratamiento, consultar con el técnico, o hacer que el técnico diseñe y fabrique dos alineadores más.

55 A medida que avanzan las etapas del tratamiento, el profesional puede ver las posiciones de los dientes recién modificadas y proporciona retroalimentación e información al técnico, variando la trayectoria de tratamiento (por ejemplo, el curso del tratamiento) a medida que el sujeto progresa de alineador a alineador. Pueden crearse alineadores posteriores repitiendo este proceso, con aportes y modificaciones continuas por parte del profesional a  
60 medida que avanza el tratamiento.

El profesional tiene la capacidad de realizar ajustes en los siguientes dos conjuntos de alineadores durante aproximadamente cuatro semanas después del inicio de cada período de tratamiento (dejando dos semanas durante

las cuales pueden fabricarse los siguientes dos conjuntos de alineadores). Este proceso interactivo asegura que cada par de alineadores puede proporcionar un reposicionamiento en base al estado actual de los dientes del sujeto, según lo examine el médico.

5 Tal como se describe aquí, el movimiento real del arco dental (dientes) puede retroalimentarse en el tratamiento. Por ejemplo, la posición de los dientes después de que el sujeto haya llevado uno o más alineadores puede utilizarse para planificar las próximas (o siguientes) etapas de tratamiento. En algunas variaciones, el profesional proporciona información sobre la configuración de los dientes del sujeto después de que el sujeto ha llevado uno o más alineadores dentales al técnico (fabricante) 1080. El fabricante (o el profesional) puede determinar el cambio de la  
10 posición de los dientes individuales 1090, y puede ajustar la siguiente configuración objetivo 1050 como corresponda. Si se demuestra que uno o más dientes son particularmente resistentes al movimiento, el profesional puede aumentar la cantidad de fuerza aplicada a ese diente por el (los) siguiente(s) alineador(es) o puede cambiar la forma en que el alineador mueve el diente. En algunas variaciones, la posición real de los dientes del sujeto después de utilizar el alineador más reciente puede servir como punto de partida real para determinar la siguiente  
15 configuración del objetivo, en lugar de utilizar la configuración objetivo deseada previamente determinada, tal como se ha descrito anteriormente.

En este ejemplo, al profesional se le envían dos juegos de alineadores a la vez, con el embalaje diseñado para permitir al clínico seleccionar el conjunto adecuado que se le entrega al sujeto sin necesidad de colocar marcas o  
20 instrucciones en los alineadores. Por ejemplo, cada conjunto se empaqueta individualmente y los paquetes se apilan uno encima del otro, de modo que primero debe retirarse el conjunto superior, dejando el conjunto inferior intacto y unido al paquete, para utilizarlo durante la segunda mitad del periodo de tratamiento. El fabricante puede continuar fabricando y suministrando alineadores hasta que el médico les informe que el tratamiento se ha completado.

25 En algunas variaciones de los alineadores, pueden utilizarse unos botones junto con el tratamiento. Los botones son pequeñas estructuras que están unidas físicamente a los dientes de un sujeto. Los alineadores pueden fabricarse de manera que incluyan "ventanas", es decir, orificios a través de los cuales sobresalen estos botones. Cuando los alineadores con ventanas se ajustan a los dientes con botones, los alineadores pueden ejercer fuerzas adicionales o diferentes sobre los dientes seleccionados, lo que permite un movimiento dental más agresivo o más especializado.  
30 El médico puede indicar si el sujeto necesita botones y, de ser así, la prescripción indica dónde deben colocarse los botones. En función de esta prescripción, el fabricante crea una plantilla, que el profesional utiliza para unir, es decir, pegar, los botones a los dientes del sujeto.

De este modo, en el ejemplo que se ha dado anteriormente, las posiciones objetivo intermedias de los dientes de un  
35 sujeto se determinan utilizando el juicio y la experiencia de un técnico, y no están determinadas por ningún algoritmo o fórmula matemática. Sin embargo, debe quedar claro que, al formar las posiciones objetivo intermedias, el técnico puede ser guiado o asistido por un software que ayude a modelar el movimiento de los dientes (por ejemplo, reflejando una interacción realista entre los dientes y la dificultad para moverse en ciertas direcciones, etc.).

40 Aunque se han ilustrado realizaciones específicas de la presente invención en los dibujos que se acompañan y se han explicado en la descripción detallada anterior, se entenderá que la invención no está limitada a las realizaciones particulares descritas aquí, sino que es susceptible de numerosos reajustes, modificaciones, y sustituciones sin apartarse del alcance de la invención. Las siguientes reivindicaciones pretenden abarcar todas estas modificaciones.

45 Todas las referencias que se dan aquí se incorporan por referencia en su totalidad para todos los fines razonables, y sus descripciones pretenden ser consideradas como parte de toda la divulgación.

Aunque se han ilustrado realizaciones específicas de la presente invención en los dibujos que se acompañan y se han explicado en la descripción detallada anterior, se entenderá que la invención no está limitada a las realizaciones  
50 particulares descritas aquí, sino que es susceptible de numerosos reajustes, modificaciones, y sustituciones sin apartarse del alcance de la invención. Las siguientes reivindicaciones pretenden abarcar todas estas modificaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para fabricar un alineador dental para un sujeto, que comprende:  
 5 determinar (110) una configuración inicial de los dientes del sujeto; determinar una configuración objetivo (120) de los dientes del sujeto a partir de la configuración inicial; y producir un modelo físico del arco dental que tiene modelos dentales físicos dispuestos en la configuración objetivo (120);  
 10 caracterizado por el hecho de que los dientes en la configuración objetivo se mueven desde la configuración inicial bajo la restricción de no movimiento en por lo menos un grado de libertad y los tipos de movimiento se ponderan, mediante un software, de manera diferente de acuerdo con su dificultad, en el que las trayectorias de movimiento de los dientes se calculan utilizando las ponderaciones; y fabricar el alineador dental para esas trayectorias.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la configuración inicial refleja la configuración actual de los dientes en el arco dental del sujeto.
- 15 3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de determinar una configuración objetivo comprende determinar manualmente una configuración objetivo.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de determinar una configuración objetivo comprende, además, utilizar un dispositivo de análisis que comprende una lógica de restricción que indica  
 20 restricciones en el movimiento de los dientes.
5. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el grado de libertad se selecciona del grupo de: la dirección x, la dirección y, la dirección z, la dirección polar, la dirección acimutal, y la dirección de auto-rotación.
- 25 6. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la restricción de no movimiento no comprende ningún movimiento de traslación de los dientes en la dirección x, la dirección y, o la dirección z, o no rotaciones de los dientes alrededor de las raíces del diente en la dirección polar, la dirección azimutal, o la dirección de auto-rotación.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:  
 30 formar al vacío el alineador dental utilizando una lámina de material para la fabricación de alineadores sobre el modelo dental físico del arco dental.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de producir un modelo físico del arco dental comprende producir una base dental que tiene elementos de recepción en el que los elementos de recepción están  
 35 configurados para acoplarse a los modelos dentales físicos para producir un modelo físico del arco dental que tiene modelos dentales físicos dispuestos una configuración objetivo.
9. Sistema de tratamiento dental para mover los dientes de un sujeto, que comprende: un dispositivo de almacenamiento configurado para almacenar una configuración inicial de los dientes del sujeto, una configuración  
 40 final (120) de los dientes del sujeto, una trayectoria de movimiento desde la configuración inicial hasta la configuración final para uno o más de los dientes del sujeto, y una configuración objetivo intermedia entre la configuración inicial y la configuración final a lo largo de la trayectoria del movimiento; una base dental (410) que tiene elementos de recepción correspondientes a la configuración objetivo para los dientes del sujeto; un modelo de arco físico que comprende modelos dentales físicos unidos a los elementos de recepción en la base dental; y un  
 45 alineador dental producido utilizando el modelo de arco físico, configurado para mover los dientes del sujeto hacia la configuración objetivo; caracterizado por el hecho de que el sistema está configurado para restringir el movimiento de los dientes desde la configuración inicial hasta la configuración final a no movimiento en por lo menos un grado de libertad y para ponderar, mediante un software, los tipos de movimientos de manera diferente de acuerdo con su dificultad, en el que el sistema está adaptado, además, para calcular las trayectorias de movimiento de los dientes  
 50 utilizando las ponderaciones.
10. Sistema de tratamiento dental de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el dispositivo de almacenamiento comprende un ordenador.
- 55 11. Sistema de tratamiento dental de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el ordenador está configurado para controlar la fabricación de elementos de recepción en la base dental (410) en posiciones en respuesta a la configuración objetivo para los dientes del sujeto.

Fig. 1A

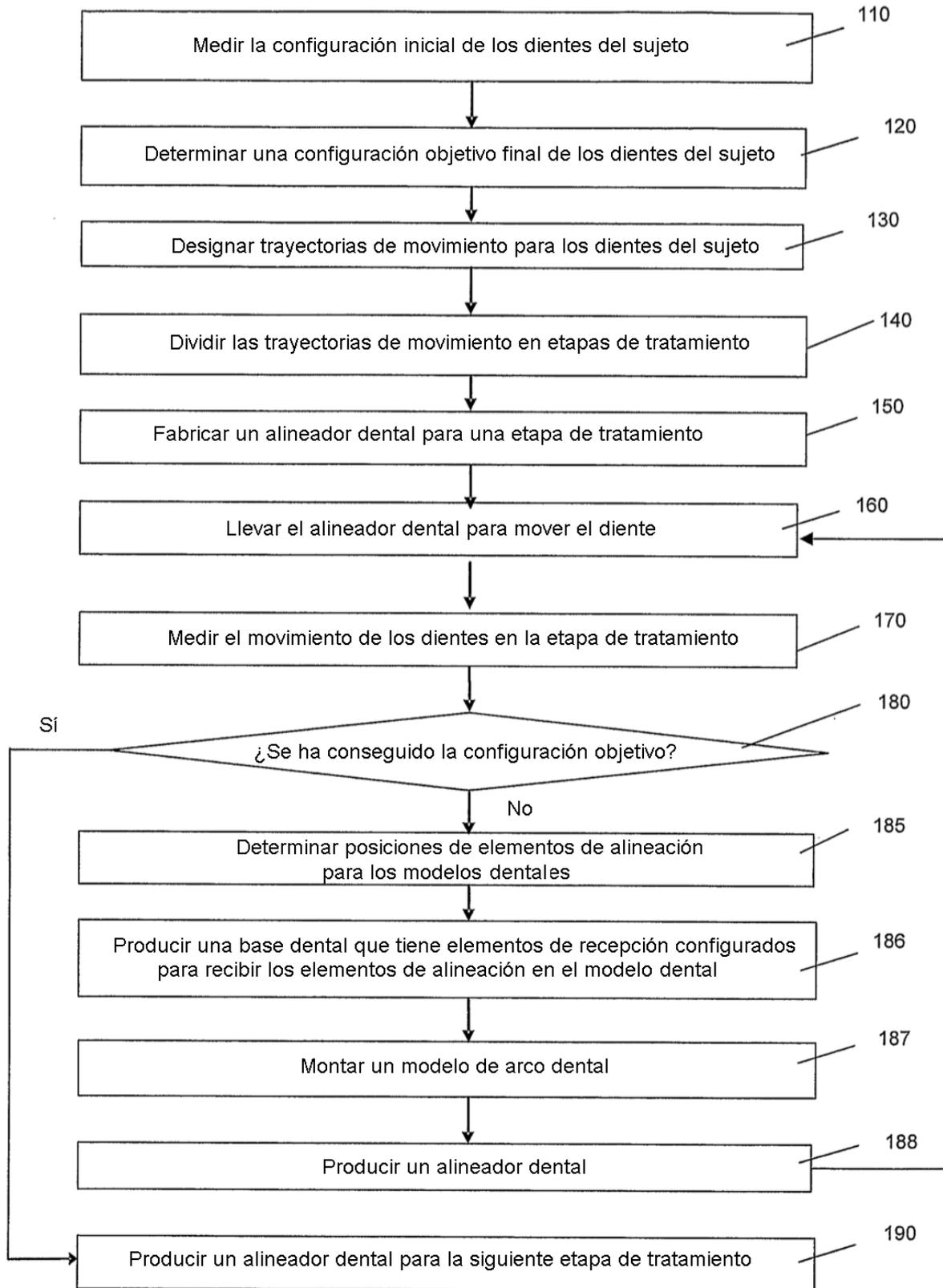


Fig. 1B

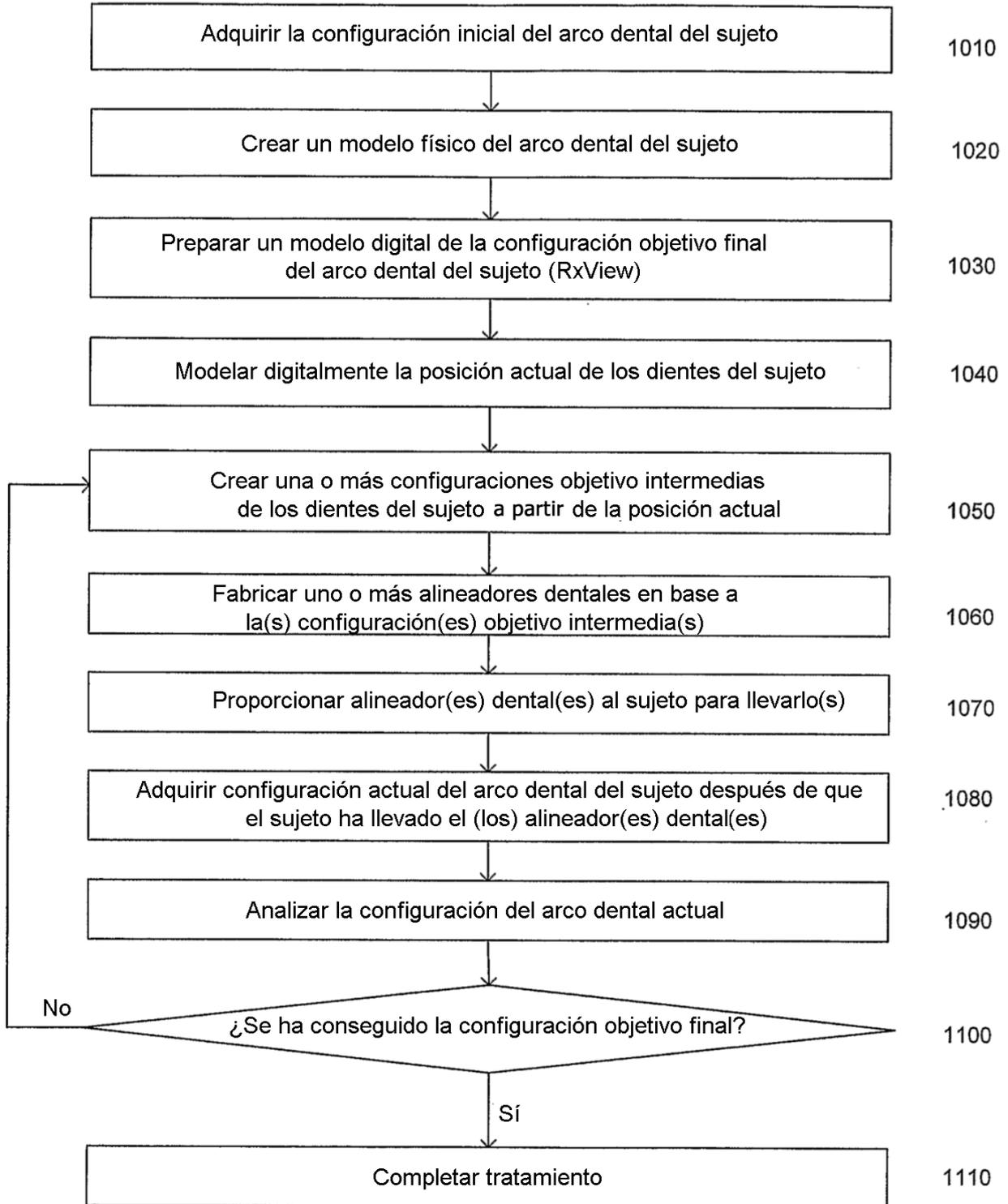


Fig. 2

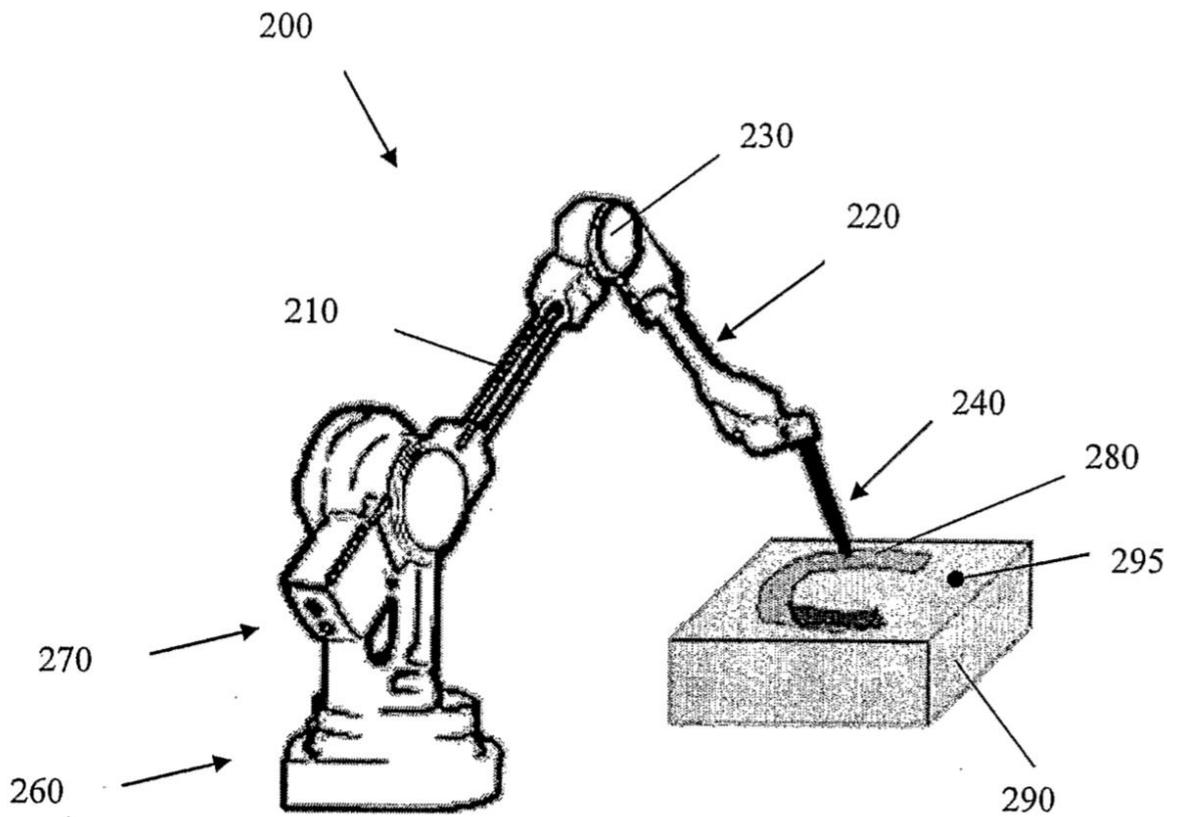


Fig. 3A

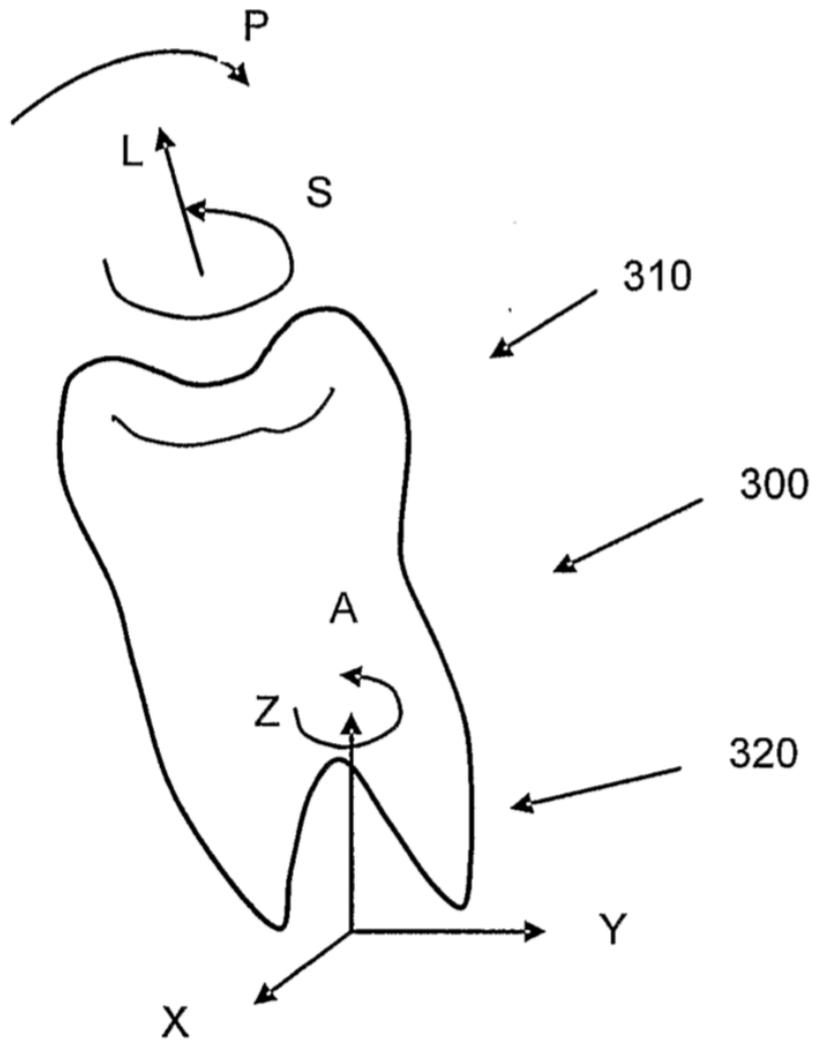


Fig. 3B

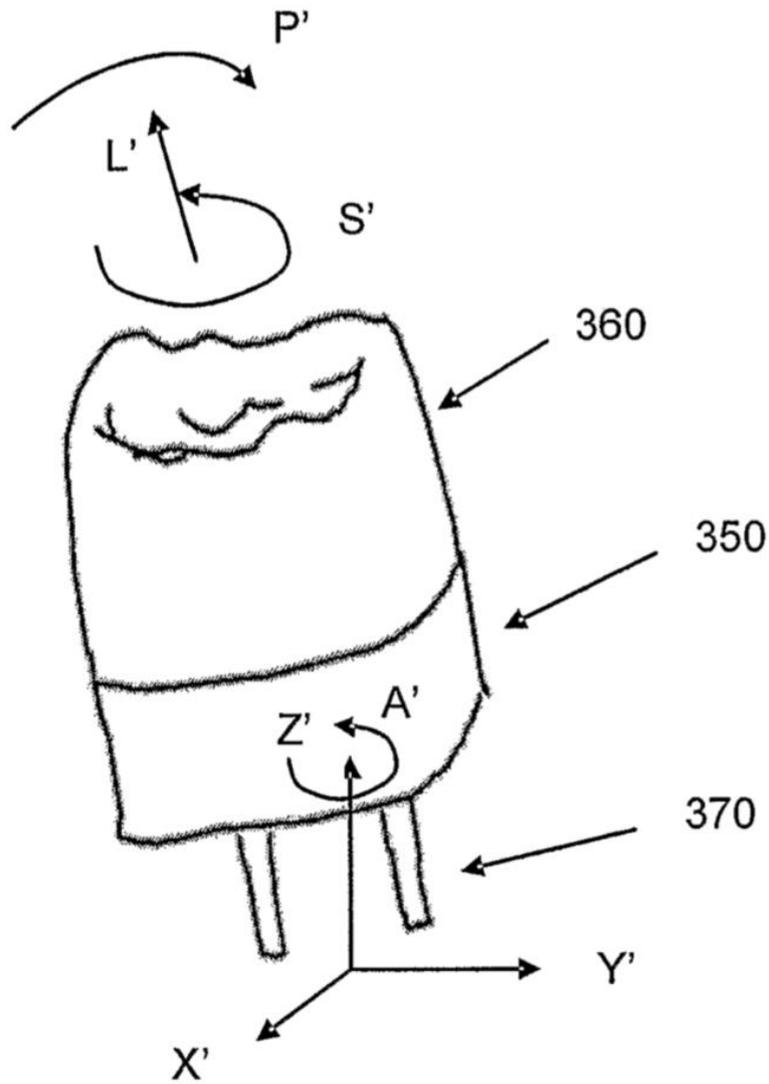


Fig. 3C

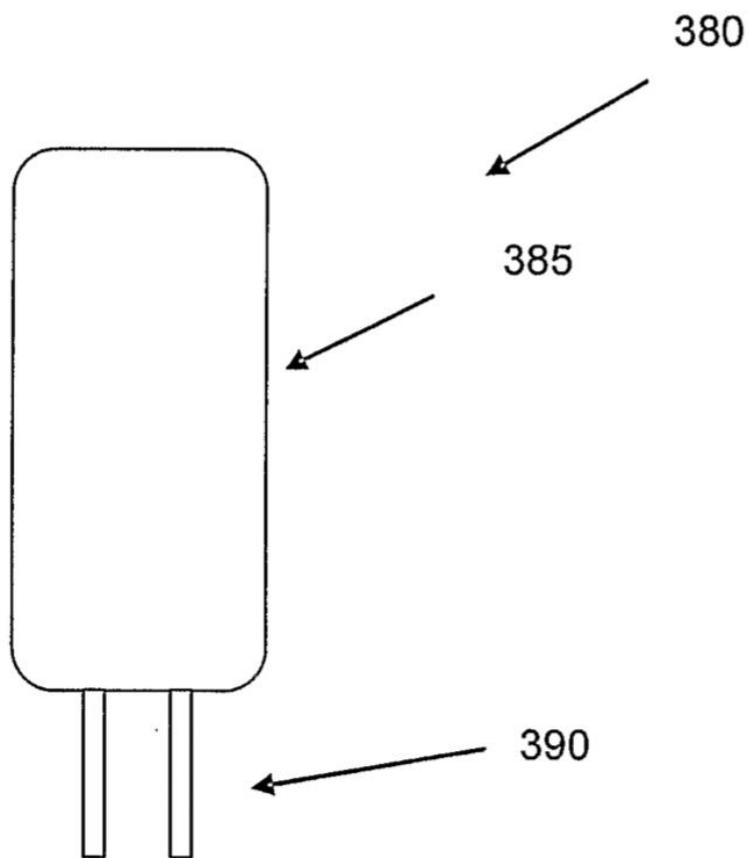


Fig. 4

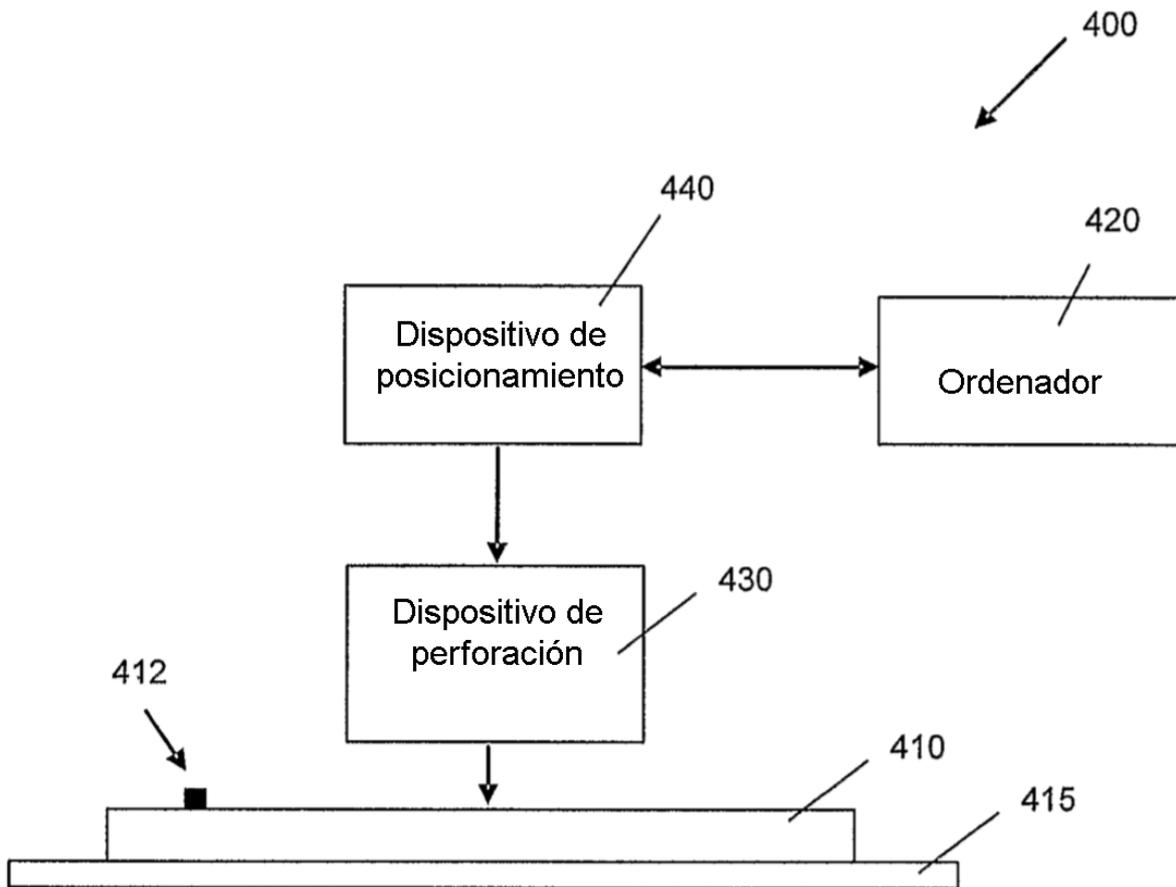


Fig. 5

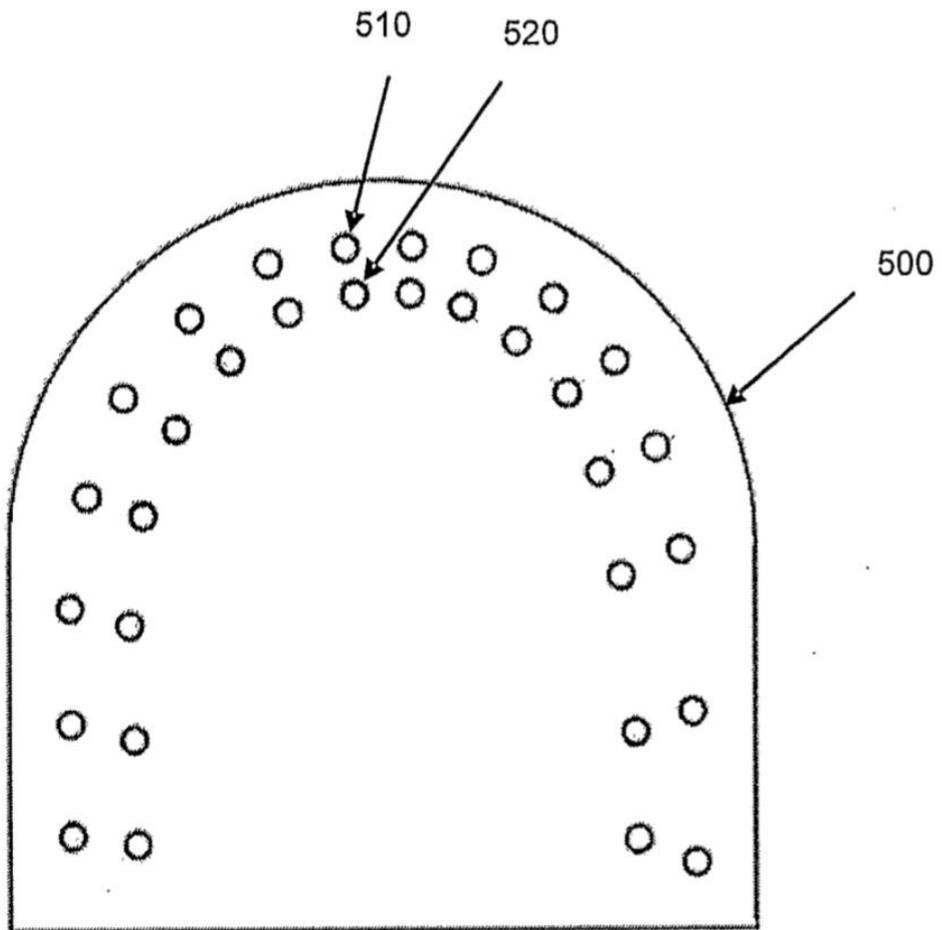


Fig. 6

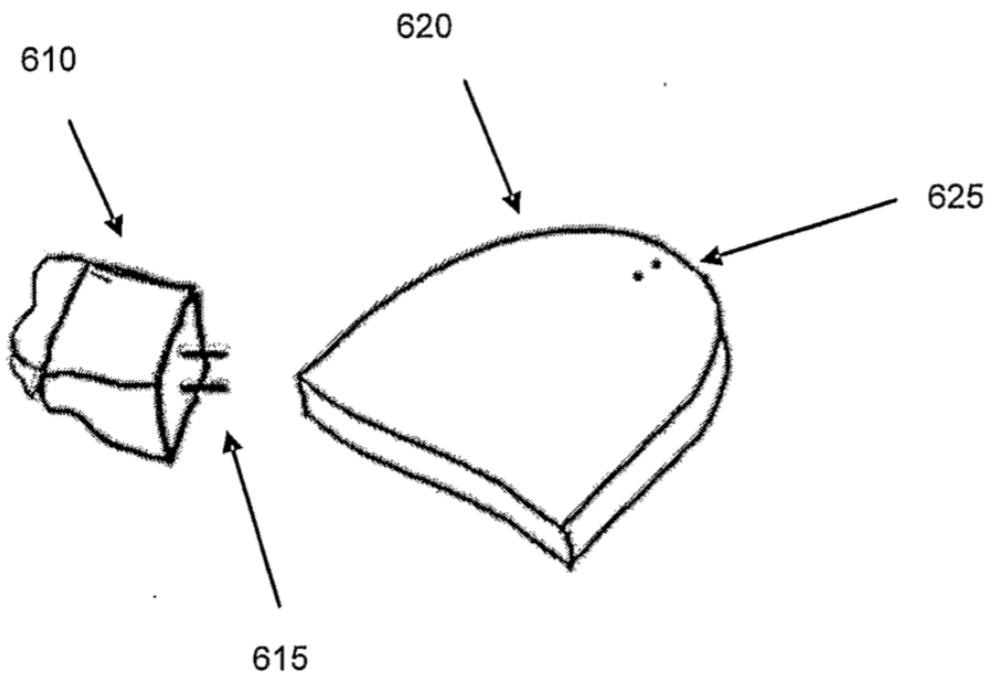


Fig. 7

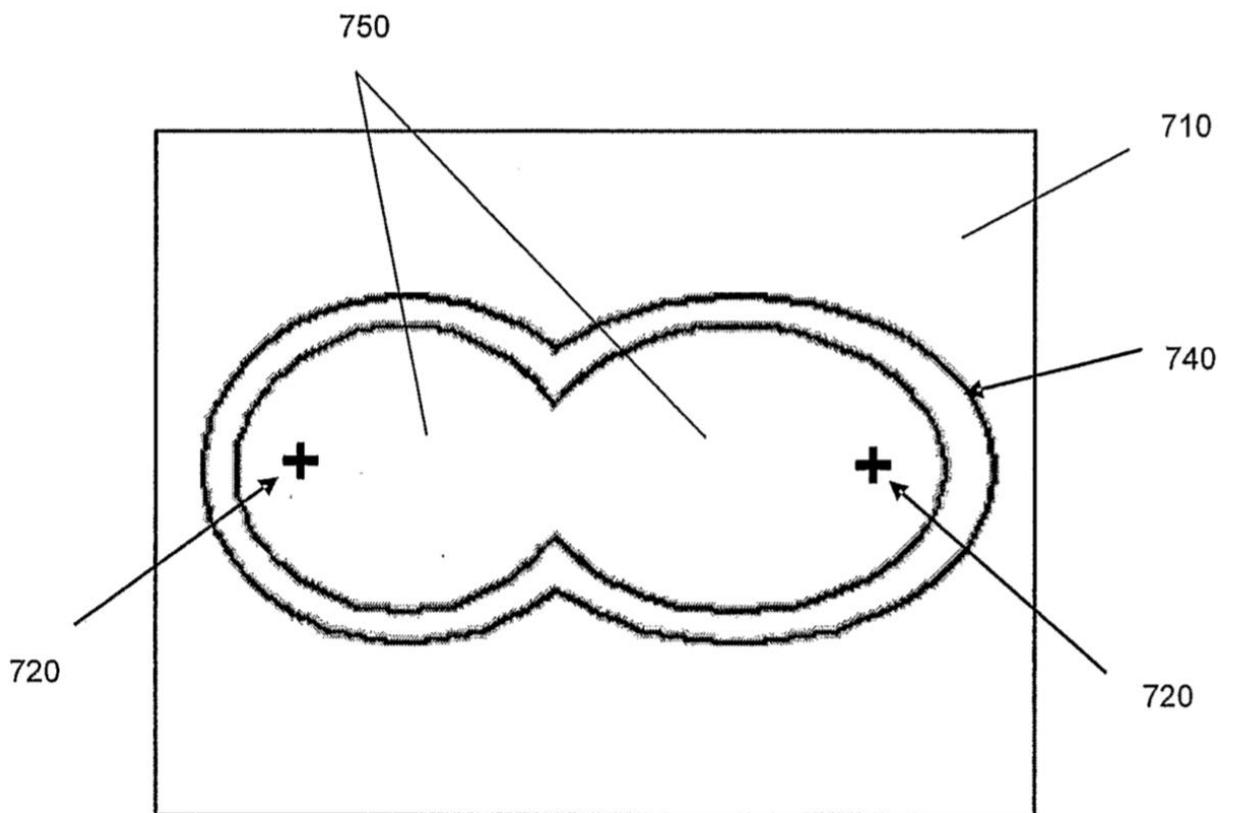


Fig. 8

