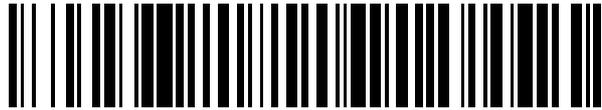


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 181**

51 Int. Cl.:

A61C 7/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2016 PCT/US2016/041383**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2017 WO17007962**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2016 E 16739002 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3319542**

54 Título: **Fabricación de plantillas de ataches dentales y alineadores de múltiples materiales**

30 Prioridad:

07.07.2015 US 201562189259 P

07.07.2015 US 201562189282 P

05.07.2016 US 201615202348

05.07.2016 US 201615202342

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

26.03.2021

73 Titular/es:

ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)

2820 Orchard Parkway

San Jose, CA 95134, US

72 Inventor/es:

BORONKAY, ALLEN;

CHENG, JIHUA;

WU, FUMING;

CHEN, YAN y

MORTON, JOHN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 814 181 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

Fabricación de plantillas de ataches dentales y alineadores de múltiples materiales

Antecedentes

5 Por lo general, los procedimientos ortodóncicos de años anteriores suponían la recolocación de los dientes del paciente hasta conseguir la disposición deseada para corregir las maloclusiones y/o mejorar el aspecto estético. Para conseguir estos objetivos, un ortodoncista puede aplicar en los dientes del paciente dispositivos ortodóncicos como aparatos, retenedores, alineadores de funda y similares. El dispositivo puede estar configurado para ejercer fuerza sobre uno o más dientes y, así, lograr los movimientos deseados en los dientes. El médico puede ajustar periódicamente esta aplicación de fuerza (por ejemplo, modificando el dispositivo o utilizando diversos tipos de dispositivos) para recolocar gradualmente los dientes hasta conseguir la disposición deseada.

Los ataches también se pueden colocar sobre los dientes para tratamientos dentales y ortodóncicos y, así, ayudar a recolocar los dientes del paciente.

15 Los procedimientos y aparatos de ortodoncia precedentes para mover los dientes pueden ser menos idóneos en algunos casos, al menos. Por ejemplo, es posible que los enfoques ortodóncicos precedentes que emplean un dispositivo con propiedades materiales homogéneas y/o continuas no mantengan un control suficiente de las fuerzas aplicadas en los dientes. Por ejemplo, los dispositivos precedentes fabricados a partir de un solo material pueden controlar de manera menos idónea las fuerzas aplicadas en los subconjuntos de dientes. En algunos casos, los dispositivos ortodóncicos relativamente rígidos pueden requerir tolerancias de fabricación más estrictas de lo que sería lo ideal y estas tolerancias de fabricación pueden afectar de manera poco deseable en las fuerzas aplicadas en, al menos, algunos casos. Así mismo, en al menos algunos ejemplos, el dispositivo puede deformarse en ubicaciones alejadas de los dientes que deben moverse, de modo que la precisión del movimiento de los dientes puede ser menor que la esperada.

25 Aunque las plantillas de ataches se sugieren para instalar ataches sobre los dientes, los procedimientos y aparatos precedentes pueden, de alguna manera, ser más difíciles de utilizar de lo que sería lo idóneo. Así mismo, la precisión de las plantillas de ataches precedentes puede ser menor que la esperada. Los procedimientos de fabricación de las plantillas de alineación anteriores pueden ser, de alguna manera, más lentos y caros de lo que se desearía.

El documento 2007/087302 A1 desvela un procedimiento de fabricación de un dispositivo para la unión indirecta de brackets de ortodoncia, en el que el dispositivo se fabrica utilizando una máquina de prototipado rápido.

30 En vista de lo anterior, se necesitan dispositivos de ortodoncia mejorados. Lo ideal sería que estos dispositivos facilitasen un movimiento dental más preciso con un control optimizado de las fuerzas aplicadas en los dientes, una cantidad más constante de fuerza aplicada sobre los dientes durante el tratamiento y con menor sensibilidad frente a las tolerancias de fabricación.

Sumario

35 La presente invención pertenece a un procedimiento de fabricación de un dispositivo como el definido en la reivindicación 1. Las demás realizaciones se definen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

40 En el presente documento, se proporcionan los sistemas, procedimientos y aparatos mejorados para recolocar los dientes de un paciente. Un dispositivo ortodóncico de recolocación de dientes comprende propiedades heterogéneas para mejorar el control de las fuerzas y/o la aplicación del par en los diferentes subconjuntos de dientes. Por ejemplo, las diferentes porciones de un dispositivo pueden comprender distintas composiciones materiales para, así, producir diferentes rigideces localizadas. Estas distintas rigideces localizadas se pueden utilizar para ejercer fuerzas y/o pares localizados que se adaptan a los dientes subyacentes particulares. En algunas realizaciones, el dispositivo comprende una funda externa rígida que ejerce la fuerza y/o par y una estructura interna adaptable que se encaja en la superficie del diente para mejorar la distribución de la fuerza y/o par sobre el diente. Ventajosamente, el uso de una estructura interna adaptable acoplada a una funda externa rígida puede reducir las fluctuaciones en la cantidad de fuerza o par aplicado, lo que puede mejorar la precisión y fiabilidad del dispositivo. Como alternativa o en combinación, los enfoques descritos en el presente documento para el diseño y la fabricación del dispositivo permiten identificar las correspondencias espaciales entre las porciones de la funda de un dispositivo y las porciones de una lámina de material, utilizada para formar la funda, que pueden mejorar la precisión de fabricación de dispositivos con diferentes propiedades localizadas para optimizar el control de la fuerza y/o par aplicado en los dientes.

50 En un primer aspecto, un dispositivo ortodóncico para recolocar los dientes de un paciente de conformidad con un programa de tratamiento comprende una funda externa, que comprende una pluralidad de cavidades conformadas para recibir los dientes del paciente y ejercer una o más de una fuerza o un par cuando el paciente lleve puesto el dispositivo en los dientes. El dispositivo ortodóncico puede comprender una estructura interna con una rigidez diferente a la rigidez de la funda externa. La estructura interna puede colocarse sobre una superficie interna de la funda externa para distribuir dicha una o más de una fuerza o un par en, al menos, un diente recibido.

En otro aspecto, un procedimiento de diseño de un dispositivo ortodóncico para recolocar los dientes de un paciente, de conformidad con un programa de tratamiento, comprende recibir una representación en 3D de una funda que comprende una pluralidad de cavidades conformadas para recibir los dientes del paciente. La funda puede comprender una pluralidad de porciones de funda, ubicadas, cada una, para encajar en un subconjunto distinto de los dientes del paciente. El procedimiento puede comprender, además, generar una representación en 2D correspondiente a la representación en 3D de la funda. La representación en 2D puede representar una lámina de material que utilizará para formar la funda. La lámina de material puede comprender una pluralidad de porciones de lámina correspondientes a la pluralidad de porciones de funda.

Los procedimientos y dispositivos desvelados en el presente documento también facilitan una mejor colocación de los ataches sobre los dientes. Los dispositivos pueden fabricarse directamente, de modo que los dispositivos se puedan fabricar de forma económicamente eficiente. En muchas realizaciones, el dispositivo comprende un soporte que comprende una o más estructuras de acoplamiento para sujetar dicho uno o más ataches. Una estructura de alineación está acoplada al soporte para recibir, al menos, una porción de un diente y colocar dicho uno o más ataches en una o más ubicaciones predeterminadas sobre dicho uno o más dientes. Dicha una o más estructuras de acoplamiento están configuradas para liberar el atache al retirar la estructura de alineación de dicho uno o más dientes. En algunas realizaciones, un atache se puede fabricar directamente con un adhesivo y una cobertura retirable puede fabricarse directamente sobre el adhesivo.

Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden fabricarse y configurarse directamente de muchas maneras para poder quitarlas de los dientes. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden estar dimensionadas y conformadas para sujetar el atache. Dicha una o más estructuras de acoplamiento están dimensionadas y conformadas para sujetar el atache, con un hueco que se extiende entre el soporte y el atache. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden comprender una o más extensiones que se extienden entre el soporte y el atache. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden comprender una pluralidad de extensiones que se extienden entre el soporte y el atache. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden comprender un separador dimensionado y conformado para separar el atache del soporte. Dicha una o más estructuras de acoplamiento comprenden un rebaje formado en el soporte, estando el rebaje dimensionado y conformado para separar el atache del soporte.

Aunque el dispositivo se puede fabricar de varias maneras, en muchas realizaciones, el dispositivo se fabrica en función de los datos de escaneo tridimensional de la boca de un paciente. Se pueden recibir estos datos de escaneo tridimensional de la boca de un paciente. Se determina un perfil de la forma tridimensional de un soporte en función de los datos de escaneo tridimensional y se determina un perfil de forma tridimensional en función de los datos de escaneo.

Un perfil de forma tridimensional de dicha una o más estructuras de acoplamiento se puede determinar en función de los datos de escaneo tridimensional para liberar el atache retirando la estructura de alineación de dicho uno o más dientes.

Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas de la invención se exponen, en particular, en las reivindicaciones adjuntas. Las características y ventajas de la presente invención se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada y a los dibujos anexos, en los que:

- La **figura 1A** ilustra un dispositivo de recolocación de dientes, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 1B** ilustra un sistema de recolocación de dientes, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 2** ilustra un procedimiento de tratamiento ortodóncico mediante el uso de una pluralidad de dispositivos, de conformidad con las realizaciones;
- las **figuras 3A** y **3B** ilustran una porción de un dispositivo ortodóncico que incluye una funda externa rígida y una estructura interna adaptable, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 3C** ilustra una porción de un dispositivo ortodóncico tricapa, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 4A** ilustra una sección transversal de un dispositivo ortodóncico tricapa con una capa externa rígida y una capa interna adaptable, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 4B** ilustra una sección transversal de un dispositivo ortodóncico que tiene una capa interna adaptable con una porción engrosada, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 4C** ilustra una sección transversal de un dispositivo ortodóncico que incluye una protuberancia en la capa externa rígida, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 4D** ilustra un sistema de tratamiento que incluye una pluralidad de fundas externas rígidas y una sola funda interna adaptable, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 5A** ilustra un dispositivo con una pluralidad de estructuras de almohadilla diferenciadas, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 5B** ilustra un dispositivo con una pluralidad de estructuras de conexión diferenciadas, de conformidad con las realizaciones;
- la **figura 5C** ilustra un dispositivo con una pluralidad de estructuras hinchables diferenciadas, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 5D** ilustra una curva de desplazamiento de la carga de ejemplo de un dispositivo, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 5E** ilustra un dispositivo con una pluralidad de estructuras de almohadilla diferenciadas, de conformidad con las realizaciones;

5 la **figura 5F** ilustra un dispositivo con una pluralidad de estructuras de almohadilla conectadas, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 5G** ilustra un dispositivo con una pluralidad de estructuras de almohadilla diferenciadas, de conformidad con las realizaciones;

10 la **figura 5H** ilustra un dispositivo con una pluralidad de estructuras de almohadilla diferenciadas, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 6A** ilustra un dispositivo que incluye una estructura interna que encaja en el atache montado en el diente, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 6B** ilustra un dispositivo que incluye un atache adaptable montado en el diente, de conformidad con las realizaciones;

15 la **figura 6C** ilustra una estructura adaptable montada en el atache con una capa protectora, de conformidad con las realizaciones;

las **figuras 7A, 7B y 7C** ilustran esquemáticamente la aplicación de fuerzas independientes sobre los dientes, de conformidad con las realizaciones;

20 la **figura 8A** ilustra correspondencias espaciales entre los dientes de un paciente, un dispositivo ortodóncico y una lámina de material, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 8B** ilustra una lámina de material para formar un dispositivo, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 8C** ilustra una sección transversal de la lámina de material de la figura 8B, de conformidad con las realizaciones;

25 la **figura 8D** ilustra una sección transversal de la lámina de material de la figura 8B, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 9** ilustra un procedimiento para diseñar y fabricar un dispositivo ortodóncico, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 10A** ilustra un procedimiento de fabricación por adición para fabricar un dispositivo, de conformidad con las realizaciones;

30 la **figura 10B** ilustra un procedimiento de fabricación por sustracción para fabricar un dispositivo, de conformidad con las realizaciones;

las **figuras 11A y 11B** ilustran la fabricación de una lámina de material a partir de una pluralidad de capas de material que se solapan, de conformidad con las realizaciones;

35 de la **figura 12A** y a la **12C** se ilustra la fabricación de una lámina de material a partir de una pluralidad de secciones de material que no se solapan, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 13** ilustra un procedimiento para ordenar digitalmente un tratamiento ortodóncico, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 14** es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de procesamiento de datos, de conformidad con las realizaciones;

40 la **figura 15** ilustra un procedimiento para diseñar un dispositivo ortodóncico, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 16** ilustra un procedimiento para diseñar un dispositivo ortodóncico, de conformidad con las realizaciones;

la **figura 17A** ilustra una plantilla de ataches fabricada directamente, de conformidad con las realizaciones; y

la **figura 17B** ilustra una vista detallada de un receptáculo de una plantilla de ataches, tal como se ilustra en la **figura 17A**.

45 **Descripción detallada**

En el presente documento, se proporcionan los sistemas, procedimientos y aparatos de un tratamiento ortodóncico mejorado para los dientes de un paciente. En algunas realizaciones, la presente divulgación proporciona dispositivos ortodóncicos mejorados que tienen diferentes porciones con propiedades distintas. El uso de dispositivos con diferentes propiedades localizadas, como se ha descrito en el presente documento, puede mejorar el control de la

50 aplicación de fuerzas y/o pares en diferentes subconjuntos de dientes, optimizando así la previsibilidad y efectividad del tratamiento ortodóncico. Por ejemplo, un dispositivo ortodóncico puede incluir porciones con rigideces diferentes (por ejemplo, una porción relativamente rígida y una porción relativamente adaptable) para aplicar de forma más uniforme la fuerza y/o par, incluso cuando las tolerancias de fabricación del dispositivo sean relativamente escasas. Además, los procedimientos de diseño y fabricación del dispositivo descrito en el presente documento pueden mejorar

55 la precisión y flexibilidad de producción de dispositivos con diferentes propiedades localizadas, permitiendo así la producción de dispositivos más complejos y personalizados.

En un aspecto, se proporciona un dispositivo ortodóncico para recolocar los dientes de un paciente de conformidad con un programa de tratamiento. El dispositivo puede comprender una funda externa, que comprende una pluralidad de cavidades conformadas para recibir los dientes del paciente y ejercer una o más de una fuerza o un par en función

60 de que el paciente lleve puesto el dispositivo en los dientes, y una estructura interna que tiene una rigidez diferente a la rigidez de la funda externa. La estructura interna puede colocarse sobre una superficie interna de la funda externa para distribuir dicha una o más de una fuerza o un par en, al menos, un diente recibido dentro de la pluralidad de cavidades.

5 En otro aspecto, se proporciona un dispositivo ortodóncico para recolocar los dientes de un paciente de conformidad con un programa de tratamiento. El dispositivo puede comprender una funda externa, que comprende una pluralidad de cavidades de recepción de dientes conformadas para ejercer una o más de una fuerza o un par sobre los dientes del paciente, y una estructura interna colocada sobre una superficie interna de la funda externa. La estructura interna puede comprender una rigidez distinta a la rigidez de la funda externa, de modo que la estructura interna está configurada para presentar una cantidad de deformación mayor que la cantidad de deformación que presenta la funda externa.

10 En algunas realizaciones, la rigidez de la estructura interna es inferior a la rigidez de la funda externa. La estructura interna puede estar configurada para presentar una primera configuración antes de colocar el dispositivo sobre los dientes del paciente y una segunda configuración tras colocar el dispositivo sobre los dientes del paciente. La primera configuración puede ser distinta de la segunda configuración con respecto a uno o más de: el perfil de grosor de la estructura interna, la forma en sección transversal de la estructura interna o un perfil de superficie interna de la estructura interna. La estructura interna puede estar configurada para presentar una cantidad de deformación mayor que la cantidad de deformación que presenta la funda externa cuando el paciente lleva puesto el dispositivo en los
15 dientes. La deformación de la estructura interna puede comprender uno o más de: un cambio en el perfil de grosor de la estructura interna, un cambio en la forma en sección transversal de la estructura interna o un cambio en el perfil de la superficie interna de la estructura interna. La funda externa no tiene por qué presentar sustancialmente deformación cuando el paciente lleve puesto el dispositivo en los dientes.

20 En algunas realizaciones, la estructura interna comprende un material comprimible. La estructura interna puede presentar un módulo elástico que oscile de aproximadamente 0,2 MPa a aproximadamente 20 MPa.

25 En algunas realizaciones, el perfil de superficie interna de la funda externa es diferente del perfil de superficie de dicho al menos un diente para ejercer dicha uno o más de una fuerza o un par cuando el paciente lleve puesto el dispositivo sobre los dientes. Por ejemplo, el perfil de superficie interna de la funda externa puede comprender una posición u orientación de una cavidad de recepción de dientes diferente a una posición u orientación del perfil de superficie de al menos un diente recibido dentro de la cavidad de recepción de dientes. El perfil de superficie interna de la funda externa puede comprender una protuberancia que se extiende hacia adentro, hacia dicho al menos un diente, y en el que la estructura interna se coloca entre la protuberancia y dicho al menos un diente.

30 En algunas realizaciones, la estructura interna comprende una capa interna continua colocada entre la funda externa y los dientes del paciente. La capa interna continua puede acoplarse de forma desmontable en la funda externa o fijarse de forma permanente a la funda externa. La capa interna continua puede comprender una primera porción de capa con un grosor mayor con respecto a una segunda porción de capa, y la primera porción de capa puede colocarse para encajar en dicho al menos un diente para distribuir uno o más de una fuerza o un par.

35 En algunas realizaciones, la estructura interna comprende una o más estructuras de almohadilla diferenciadas colocadas para encajar en dicho al menos un diente. Dicha una o más estructuras de almohadilla diferenciadas pueden encajar en dicho al menos un diente recibido por medio de uno o más ataches montados sobre dicho al menos un diente. Opcionalmente, la estructura interna puede comprender una pluralidad de estructuras de almohadilla diferenciadas, colocadas cada una para encajar en una porción diferente de dicho al menos un diente. Dicha una o más estructuras de almohadilla diferenciadas pueden ser sólidas. Como alternativa, dicha una o más estructuras de almohadilla diferenciadas pueden ser huecas. En algunas realizaciones, dicha una o más estructuras de almohadilla diferenciadas se llenan con un fluido mantenido opcionalmente a una presión sustancialmente constante.
40

En algunas realizaciones, la estructura interna está acoplada a la superficie interna de la funda externa. Como alternativa o en combinación, la estructura interna puede acoplarse a una superficie de un diente o a un atache montado sobre la superficie del diente.

45 En algunas realizaciones, el dispositivo comprende, además, una capa más externa acoplada a una superficie externa de la funda externa. La capa más externa puede tener una rigidez inferior o mayor que la rigidez de la funda externa. La capa más externa puede estar configurada para resistir la abrasión, desgaste, tinción o interacciones biológicas. La capa más externa puede tener una dureza mayor o igual a aproximadamente 70 Shore D.

50 En algunas realizaciones, el dispositivo comprende, además, una capa más interna acoplada a una superficie interna de la estructura interna. La capa más interna puede tener una rigidez inferior o mayor que la rigidez de la estructura interna. La capa más interna puede estar configurada para resistir la abrasión, desgaste, tinción o interacciones biológicas. La capa más interna puede tener una dureza mayor o igual a aproximadamente 70 Shore D.

En algunas realizaciones, la estructura interna comprende una superficie texturizada conformada para alejar la saliva de o hacia una superficie de dicho al menos un diente.

55 En algunas realizaciones, la estructura interna se forma mediante uno o más de: fresado, grabado, revestimiento, rociado, estereolitografía o impresión. Opcionalmente, la estructura interna se forma de manera integral como una única pieza con la funda externa mediante una técnica de fabricación directa. Las técnicas de fabricación directa pueden comprender una o más de: fotopolimerización VAT, rociado de material, rociado de aglutinante, extrusión de material, fusión de lecho de polvo, laminación o deposición de energía dirigida. La técnica de fabricación directa puede

comprender fabricación directa de múltiples materiales.

En otro aspecto, un procedimiento comprende proporcionar un dispositivo como en cualquiera de las realizaciones del presente documento.

5 En otro aspecto, se proporciona un procedimiento para diseñar un dispositivo ortodóncico para recolocar los dientes de un paciente de conformidad con un programa de tratamiento. El procedimiento puede comprender recibir una representación en 3D de una funda que comprende una pluralidad de cavidades conformadas para recibir los dientes del paciente, comprendiendo la funda una pluralidad de porciones de funda, colocadas cada una para encajar en un subconjunto distinto de los dientes del paciente. El procedimiento puede comprender generar una representación en 2D correspondiente a la representación en 3D de la funda, representando la representación en 2D una lámina de material que se utilizará para formar la funda. La lámina de material puede comprender una pluralidad de porciones de lámina correspondientes a la pluralidad de porciones de funda.

15 En algunas realizaciones, la representación en 2D se genera en función de una o más geometrías de cavidad de la pluralidad de cavidades, el procedimiento de fabricación que se utilizará para formar la funda, la temperatura de fabricación que se utilizará para formar la funda, uno o más materiales que se utilizarán para formar la funda, las propiedades materiales de dicho uno o más materiales que se utilizarán para formar la funda o el índice de tensión de dicho uno o más materiales que se utilizarán para formar la funda. La representación en 2D puede generarse transformando la representación en 3D, comprendiendo la transformación uno o más de expandir o aplanar la representación en 3D. La representación en 2D puede elaborarse simulando una deformación directa o inversa de la representación en 2D a la representación en 3D.

20 En algunas realizaciones, el procedimiento comprende, además, determinar la composición material de cada una de la pluralidad de porciones de lámina. Al menos algunas de la pluralidad de porciones de lámina pueden comprender distintas composiciones materiales. El procedimiento puede comprender, además, generar instrucciones para fabricar la lámina de material que comprende la pluralidad de porciones de lámina con las composiciones materiales determinadas y generar instrucciones para formar la funda a partir de la lámina de material fabricada. En algunas realizaciones, la funda interna incluye una superficie orientada hacia el diente y una superficie externa de la funda externa queda expuesta.

30 En algunas realizaciones, al menos algunas de la pluralidad de porciones de lámina diferentes tienen distintas geometrías. Al menos algunas de la pluralidad de porciones de lámina diferentes pueden tener rigideces distintas. El procedimiento puede comprender, además, determinar la rigidez deseada de cada una de la pluralidad de porciones de lámina y determinar la composición material de cada una de la pluralidad de porciones de lámina en función de la rigidez deseada. Las diferentes composiciones materiales pueden comprender uno o más de: diferentes números de capas, diferentes combinaciones de tipos de materiales o diferentes grosores de una capa de material.

35 En algunas realizaciones, la lámina de material fabricada comprende una capa externa y una capa interna con una rigidez menor que la rigidez de la capa externa, y la capa interna está colocada entre la capa externa y los dientes del paciente cuando el paciente lleva puesta la funda en los dientes. Las diferentes composiciones materiales pueden comprender distintos grosores de la capa interna. La capa externa puede estar configurada para ejercer, al menos, una fuerza o par cuando el paciente lleva puesta la lámina en los dientes y la capa interna puede estar configurada para distribuir dicha al menos una fuerza o par a al menos un diente recibido.

40 En algunas realizaciones, la fabricación de la lámina de material comprende proporcionar una capa de un primer material y añadir un segundo material a una o más porciones de la capa. Como alternativa o en combinación, la fabricación de la lámina de material puede comprender proporcionar una lámina que comprende una capa de un primer material y una capa de un segundo material, y eliminar dicha una o más porciones de la capa del segundo material. Opcionalmente, la fabricación de la lámina de material comprende acoplar una pluralidad de capas de material solapadas para formar una lámina de material multicapa. La fabricación de la lámina de material comprende acoplar una pluralidad de secciones de material que no se solapan para formar una única lámina de material unicapa. La fabricación de la lámina de material puede comprender acoplar una o más capas de soporte a la lámina de material unicapa.

En algunas realizaciones, la formación de la funda comprende termoformar la lámina de material fabricada sobre un molde, de modo que la pluralidad de porciones de lámina se transforme en la pluralidad de porciones de funda.

50 En otro aspecto, se proporciona un sistema para diseñar un dispositivo ortodóncico para recolocar los dientes de un paciente de conformidad con un programa de tratamiento. El sistema puede comprender uno o más procesadores y memoria. La memoria puede comprender instrucciones ejecutables por dicho uno o más procesadores para hacer que el sistema reciba una representación en 3D de una funda que comprende una pluralidad de cavidades conformadas para recibir los dientes del paciente, comprendiendo la funda una pluralidad de porciones de funda, colocadas cada una para encajar en un subconjunto distinto de los dientes del paciente. Las instrucciones pueden hacer que el sistema genere una representación en 2D correspondiente a la representación en 3D de la funda, representando la representación en 2D una lámina de material que se utilizará para formar la funda y comprendiendo la lámina de material una pluralidad de porciones de lámina correspondientes a la pluralidad de porciones de funda.

5 En otro aspecto, se proporciona un procedimiento para diseñar un dispositivo ortodóncico para recolocar los dientes de un paciente. El procedimiento puede comprender determinar una trayectoria de movimiento para mover dicho uno o más dientes desde una disposición inicial hasta una disposición objetivo y determinar un sistema de fuerzas para producir el movimiento de dicho uno o más dientes a lo largo de la trayectoria de movimiento. El procedimiento puede comprender determinar la geometría del dispositivo de un dispositivo ortodóncico configurado para producir el sistema de fuerzas. El dispositivo ortodóncico puede comprender una funda externa, que comprende una pluralidad de cavidades de recepción de dientes y una estructura interna colocada sobre una superficie interna de la funda externa, comprendiendo la estructura interna una rigidez distinta a la rigidez de la funda externa, de modo que la estructura interna está configurada para presentar una cantidad de deformación mayor que la cantidad de deformación que presenta la funda externa. El procedimiento puede comprender generar las instrucciones para fabricar el dispositivo ortodóncico con la geometría de dispositivo mediante el uso de una técnica de fabricación.

En algunas realizaciones, la técnica de fabricación es una técnica de fabricación directa.

15 En algunas realizaciones, la técnica de fabricación directa comprende una o más de: fotopolimerización VAT, rociado de material, rociado de aglutinante, extrusión de material, fusión de lecho de polvo, laminación o deposición de energía dirigida, y puede ser un procedimiento de fabricación directa continua, de fabricación directa de múltiples materiales u otro procedimiento de fabricación directa. Las instrucciones pueden estar configuradas para hacer que una máquina de fabricación forme la funda externa a la vez que la estructura interna.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende, además, determinar la composición material de una o más de la funda externa o de la estructura interna.

20 En otro aspecto, se proporciona un dispositivo para colocar los ataches sobre los dientes de un paciente. El dispositivo puede incluir un atache y un soporte. El soporte puede comprender una o más estructuras de acoplamiento para sujetar el atache. El dispositivo también puede incluir una o más estructuras de alineación acopladas al soporte para recibir al menos una porción de un diente y colocar el atache en una ubicación predeterminada sobre el diente. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden estar configuradas para liberar el atache al retirar la estructura de alineación del diente.

25 En algunas realizaciones, la estructura de alineación comprende al menos una porción de una cavidad de un alineador, dimensionada y conformada para recibir el diente, y el soporte comprende una porción de un alineador que se extiende desde la porción de la cavidad hasta un rebaje. El rebaje está conformado para recibir el atache y comprende una o más estructuras de acoplamiento para sujetar el atache, y en el que dicha al menos una porción de la cavidad del alineador y la porción del alineador que se extiende desde dicha al menos porción de la cavidad hasta el rebaje se han fabricado juntas directamente. Opcionalmente, dicha una o más estructuras de acoplamiento comprenden una o más extensiones que se extienden entre el soporte y el atache. Dicha una o más extensiones pueden absorber la luz infrarroja a una tasa mayor que la de la estructura de alineación.

35 En algunas realizaciones, el dispositivo incluye un adhesivo sobre el atache puede incluir, también, una cobertura sobre el adhesivo. La cobertura puede retirarse del adhesivo.

40 En otro aspecto, se proporciona un procedimiento para fabricar un dispositivo. El procedimiento puede incluir fabricar directamente un cuerpo alineador que incluye un soporte formado en una cavidad de recepción de dientes. La cavidad de recepción de dientes puede estar configurada para recibir un diente. El procedimiento también puede incluir fabricar directamente una o más estructuras de acoplamiento en el soporte y fabricar directamente un atache en la estructura de acoplamiento. El alineador puede estar configurado para alinear el atache en una ubicación predeterminada sobre un diente y dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden estar configuradas para liberar el atache retirando el cuerpo alineador del diente.

45 En algunas realizaciones, el soporte, el cuerpo alineador y dicha una o más estructuras de acoplamiento se fabrican directamente juntos. Opcionalmente, la estructura de alineación puede comprender, al menos, una porción de una cavidad de un alineador, dimensionada y conformada para recibir uno o más dientes, y el soporte puede comprender una porción de un alineador, que incluye un rebaje conformado para recibir el atache. El rebaje puede comprender dicha una o más estructuras de acoplamiento para sujetar el atache y el cuerpo alineador, dicha una o más estructuras de acoplamiento y el rebaje pueden fabricarse directamente juntos.

50 En algunas realizaciones, dicha una o más estructuras de acoplamiento están configuradas para romperse con la retirada de la estructura de alineación de dicho uno o más dientes. Opcionalmente, dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden estar dimensionadas y conformadas para sujetar el atache. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden estar dimensionadas y conformadas para sujetar el atache, con un hueco que se extiende entre el soporte y el atache.

55 En algunas realizaciones, dicha una o más estructuras de acoplamiento comprenden una o más extensiones que se extienden entre el soporte y el atache. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden incluir un separador dimensionado y conformado para separar el atache del soporte. Dicha una o más estructuras de acoplamiento pueden incluir un rebaje formado en el soporte, estando el rebaje dimensionado y conformado para separar el atache del soporte.

En algunas realizaciones, el procedimiento puede incluir la formación de una estructura adhesiva sobre el atache. Opcionalmente, el procedimiento puede incluir la formación de un adhesivo sobre dicho uno o más ataches, en el que el adhesivo, dicha una o más estructuras de acoplamiento, la estructura de alineación y dicha una o más estructuras de fijación se fabrican directamente juntas.

- 5 En algunas realizaciones, el procedimiento puede incluir la formación de una cobertura sobre el adhesivo, pudiendo la cobertura retirarse del adhesivo. La cobertura, el adhesivo, el soporte, dicha una o más estructuras de acoplamiento, la estructura de alineación y dicha una o más estructuras de fijación se pueden fabricar directamente en conjunto. Dicha una o más extensiones pueden formarse con un material que absorba la luz infrarroja a una tasa mayor que la tasa de absorción de infrarrojos del cuerpo alineador.
- 10 Como se utiliza en el presente documento, la conjunción "y/o" se utiliza como un conector funcional para indicar que dos palabras o expresiones se pueden interpretar en conjunto o de forma individual. Por ejemplo, A y/o B abarca solo A, solo B y A y B juntos.

15 Pasando ahora a los dibujos, en los que los números de referencia similares designan elementos similares en las diversas figuras, la **figura 1A** ilustra un dispositivo de recolocación de dientes o alineador 100 de ejemplo que puede llevar puesto un paciente para conseguir una recolocación gradual de dientes 102 específicos de la mandíbula. El dispositivo puede incluir una funda (por ejemplo, una funda polimérica continua o una funda segmentada) que presenta cavidades de recepción de dientes, que reciben y recolocan firmemente los dientes. En una realización, un dispositivo o porción(es) de este pueden fabricarse directamente utilizando un modelo físico de los dientes. Por ejemplo, un dispositivo (por ejemplo, dispositivo polimérico) se puede formar utilizando un modelo físico de los dientes y una lámina con las capas apropiadas de material polimérico. En algunas realizaciones, el dispositivo físico se fabrica directamente, por ejemplo, utilizando técnicas de fabricación directa, a partir de un modelo digital de un dispositivo. Un dispositivo se puede ajustar sobre todos los dientes presentes en el maxilar superior o inferior o sobre un número inferior a todos los dientes. El dispositivo puede estar diseñado específicamente para alojar los dientes del paciente (por ejemplo, la topografía de las cavidades de recepción de dientes coincide con la topografía de los dientes del paciente) y puede fabricarse según modelos positivos o negativos de los dientes del paciente elaborados mediante impresión, escaneo y otros. Como alternativa, el dispositivo puede ser un dispositivo genérico configurado para recibir los dientes, aunque no esté necesariamente conformado para coincidir con la topografía de los dientes del paciente. En algunos casos, solo determinados dientes recibidos en el dispositivo se recolocarán gracias al dispositivo, mientras que los otros dientes pueden servir de base o región de anclaje para sujetar el dispositivo en su sitio a medida que se aplica fuerza contra el diente o dientes objetivo para recolocarlos. En algunos casos, muchos o la mayoría, e incluso todos los dientes se recolocarán en algún momento durante el tratamiento. Los dientes que se mueven también pueden servir como base o anclaje para sujetar el dispositivo mientras lo lleva puesto el paciente. Normalmente, no se proporcionarán alambres u otros medios para sujetar el dispositivo en su sitio sobre los dientes. En algunos casos, sin embargo, puede ser deseable o necesario proporcionar ataches individuales u otros elementos de anclaje 104 sobre los dientes 102 con los receptáculos o aberturas 106 correspondientes en el dispositivo 100 para que el dispositivo pueda aplicar una fuerza seleccionada sobre cada diente. Los dispositivos de ejemplo, que incluyen aquellos utilizados con el sistema Invisalign®, se describen en varias patentes y solicitudes de patente atribuidas a Align Technology, Inc., incluyendo, por ejemplo, las patentes de Estados Unidos n.º 6.450.807 y 5.975.893, así como en la página web de la empresa, a la que se puede acceder en la World Wide Web (véase, por ejemplo, la URL "invisalign.com"). Los ejemplos de ataches montados en los dientes, adaptados para su uso con dispositivos ortodóncicos, también se describen en las patentes y solicitud de patente atribuidas a Align Technology, Inc., incluyendo, por ejemplo, las patentes de Estados Unidos n.º 6.309.215 y 6.830.450.

45 La **figura 1B** ilustra un sistema de recolocación de dientes 110 que incluye una pluralidad de dispositivos 112, 114, 116. Cualquiera de los dispositivos descritos en el presente documento puede diseñarse y/o proporcionarse como parte de un conjunto de una pluralidad de dispositivos utilizados en un sistema de recolocación de dientes. Cada dispositivo puede configurarse para que una cavidad de recepción de dientes tenga una geometría correspondiente a una disposición del diente intermedia o final prevista para el dispositivo. Los dientes del paciente se van colocando progresivamente desde su disposición dental inicial hasta una disposición dental objetivo mediante la colocación de un juego de dispositivos de ajuste de posición gradual sobre los dientes del paciente. Por ejemplo, el sistema de recolocación de dientes 110 puede incluir un primer dispositivo 112 correspondiente a una disposición dental inicial, uno o más dispositivos intermedios 114, correspondientes a una o más disposiciones intermedias, y un dispositivo final 116, correspondiente a una disposición objetivo. Una disposición dental objetivo puede ser una disposición dental final planeada, seleccionada para los dientes del paciente al final de todo el tratamiento ortodóncico programado. Como alternativa, una disposición objetivo puede ser una de muchas disposiciones intermedias de los dientes del paciente durante el transcurso del tratamiento ortodóncico, que pueden incluir distintas posibilidades de tratamiento, incluyendo, aunque no de forma limitativa, casos en los que se recomienda la cirugía, en los que se recomienda la reducción interproximal (RIP), en los que se programa la comprobación del progreso, en los que es mejor la colocación de anclajes, en los que es conveniente la expansión palatina, que conllevan odontología reconstituyente (por ejemplo, incrustaciones, recubrimientos, coronas, puentes, implantes, carillas y otros), etc. De esta manera, se entiende que una disposición dental objetivo puede ser cualquier disposición programada resultante de los dientes del paciente que va después de una o más fases de recolocación graduales. Del mismo modo, una disposición dental inicial puede ser cualquier disposición inicial de los dientes del paciente que va después de una o más fases de recolocación graduales.

La **figura 2** ilustra un procedimiento 200 de tratamiento ortodóncico mediante el uso de una pluralidad de dispositivos, de conformidad con muchas realizaciones. El procedimiento 200 puede ponerse en práctica utilizando cualquiera de los dispositivos o conjuntos de dispositivos descritos en el presente documento. En la etapa 210, un primer dispositivo ortodóncico se aplica en los dientes del paciente para recolocar los dientes desde una primera disposición dental hasta una segunda disposición dental. En la etapa 220, un segundo dispositivo ortodóncico se aplica en los dientes del paciente para recolocar los dientes desde la segunda disposición dental hasta una tercera disposición dental. El procedimiento 200 se puede repetir según sea necesario mediante el uso de cualquier número y combinación apropiada de dispositivos consecutivos, para así recolocar gradualmente los dientes del paciente desde una disposición inicial hasta una disposición objetivo. Los dispositivos se pueden elaborar todos en la misma fase o en grupos o lotes (por ejemplo, al comienzo de una fase del tratamiento) o uno a uno, y el paciente puede llevar cada dispositivo hasta que no se pueda sentir la presión de cada dispositivo sobre los dientes o hasta que se haya conseguido la cantidad máxima de movimiento dental manifestada en dicha fase determinada. Puede diseñarse e incluso fabricarse una pluralidad de distintos dispositivos (por ejemplo, un conjunto) antes de que el paciente lleve puesto cualquier dispositivo de la pluralidad. Después de llevar puesto el dispositivo durante un período de tiempo apropiado, el paciente puede sustituir el dispositivo que está utilizando por el siguiente dispositivo del juego hasta que no queden más dispositivos. Los aparatos, en general, no se fijan a los dientes y el paciente puede ponerse y sustituir los dispositivos en cualquier momento durante el procedimiento (por ejemplo, dispositivos que puede retirar el paciente). El dispositivo final o los diversos dispositivos del juego pueden presentar una geometría o geometrías seleccionadas para hipercorregir la disposición dental. Por ejemplo, uno o más dispositivos pueden presentar una geometría que movería los dientes de manera individual (si se consigue totalmente) más allá de la disposición dental que se ha seleccionado como la "final". Dicha hipercorrección puede ser conveniente para compensar el posible movimiento de los dientes después de que haya finalizado el procedimiento de recolocación (por ejemplo, para permitir el movimiento de los dientes de manera individual hacia sus posiciones corregidas previamente). La hipercorrección también puede ser beneficiosa para acelerar la tasa de corrección (por ejemplo, un dispositivo con una geometría que se coloca más allá de una posición intermedia o final deseada puede mover los dientes de forma individual, con una mayor tasa, hacia la posición). En tales casos, el uso de un dispositivo puede finalizar antes de que los dientes alcancen las posiciones definidas por el dispositivo. Además, la hipercorrección puede aplicarse de forma deliberada para compensar cualquier imprecisión o limitación del dispositivo.

La capacidad de un dispositivo ortodóncico para tratar de forma eficaz los dientes de un paciente puede depender de sus propiedades, como la rigidez, módulo elástico, dureza, grosor, resistencia o compresibilidad. Por ejemplo, estas propiedades pueden influir en la cantidad de fuerza y/o par que pueda ejercer el dispositivo sobre los dientes, así como la medida hasta la que se pueden controlar estas fuerzas y/o pares (por ejemplo, con respecto a la ubicación de la aplicación, dirección, magnitud, etc.). Las propiedades óptimas para la recolocación de los dientes pueden variar dependiendo del tipo de dientes que deben recolocarse (por ejemplo, molares, premolares, caninos, incisivos), del tipo de movimiento (por ejemplo, extrusión, intrusión, rotación, torsión, inclinación, traslación), la distancia objetivo de cada movimiento, el uso de ataches montados en los dientes o combinaciones de estos factores. Los distintos dientes de la mandíbula del paciente pueden requerir diferentes tipos de propiedades del dispositivo para poder ser recolocados de forma eficaz. En algunos casos, puede ser relativamente difícil recolocar de forma eficaz varios dientes utilizando un dispositivo ortodóncico con propiedades uniformes y/u homogéneas.

Por consiguiente, las diversas realizaciones de la presente divulgación proporcionan dispositivos ortodóncicos con propiedades que son heterogéneas y/o variables en las diferentes porciones del dispositivo, para así permitir una recolocación más eficaz de los diversos dientes. En tales realizaciones, una o más porciones del dispositivo pueden presentar una o más propiedades que serán diferentes de las que tienen una o más porciones distintas, por ejemplo, con respecto a una o más de: rigidez, módulo elástico, dureza, grosor, resistencia, compresibilidad y otras. Un dispositivo puede incluir cualquier número de porciones con propiedades diferentes, tal como dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, veinte, treinta, cuarenta, cincuenta o más porciones con propiedades diferentes. Una porción del dispositivo puede incluir cualquier parte de un dispositivo, tal como una o más cavidades de recepción de dientes o porciones de estas. El tamaño y ubicación de una porción del dispositivo puede variar según sea necesario. Por ejemplo, una porción del dispositivo puede estar dispuesta para recibir y/o encajar en un subconjunto de dientes del paciente, tal como en un solo diente, en una pluralidad de dientes, en una porción de un diente (por ejemplo, una superficie lingual, bucal u oclusal) o en combinaciones de estos. En algunas realizaciones, las porciones del dispositivo que reciben los diferentes subconjuntos de dientes (por ejemplo, dientes anteriores, dientes posteriores, dientes que deben recolocarse, dientes que deben quedar retenidos en la posición en la que están) presentan propiedades distintas. Como alternativa o en combinación, las porciones del dispositivo que encajan en las diferentes superficies de los dientes (por ejemplo, superficies bucales, superficies linguales, superficies oclusales) pueden presentar propiedades distintas. El uso de dispositivos ortodóncicos con propiedades variables localizadas puede permitir controlar de forma optimizada las fuerzas y/o pares que se aplicarán en los dientes del paciente, como se describe adicionalmente en el presente documento.

En algunas realizaciones, un dispositivo ortodóncico con propiedades distintas localizadas se fabrica a partir de una pluralidad de materiales diferentes. Un dispositivo se puede fabricar con uno o más de muchos materiales, como plásticos, elastómeros, metal, vidrio, cerámicas, fibras reforzadas, fibra de carbono, compuestos, compuestos reforzados, aluminio, materiales biológicos o una combinación de estos. Un material se puede incorporar en un dispositivo ortodóncico de cualquier manera, como en forma de capa, almohadilla, tira, banda, alambre, malla, armazón

o combinaciones de estas. En algunas realizaciones, el dispositivo puede incluir al menos dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve o diez tipos distintos de materiales. Los distintos tipos de materiales pueden presentar diferentes propiedades (por ejemplo, rigidez, módulo elástico, etc.). Un dispositivo que incorpora varios materiales puede incluir distintos materiales en porciones diferentes del dispositivo, para así proporcionar una combinación deseada de diferentes propiedades localizadas. Los procedimientos de ejemplo para fabricar un dispositivo con diversos materiales se describen adicionalmente en el presente documento.

Opcionalmente, un dispositivo ortodóncico puede incluir únicamente un solo tipo de material, aunque puede modificar las propiedades de ese único material para conseguir propiedades localizadas distintas. Por ejemplo, se puede conseguir una rigidez localizada diferente modificando el grosor y/o número de capas del material en diferentes porciones del dispositivo. Como alternativa o en combinación, la geometría del material puede alterarse de forma selectiva en determinadas ubicaciones para así modificar las propiedades correspondientes del dispositivo en dicha ubicación, por ejemplo, formando selectivamente cortes u orificios para reducir la rigidez. Estos enfoques se pueden utilizar en combinación con los enfoques de de múltiples materiales descritos en el presente documento, de modo que se puedan conseguir propiedades localizadas diferentes modificando los tipos de material utilizados, así como las propiedades de uno o más tipos de material.

En algunas realizaciones, un dispositivo ortodóncico incluye al menos una porción relativamente rígida y al menos una porción relativamente adaptable. En el presente documento, "rígida" o "relativamente rígida" se puede utilizar para indicar una porción del dispositivo con una rigidez mayor que la rigidez de otra porción del dispositivo, por ejemplo, el resto del dispositivo. En el presente documento, "adaptable" o "relativamente adaptable" se puede utilizar para indicar una porción del dispositivo con una rigidez menor que la rigidez de otra porción del dispositivo, por ejemplo, el resto del dispositivo. Los dispositivos del presente documento se pueden fabricar mediante el uso de uno o más tipos de materiales (por ejemplo, materiales sintéticos como plásticos, cerámicas, metales, compuestos, materiales biológicos como tejidos biológicos, materiales naturales) con las propiedades adecuadas para proporcionar la disposición deseada de porciones rígidas y adaptables. Por ejemplo, la(s) porción(es) rígida(s) se pueden fabricar a partir de uno o más materiales relativamente rígidos, y las porciones adaptables se pueden fabricar a partir de uno o más materiales relativamente adaptables. Entre los ejemplos de materiales rígidos se incluyen, pero no se limitan a plásticos, cerámicas, metales, compuestos o combinaciones de estos (por ejemplo, un plástico relleno de cerámica y/o reforzado con piezas metálicas). Entre los ejemplos de materiales adaptables se incluyen, pero no se limitan a elastómeros, cauchos o materiales similares al caucho.

Una porción rígida puede presentar un módulo elástico mayor que una porción adaptable. En algunas realizaciones, la porción rígida tiene un módulo elástico de aproximadamente 1,5 GPa o en un intervalo de aproximadamente 0,5 GPa a aproximadamente 500 GPa. En algunas realizaciones, la porción adaptable tiene un módulo elástico de aproximadamente 2 GPa o en un intervalo de aproximadamente 0,2 GPa a aproximadamente 500 GPa. Opcionalmente, el módulo elástico de una porción rígida puede ser al menos 10 veces mayor que el módulo elástico de una porción adaptable. Las grandes diferencias de módulo entre capas pueden aumentar las fuerzas cortantes en el límite entre capas. En algunas realizaciones, la fuerza cortante entre capas se puede gestionar mediante el uso de materiales en capas adyacentes que tengan un módulo elástico diferente en un 10 % o menos. Como alternativa o en combinación, una porción rígida puede tener un grosor mayor que una porción adaptable. Por ejemplo, la porción rígida puede tener un grosor de aproximadamente 0,5 mm, o en un intervalo de aproximadamente 0,2 mm a aproximadamente 1 mm. La porción adaptable puede tener un grosor de aproximadamente 0,3 mm, o en un intervalo de aproximadamente 0,05 mm a aproximadamente 0,5 mm. Opcionalmente, el grosor de una porción rígida puede ser al menos 3 veces mayor que el grosor de una porción adaptable.

Las porciones rígida y adaptable pueden realizar diferentes funciones en el dispositivo ortodóncico. Por ejemplo, la porción rígida se puede utilizar para ejercer las fuerzas y/o pares para recolocar los dientes, por ejemplo, presionando sobre una o más áreas de los dientes. En algunas realizaciones, el dispositivo está conformado de modo que la porción rígida se deforma (por ejemplo, cambia de forma) y/o desvía (por ejemplo, cambia de posición, orientación) cuando el dispositivo se lleva puesto sobre los dientes, y la resistencia a la deformación y/o desviación del material rígido ejerce las fuerzas y/o pares sobre los dientes que suscitan el movimiento de los dientes. La porción rígida puede tener un grosor suficiente para que las distintas regiones se puedan deformar y/o desviar con independencia relativa entre sí (por ejemplo, la deformación y/o desviación de una región produce poca o ninguna deformación y/o desviación correspondiente en regiones adyacentes). En algunas realizaciones, la porción rígida es relativamente resistente a la deformación, de modo que la porción rígida se puede desviar cuando el dispositivo se lleve puesto sobre los dientes, pero presenta poca deformación, si no es nula. Opcionalmente, la porción rígida puede ser relativamente incompresible, de modo que no experimenta cambios significativos en su forma (por ejemplo, en el grosor) cuando se lleva puesto el dispositivo.

La porción adaptable puede utilizarse para transmitir las fuerzas y/o pares ejercidos por la porción rígida hacia los dientes subyacentes. Por ejemplo, la porción adaptable puede colocarse entre la porción rígida y los dientes (por ejemplo, acoplada en una superficie interna de la porción rígida orientada hacia los dientes) para así entrar en contacto con los dientes y distribuir la fuerza y/o par desde la porción rígida hasta los dientes. En algunas realizaciones, la porción adaptable está diseñada para mejorar la transmisión de la fuerza y/o par hacia los dientes en comparación con únicamente el uso de la porción rígida. Por ejemplo, la porción adaptable puede mejorar el encaje entre el dispositivo y los dientes, proporcionar una cantidad más constante de fuerza y/o par, distribuir la fuerza y/o par por un

área de superficie más amplia, o combinaciones de estas acciones. Opcionalmente, la porción adaptable puede ser relativamente deformable (por ejemplo, compresible), para así presentar cambios significativos de forma (por ejemplo, en el grosor) cuando se lleva puesto el dispositivo.

5 Las porciones rígida y adaptable de un dispositivo ortodóncico pueden estar diseñadas de varias maneras. En algunas realizaciones, la porción rígida es una funda externa del dispositivo que tiene una pluralidad de cavidades conformadas para recibir los dientes, y la porción adaptable incluye una o más estructuras internas acopladas a una superficie interna de la funda (por ejemplo, una superficie interna de una o más cavidades de recepción de dientes). La(s) estructura(s) interna(s) adaptable(s) pueden acoplarse de forma desmontable o fijarse permanentemente a la funda externa (por ejemplo, mediante adhesivos, sujeciones, unión, etc.). Como se describe en el presente documento, la rigidez de la funda externa rígida puede ser distinta de, por ejemplo, puede ser mayor que la rigidez de la estructura interna adaptable.

15 La funda externa rígida puede conformarse para ejercer una o más fuerzas y/o pares cuando el paciente lleve puesto el dispositivo en los dientes. Por ejemplo, la funda externa puede tener un perfil de superficie interna (por ejemplo, un perfil de superficie interna de una o más cavidades de recepción de dientes) que sea distinto del perfil de superficie de uno o más dientes recibidos (por ejemplo, recibidos dentro de dicha una o más cavidades de recepción de dientes). El perfil de superficie interna de la funda externa puede tener una posición y/u orientación distinta a la del perfil de superficie de los dientes, por ejemplo. Como alternativa o en combinación, el perfil de superficie interna de la funda externa puede incluir estructuras que no coincidan con el perfil de superficie de los dientes, por ejemplo, protuberancias que se acercan al diente o rebajes que se alejan del diente. Las discrepancias entre el perfil de superficie interna de la funda externa y el perfil de superficie de los dientes pueden provocar que la funda externa se desvíe/deforme, lo que generará fuerzas y/o pares que se ejercerán sobre los dientes.

20 La estructura interna adaptable se puede colocar entre la funda externa y uno o más dientes recibidos, para así distribuir hacia los dientes las fuerzas y/o pares que ejerce la funda externa. Por ejemplo, la estructura interna puede deformarse debido a las fuerzas y/o pares, por ejemplo, presentando un cambio de grosor y/o de perfil de superficie interna. Opcionalmente, la estructura interna puede deformarse de modo que el perfil de superficie interna se adapte al perfil de superficie de los dientes, aumentando así el grado de encaje entre el dispositivo y la superficie de los dientes. Este encaje optimizado puede mejorar la transmisión de fuerza y/o par desde la funda externa hasta los dientes, por ejemplo, aumentando el área de superficie del diente sobre el que se aplica la fuerza y/o par.

25 El uso de una estructura interna adaptable para distribuir la fuerza y/o par desde una funda externa rígida puede reducir la sensibilidad del dispositivo ortodóncico a las variaciones en las tolerancias de fabricación. En algunas realizaciones, la geometría de una funda de dispositivo está configurada para ser diferente de la geometría de la disposición de los dientes del paciente en ese momento, y el encaje entre la funda y los dientes que resulta de este desfase geométrico, que también se denomina "interferencia", produce fuerzas y/o pares que se ejercen sobre los dientes. La magnitud de la fuerza y/o par puede tener correlación con el grado de interferencia de la geometría de la funda y la geometría de los dientes, de modo que las porciones del dispositivo que presenten mayores cantidades de interferencia aplicarán mayores cantidades de fuerza y/o par, mientras que las porciones que presenten menos interferencia, si no es nula, aplicarán menos fuerza y/o par, o nada. Por consiguiente, la geometría del dispositivo puede estar diseñada para presentar determinadas cantidades de interferencia con la geometría de los dientes, para así producir las fuerzas y/o pares deseados para recolocar los dientes. En realizaciones en las que la funda del dispositivo es relativamente rígida, las desviaciones de la geometría planeada del dispositivo (por ejemplo, debido a las variaciones en la tolerancia de fabricación) pueden alterar la cantidad de interferencia entre la funda rígida y los dientes, lo que a su vez puede alterar la cantidad de fuerza y/o par que se está aplicando realmente en los dientes.

30 El uso de una estructura adaptable con una funda rígida puede reducir la sensibilidad de la geometría del dispositivo frente a dichas variaciones. En algunas realizaciones, en comparación con estructuras más rígidas, las estructuras adaptables son menos susceptibles a las fluctuaciones de la fuerza y/o par aplicados debido a las tolerancias de fabricación. Por ejemplo, la cantidad de fuerza y/o par aplicada en los dientes por una estructura adaptable puede ser menor dependiendo del grado de interferencia entre la estructura adaptable y los dientes, por ejemplo, debido a la menor rigidez de la estructura adaptable. Para producir el mismo nivel de fuerza que un dispositivo totalmente rígido, los dispositivos con estructuras adaptables del presente documento pueden estar diseñados con una mayor cantidad de interferencia con la geometría de los dientes. Por consiguiente, los dispositivos ortodóncicos que incorporan estructuras adaptables pueden aplicar una fuerza y/o par más uniforme y replicable sobre los dientes. Además, dichas estructuras adaptables pueden aplicar una fuerza más constante sobre los dientes a medida que se mueven durante el tratamiento.

35 Las **figuras 3A** y **3B** ilustran una porción 300 de un dispositivo ortodóncico que incluye una funda externa rígida 302 y una estructura interna adaptable 304, de conformidad con las realizaciones. La **figura 3A** ilustra la porción 300 del dispositivo antes de ser colocada sobre los dientes del paciente, de modo que la funda externa 302 y la estructura interna 304 están ambas en una configuración sin carga y los perfiles de forma de la funda externa 302 y la estructura interna 304 no se deforman. Por ejemplo, la estructura interna adaptable 304 (representada en el presente documento como una capa) puede tener un perfil de grosor inicial 306 y la funda externa rígida 302 puede tener un perfil de grosor inicial 307. En algunas realizaciones, el perfil de forma sin deformación de la funda externa 302 y/o de la estructura interna 304 puede corresponderse con un perfil de forma en 3D de un diente en una posición y/u orientación sin carga

antes de ser recibido dentro de la porción 300 del dispositivo.

La **figura 3B** ilustra la porción 300 del dispositivo antes de ser colocada sobre los dientes del paciente. La porción 300 puede encajar en un diente 308, de modo que la superficie interna de la estructura interna 304 entre en contacto con una superficie del diente 308. Los perfiles de superficie interna de la estructura interna 304 y de la funda externa 302 pueden ser distintos del perfil de superficie del diente 308, de modo que la porción 300 del dispositivo hace presión y aplica fuerza en el diente 308 cuando se lleva puesto el dispositivo. La funda externa rígida 302 puede ser lo suficientemente rígida para que experimente poca o ninguna deformación cuando se presione contra el diente 308, por ejemplo, el perfil de grosor 307 queda sustancialmente sin cambios.

Por el contrario, la estructura interna adaptable 304 es lo suficientemente adaptable para que se pueda deformar cuando se presione contra el diente 308. En algunas realizaciones, la estructura interna adaptable 304 presenta una cantidad de deformación mayor que la cantidad de deformación que presenta la funda externa cuando el paciente lleva puesto el dispositivo en los dientes. Por consiguiente, cuando el paciente lleva puesta la porción 300 del dispositivo, la estructura interna 304 puede adoptar una configuración con carga distinta de la configuración sin carga (por ejemplo, con respecto a un perfil de grosor, forma en sección transversal y/o perfil de superficie interna de la estructura interna 304). Por ejemplo, la estructura interna 304 se puede comprimir entre la funda externa rígida 302 y el diente 308, para así presentar un perfil de grosor alterado 310 (por ejemplo, reducido) en el área de encaje. En algunas realizaciones, las porciones de la estructura interna 304 cerca de la región de encaje entre la estructura interna 304 y el diente 308 salen hacia fuera, lejos de la región de encaje, de modo que el perfil de grosor, el perfil de la superficie interna y la forma en sección transversal de la estructura interna 304 cambian con respecto a la configuración sin carga. El perfil conformado deformado puede corresponder al perfil de forma en 3D del diente 308 cuando está en una posición y/u orientación recibida dentro de la porción 300 del dispositivo. El cambio del perfil de grosor de la estructura interna 304 puede corresponder a la diferencia entre la posición y/u orientación sin carga del diente 308 y la posición y/u orientación de recepción del diente 308. Opcionalmente, la estructura interna 304 puede deformarse para adaptarse al perfil de superficie del paciente en el área de encaje. La rigidez de la funda externa 302 puede producir que se ejerzan fuerzas y/o par sobre el diente 308, mientras que la adaptabilidad de la estructura interna 304 puede permitir el encaje optimizado entre la porción 300 del dispositivo y el diente 308, para así distribuir la fuerza y/o par ejercido sobre el diente 308.

Las estructuras internas adaptables descritas en el presente documento pueden proporcionarse de diversas formas, como en forma de capa, almohadilla, tira, banda, alambre, malla, armazón o combinaciones de estas. La estructura interna se puede formar mediante fresado, grabado, revestimiento, rociado, impresión, unión, pulverización, extrusión, deposición o combinaciones de estas, como se describe adicionalmente en el presente documento. En algunas realizaciones, la estructura interna es una sola estructura continua, tal como una capa. Por ejemplo, la estructura interna puede ser una capa continua que solape la superficie interna de la funda externa rígida. La capa interna adaptable puede abarcar algunas o la pluralidad entera de cavidades de la funda externa. En tales realizaciones, el dispositivo ortodóncico puede considerarse un dispositivo multicapa con una capa externa rígida y una capa interna adaptable.

La **figura 3C** ilustra una porción 320 del dispositivo que tiene una estructura interna u orientada hacia el diente 324 (representada en el presente documento como una capa) y una estructura externa adaptable 326, al tiempo que presenta una capa intermedia rígida 322 también denominada funda. La porción 320 puede encajar en un diente, de modo que la superficie interna de la estructura interna 324 entre en contacto con una superficie del diente. Los perfiles de superficie interna de la estructura interna 324 y de la funda intermedia 322 pueden ser distintos del perfil de superficie del diente, de modo que la porción 320 del dispositivo hace presión y aplica fuerza en el diente cuando se lleva puesto el dispositivo. La funda intermedia rígida 322 puede ser lo suficientemente rígida para que experimente poca o ninguna deformación cuando se presione contra el diente, por ejemplo, el perfil de grosor queda sustancialmente sin cambios.

Por el contrario, la estructura interna adaptable 324, como la estructura interna 304, es lo suficientemente adaptable para que se pueda deformar cuando se presione contra el diente. En algunas realizaciones, la estructura interna adaptable 324 presenta una cantidad de deformación mayor que la cantidad de deformación que presenta la funda intermedia 322 cuando el paciente lleva puesto el dispositivo en los dientes. Por consiguiente, cuando el paciente lleva puesta la porción 320 del dispositivo, la estructura interna 324 puede adoptar una configuración con carga distinta de la configuración sin carga (por ejemplo, con respecto a un perfil de grosor, forma en sección transversal y/o perfil de superficie interna de la estructura interna 324). Por ejemplo, la estructura interna 324 se puede comprimir entre la funda intermedia rígida 322 y el diente, para así presentar un perfil de grosor alterado (por ejemplo, reducido) en el área de encaje. En algunas realizaciones, las porciones de la estructura interna 324 cerca de la región de encaje entre la estructura interna 324 y el diente salen hacia fuera, lejos de la región de encaje, de modo que el perfil de grosor, el perfil de la superficie interna y la forma en sección transversal de la estructura interna 324 cambian con respecto a la configuración sin carga. El perfil conformado deformado puede corresponder al perfil de forma en 3D del diente cuando está en una posición y/u orientación recibida dentro de la porción 320 del dispositivo. El cambio del perfil de grosor de la estructura interna 324 puede corresponder a la diferencia entre la posición y/u orientación sin carga del diente y la posición y/u orientación recibida del diente. Opcionalmente, la estructura interna 324 puede deformarse para adaptarse al perfil de superficie del paciente en el área de encaje. La rigidez de la funda intermedia 322 puede producir que se ejerzan fuerzas y/o par sobre el diente, mientras que la adaptabilidad de la estructura interna 324 puede permitir el

5 encaje optimizado entre la porción 320 del dispositivo y el diente, para así distribuir la fuerza y/o par ejercido sobre el diente y reducir la sensibilidad de las magnitudes de fuerza y par debida a las tolerancias de fabricación. Por ejemplo, la interferencia entre el alineador y los dientes provoca los pares y fuerzas necesarios para mover los dientes. La elasticidad del material del alineador y la rigidez del alineador provocan estas fuerzas. Las pequeñas diferencias entre la forma fabricada de un dispositivo y la forma deseada del dispositivo pueden provocar desviaciones de las fuerzas y pares deseados ejercidos sobre los dientes. Con un alineador rígido, los errores de fabricación aumentan en comparación con un alineador más adaptable. La adición de una estructura interna adaptable puede reducir la sensibilidad de las magnitudes de fuerza y par debida a las tolerancias de fabricación, al tiempo que se siguen manteniendo muchas de las ventajas de un alineador rígido, tal como la capacidad de ejercer mayores fuerzas y pares sobre los dientes.

10 La adición de una estructura externa adaptable 326 puede proporcionar una experiencia más cómoda para el paciente, pues la estructura externa adaptable 326 puede deformarse tras entrar en contacto con las encías, el velo del paladar, la bóveda del paladar, las mejillas y otras partes de la boca del paciente.

15 La **figura 4A** ilustra una sección transversal de un dispositivo ortodóncico 400 con una capa externa rígida 402 y una capa interna adaptable 404, de conformidad con las realizaciones. La capa externa 402 forma una funda con una pluralidad de cavidades 406 para recibir los dientes de un paciente, tal y como se describe en el presente documento. La capa interna 404 está acoplada a una superficie interna de la capa externa 402, de modo que la capa interna 404 solapa algunas o todas las cavidades y queda colocada entre la capa externa 402 y los dientes recibidos. En algunas realizaciones, cuando el dispositivo 400 se lleva puesto entre los dientes, los dientes recibidos entran en contacto con la capa interna 404 y no directamente con la capa externa 402.

20 Las propiedades de las capas interna y externa pueden modificarse según se desee. En algunas realizaciones, las capas interna y externa tienen el mismo grosor, mientras que, en otras realizaciones, las capas interna y externa tienen grosores diferentes. Por ejemplo, el grosor de la capa externa puede ser de aproximadamente 0,5 mm o estar en un intervalo de aproximadamente 0,1 mm a aproximadamente 2 mm, y el grosor de la capa interna puede ser de aproximadamente 0,5 mm o estar en un intervalo de aproximadamente 0,1 mm a aproximadamente 2 mm. Opcionalmente, el grosor total del dispositivo incluyendo tanto la capa externa como la capa interna puede ser inferior o igual a aproximadamente 0,8 mm (por ejemplo, para evitar causar una mordida abierta si el dispositivo cubre las áreas oclusales de ambas coronas). En algunas realizaciones, cada capa tiene un grosor uniforme, mientras que, en otras realizaciones, una o más de las capas pueden tener un grosor no uniforme (por ejemplo, porciones de capa distintas con grosores diferentes).

25 En algunas realizaciones, la capa interna y/o externa puede incluir una estructura de modificación de la fuerza que modula la fuerza y/o par localizado que se aplica en una ubicación específica sobre los dientes del paciente, bien directamente (por ejemplo, mediante contacto directo con la superficie dental) o indirectamente (por ejemplo, mediante el contacto con un atache montado sobre los dientes). Una estructura de modificación de la fuerza puede incluir cualquier elemento estructural que produzca una alteración en la fuerza y/o par aplicado en los dientes, tal como una porción engrosada, una porción afinada, una protuberancia (por ejemplo, una nervadura, hendidura y muesca), un rebaje, una abertura, un hueco o combinaciones de estos. Por ejemplo, una porción engrosada o una protuberancia que se comprime con los dientes cuando el dispositivo se lleva puesto puede producir un aumento localizado de la fuerza y/o par. Una porción afinada o un rebaje puede presentar un contacto reducido con los dientes y, por lo tanto, producir una reducción localizada de la fuerza y/o par. El uso de estructuras de modificación de la fuerza como las descritas en el presente documento permiten controlar mejor la aplicación de fuerza y/o par en ubicaciones específicas de los dientes.

35 Un dispositivo puede incluir cualquier número y combinación de estructuras de modificación de la fuerza situadas sobre las capas interna y/o externa. En algunas realizaciones, la estructura de modificación de la fuerza se ubica solo sobre la capa interna o solo sobre la capa externa, de modo que las dos capas presenten geometrías distintas. Por ejemplo, la capa interna puede incluir una o más porciones de mayor grosor, que están diseñadas para encajar preferentemente en los dientes para aplicar fuerza y/o par. Como alternativa o en combinación, la capa interna puede incluir una o más porciones de grosor más reducido que reducen el encaje localizado del dispositivo con los dientes. Como ejemplo adicional, la capa externa puede formarse con una o más protuberancias que se extienden hacia la cavidad de recepción de dientes para encajar y aplicar fuerza y/o par en los dientes. Como alternativa o en combinación, la capa externa se puede formar con uno o más rebajes o huecos para reducir la cantidad de fuerza y/o par aplicados. Opcionalmente, la capa que no incluye la estructura de modificación de la fuerza puede tener un grosor uniforme.

40 La **figura 4B** ilustra una sección transversal de un dispositivo ortodóncico 410 que tiene una capa interna adaptable 412 con una porción engrosada 420, de conformidad con las realizaciones. La capa interna 412 está acoplada a una superficie interna de una capa externa rígida 414 para definir una cavidad 416 conformada para recibir un diente 418. La capa externa 414 puede tener un grosor uniforme. La capa interna 412 puede incluir una estructura de modificación de la fuerza, tal como al menos una porción de capa 420 con un grosor mayor con respecto a las otras porciones de la capa interna 412. La porción engrosada 420 puede colocarse para encajar en el diente 418 recibido. Debido al mayor grosor de la porción de capa 420, cuando el diente 418 se recibe dentro de la cavidad 416, la porción 420 puede ser presionada por el diente 416 contra la capa externa rígida 414. Esta disposición puede hacer que las fuerzas y/o

5 pares se apliquen en el diente 418, principalmente, en la porción de la capa engrosada 420. Las diversas porciones engrosadas pueden incluirse en la capa interna 412 para facilitar la aplicación de fuerza y/o par en diversas porciones diferentes del diente 418. Aunque la **figura 4B** ilustra una capa interna 412 con un grosor no uniforme y una capa externa con un grosor uniforme, un experto en la materia apreciará que otras realizaciones pueden incorporar una capa externa con un grosor no uniforme y una capa interna con un grosor uniforme. En realizaciones alternativas, las capas interna y externa pueden tener grosores no uniformes.

10 La **figura 4C** ilustra una sección transversal de un dispositivo ortodóncico 430 que incluye una protuberancia 432 formada en la capa externa rígida 434, de conformidad con las realizaciones. Igual que en otras realizaciones del presente documento, el dispositivo 430 puede incluir una capa externa rígida 434 acoplada a una capa interna adaptable 436 para así definir una cavidad 438 conformada para recibir un diente 440. La capa externa 434 y la capa interna 436 pueden tener ambas grosores uniformes. En algunas realizaciones, la capa externa rígida 434 incluye una estructura de modificación de la fuerza, tal como una protuberancia 432 que se extiende hacia dentro, hacia el interior de la cavidad 438 que va hacia el diente 440. La capa interna 436 puede adaptarse al perfil de superficie interna de la capa externa 434 que incluye la protuberancia 432. La protuberancia 432 puede presionar contra la superficie del diente recibido 440 para aplicar fuerzas y/o pares en el diente. Opcionalmente, el dispositivo 430 puede incluir varias protuberancias 432 en la capa externa 434 para facilitar la aplicación de fuerza y/o par en diversas porciones diferentes del diente 440. Aunque la **figura 4C** ilustra una protuberancia 432 en la capa externa 434, un experto en la materia apreciará que otras realizaciones pueden incluir una protuberancia en la capa interna o protuberancias en ambas capas.

20 En algunas realizaciones, la capa externa rígida y la capa interna adaptable se pueden acoplar de forma desmontable entre sí, de modo que las capas externa e interna pueden separarse entre sí sin dañar el dispositivo. El acoplamiento desmontable puede ser un encaje a presión o ajuste de interferencia, por ejemplo. En tales realizaciones, la capa interna puede considerarse una funda interna y la capa externa puede considerarse una funda externa, pudiendo separarse las dos fundas entre sí. Para ensamblar el dispositivo, la funda interna se puede colocar sobre los dientes del paciente, después, se coloca la funda externa sobre la funda interna y sobre los dientes. Como alternativa, la funda interna se puede insertar en la funda externa y el dispositivo ensamblado se puede colocar sobre los dientes como un solo componente. El uso de las fundas interna y externa acopladas de forma desmontable permite un sistema de tratamiento en el que la única funda interna se utilice con varias fundas externas, que una sola funda externa se utilice con varias fundas internas, o combinaciones de estas. La funda interna y/o externa que se utilizará puede variar dependiendo de la fase de tratamiento específica, de modo que el paciente lleve puestas diferentes combinaciones de fundas durante el transcurso del tratamiento.

35 La **figura 4D** ilustra un sistema de tratamiento 450 que incluye una pluralidad de fundas externas rígidas 452a-c y una sola funda interna adaptable 454, de conformidad con las realizaciones. Una sola funda externa puede llevarse puesta sobre la funda interna 454 para formar un dispositivo ortodóncico. Las fundas externas rígidas 452a-c pueden estar conformadas para ejercer fuerzas y/o pares de recolocación de dientes, mientras que la funda interna adaptable 454 puede servir principalmente como revestimiento que encaja en los dientes para distribuir hacia los dientes la fuerza y/o par generados. En algunas realizaciones, cada funda externa corresponde a una fase de tratamiento distinta de un programa de tratamiento, de modo que las fundas externas 452a-c se llevan puestas de forma consecutiva para recolocar los dientes según el programa de tratamiento. Por ejemplo, las geometrías de cavidad de cada funda externa pueden conformarse según la disposición dental en particular que se conseguirá con la fase de tratamiento correspondiente. La funda interna 454 se puede reutilizar entre las fases de tratamiento, de modo que el paciente pueda continuar con la siguiente fase simplemente intercambiando la funda externa de ese momento por la siguiente de la secuencia al tiempo que mantiene la misma funda interna 454. En realizaciones alternativas, se puede utilizar una pluralidad de fundas internas adaptables con una sola funda externa rígida reutilizable, correspondiendo cada funda interna adaptable a una fase de tratamiento diferente. Un experto habitual en la materia apreciará que un sistema de tratamiento ortodóncico puede incluir cualquier combinación de fundas externas e internas reutilizables que se combinen con fundas internas y externas no reutilizables, respectivamente, para que el transcurso del tratamiento sea el deseado.

50 En algunas realizaciones, la capa externa rígida y la capa interna adaptable están fijas de manera permanente entre sí, de modo que las capas no puedan separarse sin dañar el dispositivo. Los beneficios de este enfoque incluyen una manipulación más sencilla y evitar la ondulación o la colocación incorrecta de la capa interna cuando se lleva puesta bajo la capa externa. Un programa de tratamiento ortodóncico puede conllevar la aplicación consecutiva de una pluralidad de dispositivos multicapa distintos para recolocar los dientes del paciente. Opcionalmente, un programa de tratamiento puede incluir algunas fases donde se utilicen dispositivos con capas fijas de forma permanente y algunas fases en las que se utilicen dispositivos con fundas separables.

60 Alternativa o en combinación con los enfoques basados en capas presentados en el presente documento, una estructura interna adaptable de un dispositivo ortodóncico puede incluir una pluralidad de estructuras diferenciadas que están acopladas a determinadas porciones de la funda externa. Entre los ejemplos de tales estructuras se incluyen, pero no se limitan a almohadillas, conectores, balones, bandas, resortes, armazones, mallas o combinaciones de estos. El dispositivo puede incluir cualquier número de estructuras adaptables diferenciadas colocadas en cualquier ubicación adecuada de la funda. El uso de una o más estructuras internas diferenciadas ubicadas en diferentes porciones del dispositivo permite aplicar de forma controlada las fuerzas y/o pares en porciones

seleccionadas de los dientes. La colocación, geometrías (por ejemplo, forma, tamaño) y las propiedades (por ejemplo, rigidez, módulo elástico) de la estructura diferenciada puede variar según se desee para conseguir una distribución deseada de la fuerza y/o par sobre los dientes.

La **figura 5A** ilustra un dispositivo 500 con una pluralidad de estructuras de almohadilla 502 diferenciadas acopladas a una superficie interna de una funda externa 504, de conformidad con las realizaciones. Igual que en otras realizaciones del presente documento, la funda externa 504 define una cavidad de recepción de dientes para un diente 506. La pluralidad de estructuras de almohadilla 502 diferenciadas se coloca entre la funda externa 504 y el diente 506 para encajar en el diente 506. Las estructuras de almohadilla 502 pueden ser sólidas. Como alternativa, las estructuras de almohadilla 502 pueden ser huecas, como se comentó adicionalmente en el presente documento. En algunas realizaciones, cada estructura de almohadilla 502 encaja en una porción diferente del diente 506, tal como una superficie del diente diferente (por ejemplo, la superficie bucal, lingual u oclusal). Las estructuras de almohadilla 502 diferenciadas pueden estar configuradas para transmitir las fuerzas y/o pares ejercidos por la funda externa 504 hasta las diferentes porciones del diente 506. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 502 se forman mediante impresión o pulverización sobre la superficie interna de la funda externa 504. Opcionalmente, las estructuras de almohadilla 502 se pueden formar de manera separada con respecto a y acoplarse a la funda externa 504, por ejemplo, mediante el uso de adhesivos, sujeciones, etc. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 502 y la funda externa 504 se forman mediante fabricación directa, como se comentó adicionalmente en el presente documento.

La **figura 5B** ilustra un dispositivo 520 con una pluralidad de estructuras de conexión 522 diferenciadas que se extienden a través de una funda externa 524, de conformidad con las realizaciones. El dispositivo 520 es similar al dispositivo 500, exceptuando que cada estructura de conexión 522 diferenciada incluye una porción externa que se extiende a través del grosor de la funda externa 524. En algunas realizaciones, las estructuras de conexión 522 diferenciadas se pueden formar de manera separada con respecto a y acoplarse a la funda externa 524, por ejemplo, mediante el uso de adhesivos, sujeciones, etc. Opcionalmente, las estructuras de conexión 522 diferenciadas se pueden acoplar a la funda 524 utilizando retención mecánica (por ejemplo, ajustes de interferencia, encajes a presión) sin adhesivos ni otros elementos de fijación. El uso de la retención mecánica puede permitir una mayor flexibilidad en la geometría de las estructuras de conexión 522 diferenciadas. Por ejemplo, las estructuras de conexión 522 diferenciadas pueden ahuecarse (por ejemplo, para controlar la rigidez) sin interferir en su capacidad para acoplarse a la funda externa 524. En algunas realizaciones, las estructuras de conexión 522 y la funda externa 524 se forman mediante fabricación directa, como se comentó adicionalmente en el presente documento.

La **figura 5C** ilustra un dispositivo 540 con una pluralidad de estructuras hinchables o huecas 542 diferenciadas, de conformidad con las realizaciones. La estructura hinchable 542 puede ser un balón o cámara hueca que puede llenarse con un fluido, tal como un líquido o un gas. La presión del fluido se puede utilizar para controlar la cantidad de fuerza y/o par que aplica el dispositivo 540 en el diente recibido 546. Opcionalmente, el fluido se puede mantener a una presión sustancialmente constante para poder aplicar una fuerza y/o par sustancialmente constante sobre el diente 546. Como alternativa, la presión del fluido puede ser la deseada para aplicar una fuerza y/o par variable sobre el diente 546.

La **figura 5D** ilustra una curva de desplazamiento de la carga 560 de ejemplo de un dispositivo, de conformidad con las realizaciones. La curva de desplazamiento de la carga 560 presenta una región relativamente aplanada 562 en la que la fuerza o par en el dispositivo es sustancialmente constante, por ejemplo, no varía sustancialmente mientras aumenta el desplazamiento. En algunas realizaciones, "sustancialmente constante" significa que la fuerza o par no varía en más del 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % o 50 % del valor máximo de la fuerza o par por encima del intervalo de desplazamiento de interés. El uso de estructuras internas adaptables diferenciadas, como se ha descrito en el presente documento, puede permitir la aplicación de fuerzas y/o pares sustancialmente constantes, lo que puede mejorar la fiabilidad y constancia del tratamiento ortodóncico con los dispositivos. Por ejemplo, como se comentó en el presente documento con respecto a la **figura 5C**, una o más estructuras se pueden llenar con un fluido mantenido a una presión sustancialmente constante para aplicar una fuerza y/o par sustancialmente constante en los dientes. Como alternativa o en combinación, una estructura de almohadilla diferenciada se puede fabricar con una forma y/o a partir de un material adecuado para producir una fuerza y/o par sustancialmente constante durante un intervalo relativamente amplio de desviaciones y/o deformaciones sin ceder (por ejemplo, poliolefinas o aleaciones con memoria de forma como NiTi o Cu-Al-Ti).

La **figura 5E** ilustra un dispositivo 570 con una pluralidad de estructuras de almohadilla 572 diferenciadas acopladas a una superficie interna de una funda externa 574, de conformidad con las realizaciones. Igual que en otras realizaciones del presente documento, la funda externa 574 define una cavidad de recepción de dientes para un diente 576. La pluralidad de estructuras de almohadilla 572 diferenciadas se coloca entre la funda externa 574 y el diente 576 para encajar en el diente 576. Las estructuras de almohadilla 572 pueden ser sólidas. Como alternativa, las estructuras de almohadilla 572 pueden ser huecas, como se comentó adicionalmente en el presente documento. En algunas realizaciones, cada estructura de almohadilla 572 encaja en una porción diferente del diente 576, tal como una superficie del diente diferente (por ejemplo, la superficie bucal, lingual u oclusal). Las estructuras de almohadilla 572 diferenciadas pueden estar configuradas para transmitir y distribuir las fuerzas y/o pares ejercidos por la funda externa 574 hasta las diferentes porciones del diente 576. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 572 se distribuyen en torno a la superficie de la funda externa 574, de modo que distribuyen las fuerzas de recolocación

de la funda externa 574 sobre el diente 576. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 572 se forman mediante impresión o pulverización sobre la superficie interna de la funda externa 574. Opcionalmente, las estructuras de almohadilla 572 se pueden formar de manera separada con respecto a y acoplarse a la funda externa 574, por ejemplo, mediante el uso de adhesivos, sujeciones, etc. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 572 y la funda externa 574 se forman mediante fabricación directa.

La **figura 5F** ilustra un dispositivo 580 con una capa adaptable 582 acoplada a una superficie interna de una funda externa 574. La capa adaptable 582 incluye una pluralidad de estructuras de almohadilla 588, de conformidad con las realizaciones. Igual que en otras realizaciones del presente documento, la funda externa 584 define una cavidad de recepción de dientes para un diente 586. La pluralidad de estructuras de almohadilla 588 se coloca sobre la capa adaptable 582 y entre la funda externa 584 y el diente 586, para así encajar el diente 586. La capa adaptable 582 y las estructuras de almohadilla 588 pueden ser sólidas. En algunas realizaciones, La capa adaptable 582 y las estructuras de almohadilla 588 pueden ser una sola estructura integral. En algunas realizaciones, la capa adaptable 582 y las estructuras de almohadilla 588 pueden ser estructuras diferenciadas. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 588 y la capa adaptable 582 pueden ser huecas. En algunas realizaciones, cada estructura de almohadilla 588 encaja en una porción diferente del diente 586, tal como una superficie del diente diferente (por ejemplo, la superficie bucal, lingual u oclusal). Las estructuras de almohadilla 588 pueden estar configuradas para transmitir y distribuir las fuerzas y/o pares ejercidos por la funda externa 584 hasta las diferentes porciones del diente 586. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 588 se distribuyen en torno a la estructura adaptable 582, de modo que distribuyen las fuerzas de recolocación de la funda externa 584 sobre el diente 586. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 588 se forman mediante impresión o pulverización sobre la superficie interna de la funda externa 584. Opcionalmente, las estructuras de almohadilla 588 y la estructura adaptable 582 se pueden formar de manera separada con respecto a y acoplarse a la funda externa 584, por ejemplo, mediante el uso de adhesivos, sujeciones, etc. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 588, la estructura adaptable 582 y la funda externa 584 se forman mediante fabricación directa.

La **figura 5G** ilustra un dispositivo 590 con una pluralidad de estructuras de almohadilla 592 diferenciadas acopladas a una superficie interna de una funda externa 594 y a una superficie interna de una funda interna 591, de conformidad con las realizaciones. La superficie interna de la funda 591 define una cavidad de recepción de dientes para un diente 596. La pluralidad de estructuras de almohadilla 592 diferenciadas se coloca entre la funda externa 594 y la funda interna 591 y modula el encaje de la funda interna 591 en el diente 596. Las estructuras de almohadilla 592 distribuyen las fuerzas de recolocación de la funda externa 594 sobre la funda interna 591, que transmite las fuerzas sobre el diente 596. Las estructuras de almohadilla 592 pueden ser sólidas. Como alternativa, las estructuras de almohadilla 592 diferenciadas pueden estar configuradas para transmitir las fuerzas y/o pares ejercidos por la funda externa 574 hasta las diferentes porciones de la funda interna 591 y el diente 576. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 592 se forman mediante impresión o pulverización sobre la superficie interna de la funda externa 594. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 592 se forman mediante impresión o pulverización sobre la superficie de la funda interna 591. Opcionalmente, las estructuras de almohadilla 592 se pueden formar de manera separada con respecto a y acoplarse a la funda externa 594 o a la funda interna 591, por ejemplo, mediante el uso de adhesivos, sujeciones, etc. En algunas realizaciones, las estructuras de almohadilla 592, la funda interna 591 y la funda externa 594 se forman mediante fabricación directa.

La **figura 5H** ilustra un dispositivo 550 con una pluralidad de estructuras de almohadilla 552 diferenciadas acopladas a una superficie interna de una funda externa 554, que define una cavidad de recepción de dientes para un diente 556, igual que en la realización mostrada en la **figura 5E**. Así mismo, el dispositivo 550 incluye un material de relleno 558 entre las estructuras de almohadilla 552. Este material de relleno 558 puede ser un material relativamente adaptable, de modo que ejerce muy poca fuerza o par sobre los dientes, por ejemplo, puede presentar un módulo elástico que es 1/2 o 1/10 del módulo elástico de las estructuras de almohadilla y/o la funda externa 554. En algunas realizaciones, el material de relleno 558 es extremadamente blando, por ejemplo, en algunas realizaciones, el material de relleno 558 puede ser un fluido viscoso, tal como un gel, con una superficie o cubierta externa rígida y fina sobre el material de relleno de la superficie orientada hacia el diente. En algunas realizaciones, el material de relleno puede presentar un módulo elástico de 1/20 o incluso de 1/100 del módulo elástico de las estructuras de almohadilla.

En algunas realizaciones, el material de relleno 558 se selecciona en función de sus propiedades ópticas. Por ejemplo, el índice de refracción del material de relleno 558 puede coincidir con el índice de refracción de las estructuras de almohadilla. En algunas realizaciones, la coincidencia del índice de refracción incluye que coincida para que las estructuras de almohadilla 552 no se puedan ver fácilmente en el paciente durante su uso normal. En algunas realizaciones, el índice de refracción del material de relleno 558 está dentro del 10 % del índice de refracción de las estructuras de almohadilla 552.

Algunas realizaciones de las estructuras internas adaptables descritas en el presente documento entran en contacto directo con la superficie de los dientes para transmitir las fuerzas y/o pares. En otras realizaciones, en vez de entrar en contacto directo con la superficie del diente, la estructura interna adaptable encaja en el diente directamente gracias a uno o más ataches montados sobre la superficie del diente. La geometría y ubicación de la estructura interna y/o atache puede estar diseñada para producir una fuerza y/o par específico cuando el dispositivo se lleve puesto en los dientes. El uso de ataches puede ser beneficioso para mejorar el control de la fuerza y/o par aplicado, así como para

suscitar el movimiento de los dientes que, de otra manera, sería difícil de producir con solo una funda de dispositivo. Un dispositivo puede incluir cualquier número de estructuras internas configuradas para encajar en un número correspondiente de ataches montados sobre los dientes del paciente.

5 La **figura 6A** ilustra un dispositivo 600 que incluye una estructura interna 602 que encaja en un atache montado en un
 10 diente 604, de conformidad con las realizaciones. La estructura interna 602 puede ser un elemento de almohadilla
 adaptable diferenciada acoplado a una superficie interna de una funda externa rígida 606, tal y como se describe en
 el presente documento. Cuando el paciente lleva puesto el dispositivo 600, la estructura interna 602 puede entrar en
 contacto con el atache 604 fijada a un diente recibido 608, transmitiendo así las fuerzas y/o pares producidos por la
 funda externa 606 hacia el diente 608 a través del atache 604. Opcionalmente, la funda externa rígida 606 puede
 15 incluir un rebaje 610 conformado para recibir y alojar el atache 604 cuando encaja con la estructura interna 602. En
 algunas realizaciones, el atache 604 es más rígido que la estructura interna 602, de modo que la estructura interna
 602 se comprime entre la funda externa 606 y el atache 604. La estructura interna 602 puede presentar una resistencia
 similar a un resorte frente a la compresión para ejercer fuerza sobre el atache 604, que se transmite al diente
 subyacente 608. Este enfoque puede proporcionar las fuerzas de recolocación con una mayor reproducibilidad.

15 Varias realizaciones del presente documento proporcionan una estructura interna adaptable que se acopla a la funda
 externa rígida y no a un diente o a un atache. Como alternativa, la estructura interna puede acoplarse a una superficie
 dental o a un atache montado sobre la superficie del diente y no en la funda externa. En algunas realizaciones, una
 estructura interna montada en un diente se puede considerar un atache adaptable. La geometría y ubicación del atache
 adaptable pueden estar diseñadas para encajar la funda externa rígida y, así, transmitir las fuerzas y/o pares ejercidos
 20 por la funda externa rígida sobre el diente subyacente.

La **figura 6B** ilustra un dispositivo 620 que incluye un atache adaptable montado en el diente 622, de conformidad con
 las realizaciones. El atache adaptable 622 está montado sobre una superficie de un diente 624 recibido dentro de una
 cavidad definida por una funda externa rígida 626 del dispositivo 620. La funda externa rígida 626 puede incluir un
 rebaje 628 que aloja el atache adaptable 622. Cuando el paciente lleva puesto en los dientes el dispositivo 620, la
 25 funda externa rígida 626 puede encajar en el atache 622 y el atache 622 puede distribuir las fuerzas y/o pares
 producidos por la funda externa rígida 626 sobre el diente subyacente 624. El uso de un atache adaptable 622 puede
 proporcionar el control de la cantidad de fuerza y/o par ejercido sobre el diente 624 en comparación con los ataches
 rígidos.

30 En algunas realizaciones, una estructura interna adaptable puede estar provista de una capa protectora para reducir
 el desgaste. La capa protectora se puede formar como una capa de material o como un revestimiento depositado
 sobre la estructura interna adaptable. La capa protectora puede tener una mayor rigidez y/o dureza que la estructura
 interna para proteger la estructura interna contra la abrasión. En algunas realizaciones, la capa protectora está formada
 sobre una o más superficies expuestas de la estructura interna adaptable, tal como una superficie expuesta que se
 35 dispone para encajar un objeto relativamente rígido y/o duro. Por ejemplo, para una estructura interna adaptable
 acoplada a una superficie interna de una funda externa rígida, la capa protectora se puede formar sobre una superficie
 de la estructura interna que encaja en un diente recibido o atache. Como ejemplo adicional, para una estructura interna
 adaptable acoplada a un diente o atache montado en un diente, la capa protectora se puede formar sobre una
 superficie de la estructura interna que encaja en una funda externa rígida. Este enfoque puede ser particularmente
 40 beneficioso para estructuras adaptables que se montan sobre una superficie dental (por ejemplo, un atache adaptable)
 o una superficie de atache, ya que tales estructuras son más propensas a verse sometidas a las fuerzas abrasivas
 asociadas a los movimientos de la mandíbula, como la masticación.

En algunas realizaciones, una capa protectora resistente a la tinción puede formarse sobre una superficie del alineador.
 La capa protectora resistente a la tinción puede ser una capa impermeable o semipermeable que resiste la tinción
 procedente de los fluidos, como del café o de los refrescos, alimentos y otras cosas.

45 En algunas realizaciones, se proporciona una capa compatible biológica sobre una porción externa del alineador. Por
 ejemplo, algunos pacientes pueden tener sensibilidad, como una alergia, a determinados materiales, tales como, por
 ejemplo, el látex. Para reducir la probabilidad de reacciones alérgicas en los pacientes, un alineador se puede formar
 con una capa compatible biológica que proporcione una barrera entre un material potencialmente dañino, como un
 alérgeno, y el tejido del paciente.

50 Algunas estructuras adaptables y rígidas pueden ser susceptibles al desgaste y al daño provocados por los fluidos
 que haya en la boca. Por ejemplo, la saliva puede debilitar la estructura del alineador, aumentando la tasa a la que se
 desgasta y reduciendo su rigidez. Por lo tanto, en algunas realizaciones, se puede formar una capa resistente a la
 saliva sobre una o más superficies de una estructura de alineador para hacer frente al desgaste provocado por la
 saliva. En algunas realizaciones, el alineador puede incluir una capa o revestimiento hidrófobo o hidrófilo.

55 En algunas realizaciones, se pueden utilizar varias capas protectoras. Por ejemplo, una capa protectora resistente a
 la tinción puede formarse sobre una capa protectora resistente al desgaste.

La **figura 6C** ilustra una estructura adaptable montada en el atache 640 con una capa protectora 642, de conformidad
 con las realizaciones. En la realización representada, la estructura adaptable 640 es una estructura de almohadilla

acoplada a una superficie de un atache 644 montado sobre un diente 646. El atache 644 puede ser relativamente rígido y/o duro en comparación con la estructura adaptable 640. La estructura adaptable 640 se puede colocar para encajar en una funda externa rígida (no mostrada) que recibe el diente 646 y el atache 644. La capa protectora 642 se puede formar sobre una superficie de la estructura adaptable 640 que entraría en contacto con la funda externa rígida, protegiendo así la estructura adaptable 640 del desgaste debido a la abrasión por parte de la funda externa rígida.

Un dispositivo ortodóncico que incorpora una estructura interna adaptable acoplada a una funda externa rígida puede permitir la aplicación de fuerzas y/o pares relativamente independiente sobre dientes distintos. En algunas realizaciones, esto se puede conseguir aumentando la rigidez de la funda externa para reducir el grado en el que la deformación y/o desviación de una porción de funda provoca la deformación y/o desviación de otras porciones de funda. En tales realizaciones, la funda externa puede ser significativamente más rígida que las fundas utilizadas en otros tipos de dispositivos ortodóncicos. Por ejemplo, un dispositivo configurado para la aplicación de fuerza y/o par independiente puede incluir una funda externa con un módulo elástico de aproximadamente 2,5 GPa o que esté en un intervalo de aproximadamente 1 GPa a aproximadamente 25 GPa. En algunas realizaciones, esta mayor rigidez se puede conseguir aumentando el grosor de la funda externa. Una pluralidad de estructuras internas adaptables se puede acoplar a la funda externa rígida para transmitir fuerzas y/o pares hacia los dientes individuales o subconjuntos de dientes, de conformidad con los procedimientos proporcionadas en el presente documento. Dichos dispositivos pueden permitir que la aplicación de fuerza y/o par esté adaptada en función de cada diente y mejore la previsibilidad de los efectos sobre los dientes contiguos.

Las **figuras 7A, 7B y 7C** ilustran esquemáticamente la aplicación de fuerzas independientes sobre los dientes, de conformidad con las realizaciones. La **figura 7A** ilustra un dispositivo 700 en el que la funda externa incluye una porción lingual rígida 702. En realizaciones alternativas, el dispositivo 700 puede incluir una porción bucal rígida en vez de una porción lingual rígida. Una pluralidad de estructuras internas adaptables (representadas esquemáticamente como resortes 704) está acoplada a una superficie interna de la porción lingual 702, estando cada estructura interna colocada para encajar en un solo diente 706. La porción lingual 702 puede ser lo suficientemente rígida para que las fuerzas y/o pares puedan aplicarse de forma independiente en cada diente 706 por medio de la respectiva estructura interna. La **figura 7B** ilustra un dispositivo 720 similar al dispositivo 700, excepto por que la funda externa incluye una porción bucal rígida 722 además de una porción lingual rígida 724. Las estructuras internas adaptables (representadas esquemáticamente como resortes 726) se pueden acoplar en la porción bucal 722 y/o la porción lingual 724 para encajar en los dientes 728 individuales y transmitir fuerzas y/o pares. La **figura 7C** ilustra un dispositivo 740 similar al dispositivo 700, excepto por que la funda externa es una porción bucal rígida 742, en vez de una porción lingual rígida. Las estructuras internas adaptables (representadas esquemáticamente como resortes 744) están acopladas a una superficie interna de la porción bucal 742, estando cada estructura interna colocada para encajar en un solo diente 746. La porción bucal 742 puede ser lo suficientemente rígida para que las fuerzas y/o pares puedan aplicarse de forma independiente en cada diente 746 por medio de la respectiva estructura.

En realizaciones alternativas, un dispositivo ortodóncico, configurado para aplicar de forma independiente fuerza y/o par, puede incluir una pluralidad de segmentos de funda rígida diferenciados que reciben cada uno un subconjunto de dientes, en vez de las porciones de funda rígidas continuas representadas en las **figuras 7A, 7B y 7C**. Los segmentos de funda se pueden acoplar entre sí por medio de soportes flexibles u otros elementos de conexión que permiten el movimiento relativo de los segmentos. El uso de segmentos de funda diferenciados puede aislar adicionalmente los subconjuntos de dientes para que no se vean afectados por las fuerzas y/o pares aplicados en otros subconjuntos.

En algunas realizaciones, las propiedades de la superficie de la estructura interna adaptable pueden modularse para mejorar adicionalmente el contacto entre el dispositivo y los dientes recibidos. En algunas realizaciones, la estructura interna está formada a partir de un material pegajoso o con fricción elevada para ayudar a crear fuerzas y/o pares tangenciales sobre la superficie de los dientes. Como alternativa o en combinación, la estructura interna puede tener una estructura texturizada, conformada para controlar el movimiento de la saliva con respecto a la superficie dental, por ejemplo, alejándola de o acercándola a la superficie dental. Por ejemplo, alejar la saliva del área de encaje puede permitir un mayor contacto de fricción entre el dispositivo y la superficie de los dientes. Las texturas de superficie para eliminar la saliva pueden incluir estructuras puntiagudas, agujeros u otras estructuras en forma de esponja, canales flexibles que se deforman para empujar la salida hacia afuera o combinaciones de estos. En otras realizaciones, el envío de la saliva hacia el área de encaje puede aumentar la tensión de la superficie entre el dispositivo y los dientes, lo que puede mejorar la transmisión de fuerza y/o par sobre los dientes. Las texturas de superficie para enviar la saliva hacia el área de encaje pueden incluir canales conformados para atraer y retener la saliva mediante acción capilar. Opcionalmente, las alteraciones en las propiedades de superficie se pueden conseguir aplicando un revestimiento con las propiedades deseadas en la estructura interna, en vez de modificando las propiedades de la propia estructura interna.

Los dispositivos ortodóncicos proporcionados en el presente documento pueden incluir otros componentes además de una funda externa rígida y una estructura interna adaptable. En algunas realizaciones, un dispositivo puede incluir, además, una o más capas adicionales acopladas a la superficie externa de la funda externa, y estas capas pueden llevar a cabo diferentes funciones. Por ejemplo, el dispositivo puede incluir una capa más externa acoplada a la superficie externa de la funda externa. La capa más externa puede ser menos rígida que la funda externa para proporcionar la amortiguación de los dientes del maxilar opuesto, mejorar la comodidad del paciente y/o ayudar a

instalar el dispositivo sobre los dientes. Como alternativa o en combinación, la capa más externa puede tener una rigidez y/o dureza mayor que la funda externa, por ejemplo, para proteger el dispositivo frente a la abrasión, desgaste, tinción, interacciones biológicas (por ejemplo, reducir el crecimiento de la placa o biológico) y otros. Por ejemplo, la capa más externa puede tener una dureza mayor que o igual a aproximadamente 70 Shore D o aproximadamente 90 Shore D. En algunas realizaciones, las propiedades de la capa más externa se seleccionan para mejorar la estética del dispositivo. Los dispositivos con variaciones localizadas en su geometría (por ejemplo, grosores no uniformes, protuberancias, rebajes, etc.) pueden tener un aspecto menos estético debido a las propiedades ópticas no uniformes, como la reflectividad. Por consiguiente, la capa más externa puede estar diseñada para proporcionar una superficie externa relativamente lisa para mejorar el aspecto externo del dispositivo. La capa más externa puede ser más fina que la funda externa y/o la estructura interna para reducir las contribuciones de la capa más externa a las propiedades generales del dispositivo.

Del mismo modo, en algunas realizaciones, un dispositivo puede incluir, además, una o más capas adicionales acopladas a la superficie interna de la funda externa y/o estructura interna, y estas capas pueden llevar a cabo diferentes funciones. Por ejemplo, el dispositivo puede incluir una capa más interna acoplada a una superficie interna de la estructura interna, y la capa más interna puede ser más rígida y/o dura que la estructura interna, por ejemplo, para proteger la estructura interna de la abrasión, desgaste, tinción, interacciones biológicas y otros. La capa más interna puede tener una dureza mayor que o igual a aproximadamente 70 Shore D o aproximadamente 90 Shore D, por ejemplo. Como alternativa, la capa más interna puede ser menos rígida que la estructura interna para proporcionar la amortiguación de los dientes del maxilar opuesto, mejorar la comodidad, etc. La capa más interna puede ser más fina que la funda externa y/o la estructura interna para reducir las contribuciones de la capa más interna a las propiedades generales del dispositivo.

La presente divulgación proporciona varios procedimientos para fabricar los dispositivos ortodóncicos con diferentes propiedades localizadas descritas en el presente documento. Como se comentó en el presente documento, tales dispositivos se pueden producir utilizando varios materiales (por ejemplo, un material relativamente rígido y un material relativamente adaptable), teniendo sus diferentes porciones distintas composiciones materiales y/o geometrías. En algunas realizaciones, los dispositivos del presente documento (o porciones de estos) se pueden producir utilizando técnicas de fabricación indirecta, como mediante termoformación sobre un molde positivo o negativo. La fabricación indirecta de un dispositivo ortodóncico puede conllevar la producción de un molde positivo o negativo de la dentadura de un paciente en una disposición objetivo (por ejemplo, mediante fabricación por adición, fresado, etc.) y termoformar una o más láminas de material sobre el molde para producir una funda de dispositivo. En algunas realizaciones, el dispositivo se fabrica mediante la producción de una lámina de material con diferentes porciones que tienen diferentes propiedades localizadas, después, se forma (por ejemplo, termoforma) la lámina de material sobre un molde (por ejemplo, un molde positivo de una disposición dental) para producir una funda. Opcionalmente, las etapas de adición y/o eliminación de material adicionales pueden producirse después de que la funda se haya formado para elaborar el dispositivo final.

Para garantizar que las fuerzas y/o pares se ejercen y se aplican de forma precisa en los dientes adecuados, es importante que las diferentes porciones del dispositivo estén colocadas correctamente con respecto a los dientes subyacentes. La colocación de las porciones del dispositivo en el dispositivo final puede depender de cómo estén colocadas las diferentes porciones sobre la lámina de material utilizada para formar el dispositivo. Por consiguiente, puede ser beneficioso determinar las correspondencias espaciales entre las ubicaciones sobre la lámina de material, las porciones del dispositivo y las porciones de los dientes del paciente para garantizar una fabricación precisa del dispositivo.

La **figura 8A** ilustra correspondencias espaciales entre los dientes 800 de un paciente, un dispositivo ortodóncico 802 y una lámina de material 804, de conformidad con las realizaciones. Como se describe en el presente documento, el dispositivo 802 puede incluir una funda con una pluralidad de cavidades de recepción de dientes conformadas para recibir un respectivo diente de la mandíbula del paciente. El dispositivo 802 puede formarse a partir de una lámina de material 804, por ejemplo, termoformándose sobre un molde. Por consiguiente, cada diente puede asignarse espacialmente a una porción de funda correspondiente del dispositivo 802 y cada porción de funda puede asignarse espacialmente a una porción de lámina correspondiente de la lámina de material 804. Por ejemplo, en la realización representada, el diente 806 se recibe dentro de una porción de funda 808, que está formada a partir de una porción de lámina 810. Después, las asignaciones espaciales se pueden utilizar como base para fabricar la lámina de material 804.

La **figura 8B** ilustra una lámina de material 820 para formar un dispositivo, de conformidad con las realizaciones. La lámina de material 820 puede incluir una pluralidad de diferentes porciones de lámina 822, correspondiéndose cada una con una respectiva porción de funda de un dispositivo que se formará a partir de la lámina 820. Las diferentes porciones de lámina 822 de la lámina de material 820 pueden presentar propiedades distintas (por ejemplo, grosor, rigidez, módulo elástico, etc.), como se indica mediante los distintos sombreados de la **figura 8B**, de modo que el dispositivo formado tiene porciones de funda con distintas propiedades. Por ejemplo, las diferentes porciones de lámina pueden tener diferentes composiciones de material, de modo que el/los tipo/s de material utilizados para formar cada porción de lámina puede/n variar. Como alternativa o en combinación, las diferentes porciones de lámina 822 pueden utilizar los mismos materiales) aunque pueden variar de geometría (por ejemplo, grosor) del/los material/es, para así conseguir distintas propiedades. En algunas realizaciones, una porción de lámina 822 puede asignarse a uno

o más dientes, por ejemplo, la porción de lámina 822a es alargada y está asignada a dos dientes y la porción de lámina 822b es alargada y está asignada a tres dientes.

En algunas realizaciones, las distintas propiedades son uniformes en una porción de lámina 822. En algunas realizaciones, las diferentes propiedades pueden variar en una porción de lámina 822 o en la lámina de material 820. Por ejemplo, la **figura 8C** y la **figura 8D** muestran ejemplos de propiedades variables en la lámina 820 y en las porciones de lámina 822 individuales. La figura 8C muestra una sección transversal a través de la lámina 820 y las porciones de lámina 822d y 822c. La porción de lámina 822d muestra un ejemplo de una porción de lámina que tiene un cambio de nivel en sus bordes y una forma convexa variable en la porción 822d, de un lado a otro. La porción de lámina 822c muestra un ejemplo de una porción de lámina con una forma convexa, en la que el grosor varía de un lado al otro, pero sin un cambio de nivel en sus bordes. El perfil del grosor y la forma en sección transversal de las porciones de lámina 822 y la lámina de material 820 pueden variar según las propiedades deseadas del dispositivo resultante.

La figura 8D muestra otra sección transversal a través de la lámina 820 y cuatro porciones de lámina 822a, 822d, 822e, 822f de la figura 8B. La porción de lámina 822a es un ejemplo de una porción de lámina 822 con un cambio de nivel en sus bordes, pero con un grosor continuo, mientras que la porción de lámina 822d es un ejemplo de una porción de lámina con un cambio de nivel en sus bordes, pero un grosor variable a lo largo de su longitud, con un primer grosor en un borde y un segundo grosor en su otro borde. La porción de lámina 822e es un ejemplo de una porción de lámina de grosor constante, mientras que la porción de lámina 822f es un ejemplo de una porción de lámina cóncava con grosor variable con un cambio de grosor continuo en sus bordes.

La **figura 9** ilustra un procedimiento 900 para diseñar y fabricar un dispositivo ortodóncico, de conformidad con las realizaciones. En algunas realizaciones, el procedimiento 900 es un procedimiento informatizado, de modo que algunas o todas las etapas del procedimiento 900 se llevan a cabo gracias a uno o más procesadores de un aparato o sistema informático.

En la etapa 910, se recibe una representación en 3D de una funda. La representación en 3D puede ser un modelo digital en 3D, por ejemplo. La funda puede incluir una pluralidad de cavidades conformadas para recibir los dientes del paciente, tal y como se describe en el presente documento. En algunas realizaciones, la funda incluye una pluralidad de porciones de funda, colocadas cada una para recibir y encajar en un subconjunto diferente de los dientes del paciente (por ejemplo, un solo diente, varios dientes, una porción de un diente). La representación en 3D puede ilustrar la geometría en 3D de una funda de dispositivo para una fase de tratamiento de un programa de tratamiento ortodóncico. La geometría en 3D puede elaborarse en función de una representación digital de los dientes de un paciente en una disposición dental deseada, tal y como se describe en el presente documento.

En la etapa 920, se elabora una representación en 2D de una lámina de material que se utilizará para formar la funda. La representación en 2D puede corresponder a la representación en 3D de la funda, de modo que la representación en 3D se utilice como base para generar la representación en 2D. En algunas realizaciones, la representación en 3D se transforma, por ejemplo, mediante "aplanado" o "expansión", para generar la representación en 2D. El procedimiento de transformación se puede basar en el comportamiento esperado de la lámina de material durante el procedimiento de formación. Por ejemplo, el procedimiento de transformación puede tener en cuenta factores como las geometrías de las cavidades de recepción de dientes, el procedimiento de fabricación que se utilizará para formar la funda, la temperatura de fabricación que se utilizará, el/los material/es que se utilizará/n, las propiedades materiales del/los material/es que se utilizará/n (por ejemplo, índice de tensión) o combinaciones de estos. Como alternativa o en combinación, la etapa 920 puede conllevar determinar las correspondencias entre los puntos individuales de la representación en 2D de la lámina de material y los puntos de la representación en 3D de la funda, simulando o emulando la deformación directa o inversa de la geometría de la lámina en 2D para llegar a la geometría de la funda en 3D.

La lámina de material puede incluir una pluralidad de porciones de lámina, correspondiéndose cada una a una porción de funda respectiva, y la representación en 2D puede incluir información que indica estas correspondencias espaciales. Las correspondencias espaciales se pueden determinar, por ejemplo, monitorizando varios puntos de la representación en 3D durante el procedimiento de transformación, para así determinar sus ubicaciones finales en la representación en 2D. Por tanto, cada porción de lámina en la representación en 2D puede asignarse a una porción de funda correspondiente de la representación en 3D. Después, la representación en 2D de la lámina se puede actualizar, procesar y/o modificar en ubicaciones seleccionadas para modificar de manera selectiva y local las propiedades de la funda en 3D que se va a formar, como se comentó adicionalmente en el presente documento.

En la etapa 930, se determina la composición material de la lámina de material. La lámina de material se puede formar a partir de una pluralidad de capas de material solapadas, una pluralidad de secciones de material no solapadas o combinaciones de estas, como se describe adicionalmente en el presente documento. En algunas realizaciones, se determina la composición material de cada una de la pluralidad de porciones de lámina, teniendo algunas de las porciones de lámina distintas composiciones materiales (por ejemplo, números diferentes de capas de material, combinaciones diferentes de tipos de material, grosores diferentes en una capa de material, etc.). Por ejemplo, algunas porciones de lámina se pueden fabricar utilizando un material adaptable acoplado a un material rígido, mientras que otras porciones se pueden fabricar utilizando únicamente un material rígido, de modo que el dispositivo resultante es

una funda externa rígida con estructuras internas adaptables en determinadas ubicaciones. Opcionalmente, al menos algunas de las porciones de lámina pueden tener diferentes geometrías (por ejemplo, formas, grosores, etc.).

Como se describe en el presente documento, las diferentes porciones de funda de un dispositivo pueden estar diseñadas para presentar diferentes propiedades para poder aplicar las fuerzas y/o pares en subconjuntos específicos de dientes. Para conseguir esto, las porciones de lámina correspondientes a las porciones de funda se pueden fabricar con distintas propiedades. La composición material de cada porción de lámina se puede determinar en función de las propiedades deseadas para dicha porción en particular. Por ejemplo, se puede determinar una rigidez adecuada para cada porción de lámina y la composición de material de cada porción de lámina se puede determinar en función de la rigidez deseada.

En la etapa 940, las instrucciones se generan para fabricar la lámina de material. Las instrucciones se pueden transmitir a un sistema de fabricación, tal como a una impresora 3D o a una máquina de fresado por control numérico computarizado (CNC). Las instrucciones pueden utilizar el sistema de fabricación para fabricar la lámina de material con las porciones de lámina que tienen las composiciones materiales determinadas en la etapa 930. El procedimiento de fabricación puede conllevar el uso de procedimientos de fabricación por adición, procedimientos de fabricación por sustracción o combinaciones de estos. Por ejemplo, la lámina de material se puede fabricar mediante fresado, grabado, revestimiento, rociado, impresión, unión, pulverización, extrusión, deposición o combinaciones de estas técnicas. En algunas realizaciones, la lámina de material se fabrica utilizando técnicas de fabricación directa, como se comentó adicionalmente en el presente documento.

En la etapa 950, las instrucciones se generan para formar la funda a partir de la lámina de material fabricada. Las instrucciones se pueden transmitir a un sistema de formación, tal como un sistema de termoformación. En tales realizaciones, la funda se puede formar mediante termoformado de la lámina de material fabricada sobre un molde, de modo que la pluralidad de porciones de lámina de la lámina de material se transforma en la pluralidad de porciones de funda de la funda. En algunas realizaciones, la etapa 950 conlleva la alineación precisa de la lámina de material fabricada con el molde para garantizar que la funda se forme con las composiciones materiales deseadas en las ubicaciones pensadas.

El procedimiento 900 se puede utilizar para producir cualquier realización de los dispositivos descritos en el presente documento, tal como un dispositivo con una funda externa rígida y una estructura interna adaptable. Por ejemplo, el procedimiento 900 se puede utilizar para fabricar una lámina de material con una capa externa rígida y una capa interna adaptable. La lámina de material puede tener porciones de lámina con distintas composiciones materiales, tal como con diferentes grosores de la capa interna adaptable. La lámina de material se puede transformar en una funda, de modo que la capa interna adaptable quede colocada entre la capa externa rígida y los dientes del paciente cuando el paciente lleve puesta la funda. La capa externa rígida puede estar configurada para ejercer una fuerza y/o par cuando se lleva puesta la funda, y la capa interna adaptable puede estar configurada para distribuir la fuerza y/o par a uno o más dientes recibidos dentro de la funda.

Aunque las etapas anteriores muestran el procedimiento 900 de diseño y fabricación de conformidad con las realizaciones, un experto habitual en la materia reconocerá que existen muchas variantes en función de las enseñanzas descritas en el presente documento. Algunas de las etapas pueden comprender subetapas. Algunas de las etapas pueden ser opcionales, tal como una o más etapas 930, 940 o 950. El orden de las etapas puede variar según se desee. Por ejemplo, en realizaciones alternativas, la etapa 950 podría llevarse a cabo tras la etapa 920 y antes de la etapa 930.

La **figura 10A** ilustra un procedimiento de fabricación por adición 1000 para fabricar un dispositivo, de conformidad con las realizaciones. El procedimiento 1000 se puede utilizar en combinación con cualquiera de los procedimientos de fabricación descritos en el presente documento (por ejemplo, el procedimiento 900). En la etapa 1010, se proporciona una lámina de material que incluye una capa de un primer material. El primer material puede ser un material relativamente rígido, por ejemplo. En la etapa 1020, se añade un segundo material distinto en una o más porciones de la primera capa. El segundo material puede ser un material relativamente adaptable, por ejemplo. El segundo material se puede aplicar, por ejemplo, mediante revestimiento, rociado, impresión, técnicas de estereolitografía, unión, extrusión o combinaciones de estas para producir un perfil de forma deseado (por ejemplo, una sola capa continua, una pluralidad de estructuras diferenciadas, grosores variables, etc.). Opcionalmente, la etapa 1020 puede repetirse según sea necesario para añadir cualquier número de materiales en la lámina. Como alternativa, en lugar de utilizar materiales diferentes, el procedimiento 1000 puede conllevar la adhesión de varias capas del mismo material. El número y/o grosores de las capas de material pueden variar para producir las propiedades deseadas. En algunas realizaciones, las etapas 1010 y 1020 se llevan a cabo utilizando una o más de las técnicas de fabricación directa descritas en el presente documento. En la etapa 1030, la lámina de material se transforma en una funda conformada para llevarla puesta en los dientes. Por ejemplo, una lámina formada a partir de un primer material rígido y un segundo material adaptable se puede moldear para que el primer material forme una funda externa y el segundo material quede colocado en el interior de la funda.

La **figura 10B** ilustra un procedimiento de fabricación por sustracción 1050 para fabricar un dispositivo, de conformidad con las realizaciones. El procedimiento 1050 se puede utilizar en combinación con cualquiera de los procedimientos de fabricación descritos en el presente documento (por ejemplo, el procedimiento 900). En la etapa 1060, se

- proporciona una lámina de material que incluye una primera capa de un primer material y una segunda capa de un segundo material. El primer material puede ser un material relativamente rígido y el segundo material puede ser un material relativamente adaptable, por ejemplo. En la etapa 1070, se eliminan una o más porciones de la segunda capa. Las segundas porciones de capa pueden eliminarse, por ejemplo, mediante fresado, grabado químico, grabado láser o combinaciones de estos para producir un perfil de forma deseado (por ejemplo, una sola capa continua, una pluralidad de estructuras diferenciadas, grosores variables, etc.). Opcionalmente, la etapa 1070 puede también suponer eliminar una o más porciones de la primera capa. En la etapa 1080, la lámina de material se transforma en una funda conformada para llevarla puesta en los dientes. Por ejemplo, la primera capa puede formar una funda de dispositivo y la segunda capa puede ubicarse en el interior de la funda.
- Las **figuras 11A y 11B** ilustran la fabricación de una lámina de material a partir de una pluralidad de capas de material que se solapan 1100a-d, de conformidad con las realizaciones. Una pluralidad de capas de material que se solapan 1100a-d puede proporcionarse, como se ilustra en la **figura 11A** (que ilustra una vista en sección transversal). Algunas o todas las capas de material 1100a-d pueden estar hechas a partir de distintos tipos de material y/o tener diferentes propiedades, como se indica por los distintos sombreados de la realización representada. Como alternativa, algunas o todas las capas de material 1100a-d pueden estar hechas a partir del mismo tipo de material y/o tener las mismas propiedades. En algunas realizaciones, el área de cobertura de algunas o todas las capas son distintas entre sí. Por ejemplo, en la realización representada, la capa 1100a abarca toda la lámina de material, mientras que las capas 1100b-d abarcan parcialmente la lámina de material. Las capas con una cobertura parcial se pueden fabricar de diversas maneras, por ejemplo, eliminando selectivamente una o más porciones de una capa más grande, fabricando la capa para que incluya solo las porciones deseadas, etc.
- Las capas de material 1100a-d pueden estar acopladas entre sí para formar una lámina de material multicapa 1102, como se muestra en la **figura 11B**. Las distintas capas 1100a-d pueden acoplarse consecutivamente entre sí o se pueden acoplar todas juntas de forma simultánea. En algunas realizaciones, la lámina de material 1102 se forma utilizando las técnicas de fabricación directa descritas en el presente documento. La lámina de material fabricada 1102 puede incluir varias capas de materiales diferentes, con diferentes composiciones de material en diferentes ubicaciones según la cobertura de cada capa de material individual. Las diferentes porciones de lámina de material 1102 pueden presentar distintos grosores en función del número y/o grosores de las capas utilizado para formar cada porción. En algunas realizaciones, una lámina de material puede tener dos, tres, cuatro o más capas de materiales similares o distintos.
- De la **figura 12A a la 12C** se ilustra la fabricación de una lámina de material a partir de una pluralidad de secciones de material que no se solapan 1200a-c, de conformidad con las realizaciones. Se puede proporcionar una pluralidad de secciones de material que no se solapan 1200a-c, como se ilustra en la **figura 12A** (que ilustra una vista en sección transversal). Algunas o todas las secciones de material 1200a-c pueden estar hechas a partir de distintos tipos de material y/o tener diferentes propiedades, como se indica por los distintos sombreados de la realización representada. En algunas realizaciones, el área de cobertura de algunas o todas las secciones son distintas entre sí. Por ejemplo, en la realización representada, cada una de las secciones 1200a-c abarca una porción diferente de la lámina de material.
- Las secciones de material 1200a-c pueden estar acopladas entre sí para formar una lámina de material multicapa 1202, como se muestra en la **figura 12B**. Las distintas secciones 1200a-c pueden acoplarse consecutivamente entre sí, y todas se pueden acoplar en conjunto de forma simultánea. En realizaciones alternativas, la lámina de material 1202 se puede fabricar sin proporcionar primero secciones de material diferenciadas 1200a-c, por ejemplo, mediante el uso de un procedimiento de impresión o revestimiento selectivo para aplicar diferentes materiales en ubicaciones distintas. En algunas realizaciones, la lámina de material 1202 se forma utilizando las técnicas de fabricación directa descritas en el presente documento. La lámina de material fabricada 1202 puede incluir diferentes composiciones materiales en diferentes porciones de lámina, según la ubicación de cada sección de material.
- Opcionalmente, una o más capas de soporte 1204 se pueden acoplar a la lámina de material unicapa 1202, lo que crea una lámina de material multicapa 1206. La capa de soporte 1204 se puede utilizar para reforzar la lámina de material unicapa 1202, en particular, en o cerca de las áreas donde las diferentes secciones de material 1200a-c se unen entre sí. En algunas realizaciones, se utiliza una sola capa de soporte 1204. Como alternativa, se pueden utilizar varias capas de soporte, por ejemplo, acopladas a las superficies superior e inferior de la lámina de material unicapa 1202, para así rodear la lámina 1202. La capa de soporte puede ser relativamente fina en comparación con la lámina de material unicapa 1202, para así provocar poco o ningún efecto en la rigidez de la lámina final 1206. Este enfoque puede utilizarse para proporcionar una lámina más resistente y reducir la probabilidad de rotura o separación entre las diferentes secciones de material 1200a-c.
- Las diversas realizaciones de los dispositivos ortodóncicos presentadas en el presente documento se pueden fabricar de una amplia variedad de maneras. En algunas realizaciones, los dispositivos ortodóncicos del presente documento (o porciones de estos) se producen utilizando la fabricación directa, tal como técnicas de fabricación por adición (también denominadas en el presente documento "impresión en 3D" o técnicas de fabricación por sustracción (por ejemplo, molienda). En algunas realizaciones, la fabricación directa supone la formación de un objeto (por ejemplo, un dispositivo ortodóncico o una porción de este) sin utilizar una plantilla física (por ejemplo, molde, marco, etc.) para definir la geometría del objeto. Las técnicas de fabricación por adición pueden categorizarse según lo siguiente: 1)

fotopolimerización VAT (por ejemplo, estereolitografía), en el que un objeto se construye capa por capa a partir de una resina fotopolimérica líquida de VAT; 2) rociado de material, en el que el material se rocía sobre una plataforma construida utilizando un enfoque continuo o de goteo a demanda (DOD); 3) rociado de aglutinante, en el que las capas alternas de un material construido (por ejemplo, un material a base de polvo) y un material de unión (por ejemplo, un aglutinante líquido) se depositan por medio de un cabezal de impresión; 4) modelado por deposición fundida (FDM), en el que el material se atrae a través de una boquilla, se calienta y se deposita capa por capa; 5) fusión de lecho de polvo, que incluye pero no se limita a sinterización directa por láser de metal (DMLS), fusión por haz de electrones (EMB), sinterización selectiva por calor (SHS), fusión selectiva por láser (SLM) y sinterización selectiva por láser (SLS); 6) laminación, que incluye pero no se limita a fabricación de objetos laminados (LOM), y fabricación aditiva ultrasónica (UAM); y 7) deposición directa de energía, que incluye pero no se limita a conformación de red diseñada por láser, fabricación de luz dirigida, deposición directa de metal y recubrimiento láser en 3D. Por ejemplo, la estereolitografía se puede utilizar para fabricar de forma directa uno o más de los dispositivos del presente documento. En algunas realizaciones, la estereolitografía conlleva la polimerización selectiva de una resina fotosensible (por ejemplo, fotopolímero) según una forma en sección transversal deseada mediante el uso de luz (por ejemplo, luz ultravioleta). La geometría del objeto puede crearse capa por capa polimerizando consecutivamente una pluralidad de secciones transversales del objeto. Como ejemplo adicional, los dispositivos del presente documento pueden fabricarse directamente utilizando sinterización directa por láser. En algunas realizaciones, la sinterización directa por láser conlleva el uso de un haz de láser para derretir y fundir selectivamente una capa de material en polvo según una forma en sección transversal deseada para componer la geometría del objeto. Como otro ejemplo más, los dispositivos del presente documento pueden fabricarse directamente mediante modelado por deposición fundida. En algunas realizaciones, el modelado por deposición fundida conlleva derretir y depositar selectivamente un filamento fino de polímero termoplástico capa por capa para formar un objeto. En otro ejemplo más, el rociado de material se puede utilizar para fabricar de forma directa los dispositivos del presente documento. En algunas realizaciones, el rociado de material conlleva rociar o extrudir uno o más materiales sobre una superficie construida para formar capas sucesivas de la geometría del objeto.

En algunas realizaciones, los procedimientos de fabricación directa proporcionados en el presente documento componen la geometría del objeto capa por capa, formándose las capas sucesivas en etapas de construcción diferenciadas. Como alternativa o en combinación, se pueden utilizar los procedimientos de fabricación directa que permiten la composición continua de una geometría de objeto, denominada en el presente documento, "fabricación continua directa". Se pueden utilizar diversos tipos de procedimientos de fabricación continua directa. Como ejemplo, en algunas realizaciones, los dispositivos del presente documento se fabrican utilizando "impresión continua en interfaz líquida", en la que un objeto se compone de forma continua a partir de un depósito de resina fotopolimerizable formando un gradiente de resina parcialmente curada entre la superficie de construcción del objeto y una "zona muerta" de polimerización inhibida. En algunas realizaciones, se utiliza una membrana semipermeable para controlar el transporte de un inhibidor de fotopolimerización (por ejemplo, oxígeno) hacia la zona muerta, para así formar el gradiente de fotopolimerización. La impresión continua en interfaz líquida puede conseguir velocidades de fabricación de aproximadamente 25 veces a aproximadamente 100 veces más rápidas que otros procedimientos de fabricación directa, y se pueden conseguir velocidades aproximadamente 1000 veces más rápidas con la incorporación de sistemas de refrigeración. La impresión continua en interfaz líquida se describe en la Publicación de patente de Estados Unidos n.º 2015/0097315, 2015/0097316 y 2015/0102532.

Como ejemplo adicional, un procedimiento de fabricación directa continua puede conseguir la composición continua de una geometría de objeto mediante el movimiento continuo de la plataforma construida (por ejemplo, a lo largo de la vertical o la dirección Z) durante la fase de irradiación, de modo que la profundidad de endurecimiento del fotopolímero irradiado se controla mediante la velocidad de movimiento. Por consiguiente, se puede conseguir la polimerización continua de material sobre la superficie construida. Dichos procedimientos se describen en la Patente de Estados Unidos n.º 7.892.474.

En otro ejemplo, un procedimiento de fabricación directa continua puede suponer la extrusión de un material compuesto, compuesto por un material líquido curable que rodea una hebra sólida. El material compuesto se puede extrudir a lo largo de una trayectoria tridimensional para formar el objeto. Dichos procedimientos se describen en la Patente de Estados Unidos n.º 2014/0061974.

En otro ejemplo más, un procedimiento de fabricación directa continua utiliza un enfoque de "heliolitografía" en el que el fotopolímero líquido se cura con radiación focalizada, mientras la plataforma construida rota y se eleva de forma continua. Por consiguiente, la geometría del objeto puede componerse de forma continua a lo largo de una trayectoria de construcción en espiral. Dichos procedimientos se describen en la Patente de Estados Unidos n.º 2014/0265034.

En algunas realizaciones, los dispositivos ortodóncicos del presente documento se forman utilizando técnicas de fabricación directa y fabricación indirecta. Por ejemplo, una técnica de fabricación directa (por ejemplo, fotopolimerización VAT, rociado de material, rociado de aglutinante, extrusión de material, fusión de lecho de polvo, laminación o deposición de energía dirigida) se puede utilizar para formar una primera porción del dispositivo, y se puede utilizar una técnica de fabricación indirecta (por ejemplo, termoformación) para formar una segunda porción del dispositivo. En algunas realizaciones, se utiliza una técnica de fabricación directa para producir una lámina de material con propiedades y/o composiciones de material variables como las descritas en el presente documento, y se utiliza una técnica de fabricación indirecta para transformar la lámina de material en el dispositivo.

Los enfoques de fabricación directa proporcionados en el presente documento son compatibles con una amplia variedad de materiales, que incluyen pero no se limitan a uno o más de los siguientes: un poliéster, un copoliéster, un policarbonato, un poliuretano termoplástico, un polipropileno, un polietileno, un polipropileno y copolímero de polietileno, un acrílico, un copolímero en bloque cíclico, una polieteretercetona, una poliamida, un tereftalato de polietileno, un tereftalato de polibutileno, una polieterimida, una poliétersulfona, un tereftalato de politrimetileno, un copolímero en bloque estirénico (SBC), un caucho de silicona, una aleación elastomérica, un elastómero termoplástico (TPE), un elastómero termoplástico vulcanizado (TPV), un elastómero poliuretano, un elastómero en bloque de copolímero de copoliéster termoplástico, un elastómero de poliamida termoplástica o combinaciones de estos. Los materiales utilizados para la fabricación directa se pueden proporcionar en forma no curada (por ejemplo, como líquido, resina, polvo, etc.) y se pueden curar (por ejemplo, mediante fotopolimerización, curado por luz, curado por gas, curado por láser, reticulación, etc.) para formar un dispositivo ortodóncico o una porción de este. Las propiedades del material antes del curado pueden ser diferentes de las propiedades del material tras el curado. Una vez curados, los materiales del presente documento pueden presentar la resistencia, rigidez, durabilidad, biocompatibilidad, etc. suficientes para su uso en un dispositivo ortodóncico. Las propiedades tras el curado de los materiales utilizados pueden seleccionarse según las propiedades deseadas para las porciones correspondientes del dispositivo.

En algunas realizaciones, las porciones relativamente rígidas del dispositivo ortodóncico pueden formarse mediante fabricación directa utilizando uno o más de los siguientes materiales: un poliéster, un copoliéster, un policarbonato, un poliuretano termoplástico, un polipropileno, un polietileno, un polipropileno y copolímero de polietileno, un acrílico, un copolímero en bloque cíclico, una polieteretercetona, una poliamida, un tereftalato de polietileno, un tereftalato de polibutileno, una polieterimida, una polietersulfona y/o un tereftalato de politrimetileno.

En algunas realizaciones, las porciones relativamente elásticas del dispositivo ortodóncico pueden formarse mediante fabricación directa utilizando uno o más de los siguientes materiales: un copolímero en bloque estirénico (SBC), un caucho de silicona, una aleación elastomérica, un elastómero termoplástico (TPE), un elastómero termoplástico vulcanizado (TPV), un elastómero poliuretano, un elastómero en bloque de copolímero, un elastómero combinado con poliolefina, un elastómero de copoliéster termoplástico y/o un elastómero de poliamida termoplástica.

Opcionalmente, los procedimientos de fabricación directa descritos en el presente documento permiten la fabricación de un dispositivo que incluye varios materiales, denominada en el presente documento "fabricación directa de múltiples materiales". En algunas realizaciones, un procedimiento de fabricación directa de múltiples materiales supone la formación a la vez de un objeto a partir de varios materiales en una sola etapa de fabricación. Por ejemplo, un aparato de extrusión con varias puntas se puede utilizar para dispensar selectivamente varios tipos de materiales (por ejemplo, resinas, líquidos, sólidos o combinaciones de estos) a partir de fuentes de suministro de material diferentes para fabricar un objeto a partir de una pluralidad de materiales distintos. Dichos procedimientos se describen en la Patente de Estados Unidos n.º 6.749.414. Como alternativa o en combinación, un procedimiento de fabricación directa de múltiples materiales puede suponer la formación de un objeto a partir de varios materiales en una pluralidad de etapas de fabricación consecutivas. Por ejemplo, una primera porción del objeto puede formarse a partir de un primer material de conformidad con cualquiera de los procedimientos de fabricación directa del presente documento, después, se puede formar una segunda porción del objeto a partir de un segundo material de conformidad con los procedimientos del presente documento, y así hasta que se forma todo el objeto. La disposición relativa de la primera y segunda porciones pueden variar según se desee, por ejemplo, la segunda porción del objeto puede encapsular parcial o totalmente la primera porción.

La fabricación directa puede proporcionar varias ventajas en comparación con otros enfoques de fabricación. Por ejemplo, en comparación con la fabricación indirecta, la fabricación directa permite la producción de un dispositivo ortodóncico sin utilizar ningún molde o plantilla para conformar el dispositivo, reduciendo así el número de etapas de fabricación que conlleva y mejorando la resolución y precisión de la geometría final del dispositivo. Además, la fabricación directa permite un control preciso de la geometría tridimensional del dispositivo, tal como del grosor del dispositivo. Las estructuras complejas y/o componentes auxiliares se pueden formar de manera integral como una sola pieza con la funda del dispositivo en una sola etapa de fabricación, en vez de añadirse a la funda en una etapa de fabricación separada. En algunas realizaciones, la fabricación directa se utiliza para producir geometrías de dispositivo que serían difíciles de crear utilizando técnicas de fabricación alternativas, como dispositivos con características muy pequeñas o finas, formas geométricas complejas, rebajes, estructuras interproximales, fundas con grosores variables y/o estructuras internas (por ejemplo, para mejorar la resistencia con un peso y uso de material reducidos). Por ejemplo, en algunas realizaciones, los enfoques de fabricación directa del presente documento permiten la fabricación de un dispositivo ortodóncico con tamaños de características de menos de o igual a aproximadamente 5 μm , o en un intervalo de aproximadamente 5 μm a aproximadamente 50 μm , o en un intervalo de aproximadamente 20 μm a aproximadamente 50 μm .

La fabricación directa puede proporcionar un control optimizado de la geometría y las propiedades materiales del dispositivo en tres dimensiones. En algunas realizaciones, las técnicas de fabricación directa descritas en el presente documento se pueden utilizar para producir dispositivos con propiedades materiales sustancialmente isotrópicas, por ejemplo, sustancialmente las mismas o resistencias similares a lo largo de todas las direcciones. En algunas realizaciones, las técnicas de fabricación directa descritas en el presente documento se pueden utilizar para producir dispositivos con propiedades materiales isotrópicas. Por ejemplo, las capas de material que forman un dispositivo

pueden incluir capas de material con diferentes direccionalidades. Por ejemplo, una primera capa puede incluir un material de polímero que tiene cadenas de polímero dispuestas en sustancialmente una primera dirección, mientras que una segunda capa puede incluir un material de polímero con cadenas de polímero dispuestas en sustancialmente una segunda dirección, siendo distinta la primera dirección de la segunda dirección. En algunas realizaciones, los enfoques de fabricación directa del presente documento permiten la producción de un dispositivo ortodóncico con una resistencia que varía en no más de aproximadamente un 25 %,

aproximadamente un 20 %, aproximadamente un 15 %, aproximadamente un 10 %, aproximadamente un 5 %, aproximadamente un 1 % o aproximadamente un 0,5 % a lo largo de todas las direcciones. Como alternativa, la fabricación directa se puede utilizar para fabricar dispositivos con propiedades materiales anisotrópicas y/o heterogéneas, como dispositivos con porciones rígidas (por ejemplo, una funda externa rígida) y porciones adaptables (por ejemplo, una estructura interna adaptable), como se comentó en el presente documento. Por ejemplo, los dispositivos con las estructuras presentadas en el presente documento, como con varias capas (véanse, por ejemplo, de la **figura 4A** a la **4C**), una pluralidad de estructuras de almohadilla diferenciadas (véase, por ejemplo, la **figura 5A**, una pluralidad de estructuras de conexión diferenciadas (véase, por ejemplo, la **figura 5B**), una pluralidad de estructuras hinchables diferenciadas (véase, por ejemplo, la **figura 5C**), estructuras de encaje en ataches (véase, por ejemplo, la **figura 6A**), ataches montados en los dientes (véase, por ejemplo, la **figura 6B**), estructuras de montaje en ataches (véase, por ejemplo, la **figura 6C**), y/o plantillas de ataches (véase, por ejemplo, las **figuras 17A** y **17B**) se pueden producir fácilmente utilizando técnicas de fabricación directa.

En algunas realizaciones, los dispositivos de la presente divulgación se producen mediante el uso de fabricación directa de múltiples materiales para depositar diferentes tipos de materiales en ubicaciones donde se desean las propiedades diferentes. Por ejemplo, un material relativamente rígido o duro se puede depositar en ubicaciones donde se desea una mayor rigidez (por ejemplo, una funda externa rígida) y un material relativamente adaptable o elástico se puede depositar en ubicaciones donde se desea una mayor adaptabilidad (por ejemplo, una estructura interna adaptable). La producción de un dispositivo a partir de varios materiales se puede llevar a cabo a la vez en una sola etapa de fabricación o en una pluralidad de etapas consecutivas, como se comentó anteriormente y en el presente documento. En algunas realizaciones, la estructura interna adaptable se forma a la vez y de forma integral con la funda externa rígida, en vez de acoplarse a la funda en una etapa distinta tras haber producido la funda.

Como alternativa o en combinación, los dispositivos del presente documento se producen mediante el uso de técnicas de fabricación directa que varían la geometría del dispositivo en ubicaciones donde se desean propiedades distintas. Por ejemplo, un procedimiento de fabricación directa puede variar selectivamente el grosor del material formado para controlar la rigidez resultante del dispositivo, por ejemplo, de modo que las porciones más rígidas del dispositivo tienen un mayor grosor en comparación con porciones más adaptables del dispositivo. Como ejemplo adicional, las estructuras de modulación de la rigidez, como aberturas, rendijas, perforaciones, grabados y otros se pueden formar selectivamente en determinadas ubicaciones del dispositivo para reducir la rigidez local en dichas ubicaciones. La fabricación directa permite la formación de esas estructuras de manera integral y a la vez que la formación del dispositivo, de modo que no son necesarias etapas de corte o grabado separadas. En otro ejemplo más, los parámetros del procedimiento de fabricación directa, como los parámetros de curado (por ejemplo, el tiempo de curado, energía, potencia, separación, profundidad) pueden variar de forma selectiva para influir en la rigidez y/u otras propiedades del material. En muchas realizaciones, el control de los parámetros de curado se utiliza para controlar el grado de reticulación del material formado, lo que a su vez contribuye a la rigidez local (por ejemplo, una mayor reticulación produce una mayor rigidez, una menor reticulación produce una menor rigidez).

Además, los enfoques de fabricación directa del presente documento se pueden utilizar para producir dispositivos ortodóncicos a una velocidad mayor en comparación con otras técnicas de fabricación. En algunas realizaciones, los enfoques de fabricación directa del presente documento permiten la producción de un dispositivo ortodóncico en un intervalo de tiempo inferior a o igual a aproximadamente 1 hora, aproximadamente 30 minutos, aproximadamente 25 minutos, aproximadamente 20 minutos, aproximadamente 15 minutos, aproximadamente 10 minutos, aproximadamente 5 minutos, aproximadamente 4 minutos, aproximadamente 3 minutos, aproximadamente 2 minutos, aproximadamente 1 minuto o aproximadamente 30 segundos. Estas velocidades de fabricación permiten la producción rápida en la clínica de dispositivos personalizados, por ejemplo, durante una cita o revisión rutinaria.

En algunas realizaciones, los procedimientos de fabricación directa descritos en el presente documento implementan los controles del procedimiento de varios parámetros de máquina de un sistema o aparato de fabricación directa para garantizar que los dispositivos resultantes se fabriquen con un alto grado de precisión. Esta precisión puede ser beneficiosa para garantizar la producción adecuada de un sistema de fuerzas deseado en los dientes para provocar de forma efectiva los movimientos dentales. Los controles del procedimiento se pueden implementar para explicar la variabilidad del procedimiento que surge de varias fuentes, como de las propiedades materiales, los parámetros de máquina, las variables ambientales y/o los parámetros de procesamiento posterior.

Las propiedades materiales pueden variar dependiendo de las propiedades de las materias primas, la pureza de las materias primas y/o las variables del procedimiento durante la mezcla de las materias primas. En muchas realizaciones, las resinas u otros materiales de fabricación directa deberían fabricarse con un procedimiento de control estricto para garantizar que exista poca variabilidad en las fotocaracterísticas, propiedades materiales (por ejemplo, viscosidad, tensión de superficie), propiedades físicas (por ejemplo, módulo, resistencia, alargamiento) y/o

propiedades térmicas (por ejemplo, temperatura de transición del vidrio, temperatura de deflexión térmica). El control del procedimiento de un procedimiento de fabricación de materiales puede conseguirse con el análisis de las propiedades físicas de las materias primas y/o el control de la temperatura, humedad y/u otros parámetros del procedimiento durante el procedimiento de mezcla. Mediante la implementación de los controles del procedimiento del procedimiento de fabricación de materiales, se pueden conseguir una variabilidad reducida de los parámetros del procedimiento y propiedades materiales más uniformes para cada lote de materiales. La variabilidad residual en las propiedades materiales se puede compensar con un control del procedimiento en la máquina, como se comentó adicionalmente en el presente documento.

Los parámetros de máquina pueden incluir parámetros de curado. Para sistemas de curado basados en procesamiento de luz digital (DLP), los parámetros de curado pueden incluir la potencia, el tiempo de curado y/o la escala de grises de la imagen completa. Para los sistemas de curado basados en láser, los parámetros de curado pueden incluir la potencia, velocidad, tamaño del haz, forma del haz y/o distribución de la potencia del haz. Para los sistemas de impresión, los parámetros de curado pueden incluir el tamaño de gota del material, la viscosidad y/o la potencia de curado. Estos parámetros de máquina pueden monitorizarse y ajustarse de forma regular (por ejemplo, algunos parámetros cada 1-x capas y otros parámetros después de cada construcción) como parte del control del procedimiento de la máquina de fabricación. El control del procedimiento puede lograrse incluyendo un sensor en la máquina que mida la potencia y otros parámetros del haz cada capa o cada pocos segundos y que los ajuste automáticamente con un circuito de retroalimentación. Para las máquinas de DLP, la escala de grises se puede medir y calibrar antes, durante y/o al final de cada construcción, y/o a intervalos temporales predeterminados (por ejemplo, cada construcción n° "x", una vez por hora, una vez al día, una vez a la semana, etc.), dependiendo de la estabilidad del sistema. Además, las propiedades materiales y/o fotocaracterísticas se pueden proporcionar en la máquina de fabricación y el módulo de control del procedimiento de máquina puede utilizar estos parámetros para ajustar los parámetros de máquina (por ejemplo, la potencia, tiempo, escala de grises, etc.) para compensar la variabilidad de las propiedades materiales. Mediante la implementación de los controles del procedimiento de la máquina de fabricación, se puede conseguir una variabilidad reducida de la precisión del dispositivo y de la tensión residual.

En muchas realizaciones, las variables ambientales (por ejemplo, temperatura, humedad, luz del sol o exposición a otra fuente de energía/curado) se mantienen en un intervalo estricto para reducir la variabilidad del grosor y/u otras propiedades del dispositivo. Opcionalmente, los parámetros de máquina se pueden ajustar para compensar las variables ambientales.

En muchas realizaciones, el procesamiento posterior de los dispositivos incluye procedimientos de limpieza, curado posterior y/o retirada del soporte. Los parámetros de procesamiento posterior relevantes pueden incluir la pureza de la sustancia de limpieza, la presión de limpieza y/o la temperatura, el tiempo de limpieza, la energía de poscurado y/o el tiempo y/o la coherencia del procedimiento de retirada del soporte. Estos parámetros pueden medirse y ajustarse como parte de un esquema de control del procedimiento. Además, las propiedades físicas del dispositivo pueden variar modificando los parámetros de procesamiento posterior. El ajuste de los parámetros de máquina de procesamiento posterior puede proporcionar otra manera de compensar la variabilidad de las propiedades materiales y/o las propiedades de máquina.

La configuración de los dispositivos ortodóncicos del presente documento puede determinarse según un programa de tratamiento para un paciente, por ejemplo, un programa de tratamiento que suponga la administración sucesiva de una pluralidad de dispositivos para recolocar gradualmente los dientes. La programación del tratamiento informatizada y/o los procedimientos de fabricación de dispositivos se pueden utilizar para facilitar el diseño y la fabricación de los dispositivos. Por ejemplo, uno o más de los componentes del dispositivo descritos en el presente documento se pueden diseñar y fabricar digitalmente con la ayuda de dispositivos de fabricación controlador por ordenador (por ejemplo, fresado por control numérico computarizado (CNC), fabricación por adición controlada por ordenador, tal como rociado directo, etc.). Los procedimientos informatizados presentados en el presente documento pueden mejorar la precisión, flexibilidad y comodidad de la fabricación del dispositivo.

La **figura 15** ilustra un procedimiento 1500 para diseñar un dispositivo ortodóncico que se producirá mediante fabricación directa, de conformidad con las realizaciones. El procedimiento 1500 se puede aplicar en cualquier realización de los dispositivos ortodóncicos descritos en el presente documento. Algunas o todas las etapas del procedimiento 1500 se pueden llevar a cabo mediante cualquier sistema o aparato de procesamiento de datos, por ejemplo, uno o más procesadores configurados con las instrucciones adecuadas.

En la etapa 1510, se determina una trayectoria de movimiento para mover uno o más dientes desde una disposición inicial hasta una disposición objeto. La disposición inicial puede determinarse a partir de un molde o escaneo de los dientes del paciente o del tejido de la boca, por ejemplo, mediante el uso de registros de mordida en cera, el escaneo por contacto directo, la obtención de imágenes por rayos X, la obtención de imágenes por tomografía, la obtención de imágenes por ecografía y otras técnicas para obtener información sobre la posición y estructura de los dientes, maxilares, encías y otro tejido relevante en términos ortodóncicos. A partir de los datos obtenidos, se puede obtener un conjunto de datos digitales que representa la disposición inicial (por ejemplo, previa al tratamiento) de los dientes del paciente u otros tejidos. Opcionalmente, el conjunto de datos digitales iniciales se procesa para dividir los componentes del tejido entre sí. Por ejemplo, se pueden producir estructuras de datos que representan digitalmente las coronas dentales individuales. Ventajosamente, se pueden producir modelos digitales de dientes enteros,

incluyendo las superficies y estructuras de raíces ocultas medidas o extrapoladas, así como el hueso circundante y el tejido blando.

5 La disposición objetivo de los dientes (por ejemplo, el resultado final deseado y previsto del tratamiento ortodóncico) puede recibirse de un especialista clínico en forma de prescripción, puede calcularse a partir de principios ortodóncicos básicos y/o puede extrapolarse informáticamente a partir de una prescripción clínica. Con una especificación de las posiciones finales deseadas de los dientes y una representación digital de los propios dientes, puede especificarse la posición final y la geometría de la superficie de cada diente para formar un modelo completo de la disposición de los dientes al final del tratamiento deseado.

10 Disponiendo de una posición inicial y una posición final para cada diente, se puede definir una trayectoria de movimiento para el movimiento de cada diente. En algunas realizaciones, las trayectorias de movimiento están configuradas para mover los dientes de la manera más rápida con la menor cantidad de proinclinación, para así mover los dientes desde sus posiciones iniciales hasta sus posiciones finales deseadas. Las trayectorias se pueden dividir opcionalmente y los segmentos se pueden calcular para que el movimiento de cada diente dentro de un segmento permanezca dentro de los límites de los umbrales de traslación lineal y rotacional. De esta manera, los puntos finales de cada segmento de trayectoria pueden constituir una recolocación clínicamente viable, y el total de puntos finales de los segmentos puede constituir una secuencia clínicamente viable de posiciones dentales, de modo que el movimiento desde un punto al siguiente de la secuencia no tenga como resultado una colisión de dientes.

20 En la etapa 1520, se determina un sistema de fuerzas para producir el movimiento de dicho uno o más dientes a lo largo de la trayectoria de movimiento. Un sistema de fuerzas puede incluir una o más fuerzas y/o uno o más pares. Los distintos sistemas de fuerzas pueden producir distintos tipos de movimiento dental, como inclinación, traslación, rotación, extrusión, intrusión, movimiento radicular, etc. Los principios biomecánicos, las técnicas de modelado, las técnicas de cálculo/medición de la fuerza y similares, que incluyen el conocimiento y los enfoques habitualmente utilizados en ortodoncia, se pueden utilizar para determinar el sistema de fuerzas apropiado que se vaya a aplicar en el diente para lograr el movimiento dental. Para determinar el sistema de fuerzas que se va a aplicar, han de considerarse las fuentes que incluyen la literatura, los sistemas de fuerza determinados por la experimentación o el modelado virtual, el modelado informatizado, la experiencia clínica, la minimización de las fuerzas no deseadas, etc.

30 En la etapa 1530, se determina la geometría de dispositivo para un dispositivo ortodóncico configurado para producir el sistema de fuerzas. El dispositivo puede incluir una funda externa rígida y una estructura interna adaptable, como se comentó en el presente documento. La etapa 1530 puede conllevar el determinar la forma y disposición de la funda externa y de la estructura interna, lo que produciría las fuerzas y/o pares que se aplicarán en los dientes, de conformidad con las diversas realizaciones presentadas en el presente documento. Por ejemplo, las estructuras internas adaptables, como almohadillas o conectores diferenciados, se pueden colocar para encajar selectivamente en los dientes en ubicaciones donde han de ejercerse fuerzas y/o pares. La determinación de la geometría del dispositivo puede suponer la determinación de las geometrías de una o más estructuras de modificación de la fuerza formadas en la estructura interna y/o funda externa para aplicar fuerzas y/o pares en puntos de contacto específicos de los dientes. Opcionalmente, la etapa 1530 conlleva, además, determinar una composición material de la funda externa y/o estructura interna para aplicar el sistema de fuerzas deseado con una sensibilidad reducida a las variaciones de fabricación, como se comentó en el presente documento. En algunas realizaciones, la composición material se selecciona en función de las propiedades deseadas (por ejemplo, la rigidez) de la funda y/o estructura interna.

40 La determinación de la geometría del dispositivo, la composición material y/o las propiedades se puede llevar a cabo utilizando un tratamiento o entorno de simulación de aplicación de fuerzas. Un entorno de simulación puede incluir, por ejemplo, sistemas informáticos de modelado, sistemas o aparatos biomecánicos y similares. Opcionalmente, se pueden producir los modelos digitales del dispositivo y/o los dientes, como los modelos de elementos finitos. Los modelos de elementos finitos pueden crearse utilizando un *software* de una aplicación de programa informático disponible en una variedad de proveedores. Para crear modelos de geometría sólida, pueden utilizarse programas de ingeniería asistida por ordenador (CAE) o de diseño asistido por ordenador (CAD), tales como los productos de *software* AutoCAD® disponibles en Autodesk, Inc., de San Rafael, California. Para crear modelos de elementos finitos y analizarlos, pueden utilizarse productos de programa de varios proveedores, incluyendo paquetes de análisis de elementos finitos de ANSYS, Inc., de Canonsburg, Pensilvania y productos de *software* SIMULIA (Abaqus) de Dassault Systèmes of Waltham, Massachusetts.

55 Opcionalmente, una o más geometrías del dispositivo pueden seleccionarse para realizar pruebas o modelar la fuerza. Tal y como se ha comentado anteriormente, puede identificarse un movimiento dental deseado, así como un sistema de fuerzas requerido o deseado, para suscitar el movimiento dental deseado. Mediante el uso del entorno de simulación, una posible geometría del dispositivo puede analizarse o modelarse para determinar el sistema de fuerzas real que se obtiene a partir del uso del posible dispositivo. Pueden hacerse opcionalmente una o más modificaciones a un posible atache y, como se ha descrito, se puede analizar además el modelado de la fuerza, por ejemplo, para determinar repetitivamente un diseño de dispositivo que produzca el sistema de fuerzas deseado.

60 En la etapa 1540, se generan las instrucciones para la fabricación del dispositivo ortodóncico que presenta la geometría del dispositivo. Las instrucciones pueden estar configuradas para controlar un sistema de fabricación o

dispositivo para producir el dispositivo ortodóncico con la geometría de dispositivo especificada. En algunas realizaciones, las instrucciones se configuran para fabricar el dispositivo ortodóncico utilizando fabricación directa (por ejemplo, estereolitografía, sinterización selectiva por láser, modelado por deposición fundida, rociado directo, fabricación directa continua, fabricación directa de múltiples materiales, etc.), de conformidad con los diversos procedimientos presentados en el presente documento. En realizaciones alternativas, las instrucciones pueden estar configuradas para la fabricación indirecta del dispositivo, por ejemplo, mediante termoformación.

Aunque las etapas anteriores muestran un procedimiento 1500 para diseñar un dispositivo ortodóncico de conformidad con algunas realizaciones, un experto habitual en la materia reconocerá que existen algunas variantes en función de las enseñanzas descritas en el presente documento. Algunas de las etapas pueden comprender subetapas. Algunas de las etapas se pueden repetir según sea necesario. Una o más etapas del procedimiento 1500 se pueden llevar a cabo con cualquier sistema o dispositivo de fabricación adecuado, tales como los de las realizaciones descritas en el presente documento. Algunas de las etapas pueden ser opcionales y el orden de estas etapas puede variar según se desee.

La **figura 13** ilustra un procedimiento 1300 para programar digitalmente un tratamiento ortodóncico y/o diseño o fabricación de un dispositivo, de conformidad con muchas realizaciones. El procedimiento 1300 puede aplicarse en cualquiera de los procedimientos de tratamiento descritos en el presente documento mediante cualquier sistema de procesamiento de datos apropiado. Cualquier realización de los dispositivos descritos en el presente documento puede diseñarse o fabricarse mediante el uso del procedimiento 1300.

En la etapa 1310, se recibe una representación digital de los dientes de un paciente. La representación digital puede incluir los datos de topografía de la superficie de la cavidad intrabucal del paciente (que incluye los dientes, tejidos gingivales, etc.). Los datos de topografía de la superficie se pueden generar escaneando directamente la cavidad intrabucal, un modelo físico (positivo o negativo) de la cavidad intrabucal o una impresión de la cavidad intrabucal, mediante el uso de un dispositivo de escaneo apropiado (por ejemplo, un escáner de mano, un escáner de escritorio, etc.).

En la etapa 1320, una o más fases de tratamiento se generan en función de la representación digital de los dientes. Las fases de tratamiento pueden ser fases de recolocación graduales de un procedimiento de tratamiento ortodóncico, diseñadas para mover uno o más de los dientes del paciente desde una disposición dental inicial hasta una disposición objetivo. Por ejemplo, las fases de tratamiento se pueden generar determinando la disposición dental inicial indicada por la representación digital, determinando una disposición dental objetivo y determinando las trayectorias de movimiento de uno o más dientes en la disposición inicial, necesarias para conseguir la disposición dental objetivo. La trayectoria de movimiento se puede optimizar de la siguiente manera: minimizando la distancia total movida, impidiendo que los dientes colisionen entre sí, evitando movimientos dentales más complicados de conseguir o cualesquiera otros criterios adecuados.

En la etapa 1330, al menos un dispositivo ortodóncico se fabrica en función de las fases de tratamiento generadas. Por ejemplo, un conjunto de dispositivos se puede fabricar para que el paciente los lleve puestos de forma consecutiva, para así recolocar gradualmente los dientes desde la disposición inicial hasta la disposición objetivo. Algunos de los dispositivos pueden estar conformados para alojar una disposición dental especificada por una de las fases de tratamiento. Como alternativa o en combinación, algunos de los dispositivos pueden estar conformados para alojar una disposición dental distinta de la disposición objetivo en la fase de tratamiento correspondiente. Por ejemplo, como se ha comentado anteriormente en el presente documento, un dispositivo puede tener una geometría correspondiente a una disposición dental hipercorregida. Un dispositivo de este tipo se puede utilizar para garantizar que se ejerce una cantidad apropiada de fuerza sobre los dientes a medida que se aproximan o alcanzan sus posiciones objetivo deseadas de la fase de tratamiento. Como ejemplo adicional, un dispositivo puede estar diseñado para aplicar un sistema de fuerzas específico sobre los dientes y no tiene por qué tener una geometría correspondiente a ninguna disposición actual o planeada de los dientes del paciente.

En algunos casos, la organización de varias disposiciones o fases de tratamiento no tiene por qué ser necesaria para diseñar y/o fabricar un dispositivo. Como se ilustra con la línea discontinua de la **figura 13**, el diseño y/o fabricación de un dispositivo ortodóncico y, posiblemente, de un tratamiento ortodóncico en particular, puede incluir el uso de una representación de los dientes del paciente (por ejemplo, recibir una representación digital de los dientes del paciente 1310), y después, el diseño y/o fabricación de un dispositivo ortodóncico en función de una representación de los dientes del paciente en la disposición representada por la representación recibida.

La **figura 14** es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de procesamiento de datos 1400 que se puede utilizar para ejecutar los procedimientos descritos en el presente documento. El sistema de procesamiento de datos 1400 incluye normalmente al menos un procesador 1402 que se comunica con uno o más dispositivos periféricos a través de un subsistema bus 1404. Estos dispositivos periféricos suelen incluir un subsistema de almacenamiento 1406 (subsistema de memoria 1408 y subsistema de almacenamiento de archivos 1414), un conjunto de dispositivos de entrada y salida de interfaz de usuario 1418 y redes de interfaz a salida 1416. Esta interfaz se muestra esquemáticamente como el bloque "Interfaz de red" 1416 y está acoplada a los aparatos de interfaz correspondientes de otros sistemas de procesamiento a través de la interfaz de red de comunicación 1424. El sistema de procesamiento de datos 1400 puede incluir, por ejemplo, uno o más ordenadores, tal como un ordenador personal, estación de trabajo,

ordenador central, ordenador portátil y otros.

Los dispositivos de entrada de la interfaz de usuario 1418 no se limitan a ningún dispositivo en particular y pueden incluir normalmente, por ejemplo, un teclado, puntero, ratón, escáner, pantallas interactivas, panel táctil, *joysticks*, etc. De igual manera, se pueden emplear en un sistema de la invención varios dispositivos de salida de interfaz de usuario que pueden incluir, por ejemplo, uno o más de: una impresora, pantalla (por ejemplo, visual, no visual) sistema/subsistema, controlador, dispositivo de proyección, salida de audio y otros.

El subsistema de almacenamiento 1406 guarda la programación básica requerida, que incluye medios legibles por ordenador con instrucciones (por ejemplo, instrucciones de operación) y constructos de datos. Los módulos de programa comentados en el presente documento suelen almacenarse en el subsistema de almacenamiento 1406. El subsistema de almacenamiento 1406 incluye normalmente un subsistema de memoria 1408 y un subsistema de almacenamiento de archivos 1414. El subsistema de memoria 1408 incluye normalmente un número de memorias (por ejemplo, RAM 1410, ROM 1412, etc.) que incluyen una memoria legible por ordenador para almacenar instrucciones fijadas, instrucciones y datos durante la ejecución del programa, el sistema de entrada/salida básico, etc. El subsistema de almacenamiento de archivos 1414 proporciona el almacenamiento persistente (no volátil) de los archivos de programa y datos y puede incluir uno o más unidades o medios desmontables o fijos, disco duro, disquete, CD-ROM, DVD, unidades ópticas y otros. Uno o más de los sistemas de almacenamiento, unidades, etc. se pueden ubicar en una ubicación remota, por ejemplo, acoplados a través de un servidor de una red o a través de internet/World Wide Web. En este contexto, el término "subsistema bus" se utiliza de forma genérica para incluir cualquier mecanismo que deje que los diversos componentes y subsistemas se comuniquen entre sí según lo previsto y puede incluir una variedad de componentes/sistemas adecuados que se conocerán o reconocerán como adecuados para su uso con este. Se reconocerá que los diversos componentes del sistema pueden estar, aunque no necesariamente tienen que estar en la misma ubicación física, sino que podrían estar conectados mediante varios medios de red de área local o área extendida, sistemas de transmisión, etc.

El escáner 1420 incluye cualquier medio para obtener una representación digital (por ejemplo, imágenes, datos de topografía de superficie, etc.) de los dientes de un paciente (por ejemplo, mediante el escaneo de modelos físicos de los dientes, como moldes 1421, mediante el escaneo de impresiones tomadas de los dientes, o directamente escaneando la cavidad intraoral), que se pueden obtener bien del paciente o del profesional a cargo, como un ortodoncista, e incluye medios para enviar la representación digital al sistema de procesamiento de datos 1400 para su procesamiento adicional. El escáner 1420 se puede colocar en una ubicación remota con respecto a otros componentes del sistema y puede enviar los datos de imagen y/o la información al sistema de procesamiento de datos 1400, por ejemplo, a través de una interfaz de red 1424. El sistema de fabricación 1422 fabrica dispositivos 1423 en función de un programa de tratamiento, que incluye la información del conjunto de datos recibida del sistema de procesamiento de datos 1400. La máquina de fabricación 1422, por ejemplo, se puede colocar en una ubicación remota y recibir la información del conjunto de datos desde el sistema de procesamiento de datos 1400 a través de la interfaz de red 1424.

La **figura 16** ilustra un procedimiento 1600 para diseñar un dispositivo ortodóncico que se producirá mediante fabricación directa, de conformidad con las realizaciones. El procedimiento 1600 se puede aplicar en cualquier realización de los dispositivos ortodóncicos descritos en el presente documento. Algunas o todas las etapas del procedimiento 1600 se pueden llevar a cabo mediante cualquier sistema o aparato de procesamiento de datos, por ejemplo, uno o más procesadores configurados con las instrucciones adecuadas.

En la etapa 1610, se determina una trayectoria de movimiento para mover uno o más dientes desde una disposición inicial hasta una disposición objeto. La disposición inicial puede determinarse a partir de un molde o escaneo de los dientes del paciente o del tejido de la boca, por ejemplo, mediante el uso de registros de mordida en cera, el escaneo por contacto directo, la obtención de imágenes por rayos X, la obtención de imágenes por tomografía, la obtención de imágenes por ecografía y otras técnicas para obtener información sobre la posición y estructura de los dientes, maxilares, encías y otro tejido relevante en términos ortodóncicos. A partir de los datos obtenidos, se puede obtener un conjunto de datos digitales que representa la disposición inicial (por ejemplo, previa al tratamiento) de los dientes del paciente u otros tejidos. Opcionalmente, el conjunto de datos digitales iniciales se procesa para dividir los componentes del tejido entre sí. Por ejemplo, se pueden producir estructuras de datos que representan digitalmente las coronas dentales individuales. Ventajosamente, se pueden producir modelos digitales de dientes enteros, incluyendo las superficies y estructuras de raíces ocultas medidas o extrapoladas, así como el hueso circundante y el tejido blando.

La disposición objetivo de los dientes (por ejemplo, el resultado final deseado y previsto del tratamiento ortodóncico) puede recibirse de un especialista clínico en forma de prescripción, puede calcularse a partir de principios ortodóncicos básicos y/o puede extrapolarse informáticamente a partir de una prescripción clínica. Con una especificación de las posiciones finales deseadas de los dientes y una representación digital de los propios dientes, puede especificarse la posición final y la geometría de la superficie de cada diente para formar un modelo completo de la disposición de los dientes al final del tratamiento deseado.

Disponiendo de una posición inicial y una posición final para cada diente, se puede definir una trayectoria de movimiento para el movimiento de cada diente. En algunas realizaciones, las trayectorias de movimiento están

configuradas para mover los dientes de la manera más rápida con la menor cantidad de proinclinación, para así mover los dientes desde sus posiciones iniciales hasta sus posiciones finales deseadas. Las trayectorias se pueden dividir opcionalmente y los segmentos se pueden calcular para que el movimiento de cada diente dentro de un segmento permanezca dentro de los límites de los umbrales de traslación lineal y rotacional. De esta manera, los puntos finales de cada segmento de trayectoria pueden constituir una recolocación clínicamente viable, y el total de puntos finales de los segmentos puede constituir una secuencia clínicamente viable de posiciones dentales, de modo que el movimiento desde un punto al siguiente de la secuencia no tenga como resultado una colisión de dientes.

En la etapa 1620, se determina un sistema de fuerzas para producir el movimiento de dicho uno o más dientes a lo largo de la trayectoria de movimiento. Un sistema de fuerzas puede incluir una o más fuerzas y/o uno o más pares. Los distintos sistemas de fuerzas pueden producir distintos tipos de movimiento dental, como inclinación, traslación, rotación, extrusión, intrusión, movimiento radicular, etc. Los principios biomecánicos, las técnicas de modelado, las técnicas de cálculo/medición de la fuerza y similares, que incluyen el conocimiento y los enfoques habitualmente utilizados en ortodoncia, se pueden utilizar para determinar el sistema de fuerzas apropiado que se vaya a aplicar en el diente para lograr el movimiento dental. Para determinar el sistema de fuerzas que se va a aplicar, han de considerarse las fuentes que incluyen la literatura, los sistemas de fuerza determinados por la experimentación o el modelado virtual, el modelado informatizado, la experiencia clínica, la minimización de las fuerzas no deseadas, etc.

En la etapa 1630, se determina un diseño de plantilla de ataches para un dispositivo ortodóncico, configurado para producir el sistema de fuerzas. La determinación del diseño de la plantilla de ataches, la geometría del dispositivo, la composición material y/o las propiedades se puede llevar a cabo utilizando un tratamiento o entorno de simulación de aplicación de fuerzas. Un entorno de simulación puede incluir, por ejemplo, sistemas informáticos de modelado, sistemas o aparatos biomecánicos y similares. Opcionalmente, se pueden producir los modelos digitales del dispositivo y/o los dientes, como los modelos de elementos finitos. Los modelos de elementos finitos pueden crearse utilizando un *software* de una aplicación de programa informático disponible en una variedad de proveedores. Para crear modelos de geometría sólida, pueden utilizarse programas de ingeniería asistida por ordenador (CAE) o de diseño asistido por ordenador (CAD), tales como los productos de *software* AutoCAD® disponibles en Autodesk, Inc., de San Rafael, California. Para crear modelos de elementos finitos y analizarlos, pueden utilizarse productos de programa de varios proveedores, incluyendo paquetes de análisis de elementos finitos de ANSYS, Inc., de Canonsburg, Pensilvania y productos de *software* SIMULIA (Abaqus) de Dassault Systèmes of Waltham, Massachusetts.

Opcionalmente, uno o más diseños de plantilla de ataches pueden seleccionarse para realizar pruebas o modelar la fuerza. Tal y como se ha comentado anteriormente, puede identificarse un movimiento dental deseado, así como un sistema de fuerzas requerido o deseado, para suscitar el movimiento dental deseado. Mediante el uso del entorno de simulación, un posible diseño de plantilla de ataches puede analizarse o modelarse para determinar el sistema de fuerzas real que se obtiene a partir del uso del posible diseño. Pueden hacerse opcionalmente una o más modificaciones a un posible atache y, como se ha descrito, se puede analizar además el modelado de la fuerza, por ejemplo, para determinar repetitivamente un diseño de dispositivo que produzca el sistema de fuerzas deseado.

En la etapa 1640, se generan las instrucciones para la fabricación del dispositivo ortodóncico que incorpora el diseño de plantilla de ataches. Las instrucciones pueden estar configuradas para controlar un sistema de fabricación o dispositivo para producir el dispositivo ortodóncico con el diseño de plantilla de ataches especificado. En algunas realizaciones, las instrucciones se configuran para fabricar el dispositivo ortodóncico utilizando fabricación directa (por ejemplo, fotopolimerización VAT, rociado de material, rociado de aglutinante, extrusión de material, fusión de lecho de polvo, laminación o deposición de energía dirigida, etc.), de conformidad con los diversos procedimientos presentados en el presente documento. En realizaciones alternativas, las instrucciones pueden estar configuradas para la fabricación indirecta del dispositivo, por ejemplo, mediante termoformación.

Aunque las etapas anteriores muestran un procedimiento 1600 para diseñar un dispositivo ortodóncico de conformidad con algunas realizaciones, un experto habitual en la materia reconocerá que existen algunas variantes en función de las enseñanzas descritas en el presente documento. Algunas de las etapas pueden comprender subetapas. Algunas de las etapas se pueden repetir según sea necesario. Una o más etapas del procedimiento 1600 se pueden llevar a cabo con cualquier sistema o dispositivo de fabricación adecuado, tales como los de las realizaciones descritas en el presente documento. Algunas de las etapas pueden ser opcionales y el orden de estas etapas puede variar según se desee.

La **figura 17A** ilustra una plantilla de ataches 1700 fabricada directamente, que comprende un atache, una estructura de alineación y un soporte para sujetar el atache. La plantilla 1700 puede comprender un alineador 1701. El alineador 1701 comprende un soporte 1703 para sujetar el atache con la fuerza suficiente para soportar el atache. El alineador 1701 está configurado para recibir un diente y, de esa manera, alinear un atache sobre el diente. El atache 1702 está diseñado para fijarse sobre un diente del paciente y presentar superficies conformadas para poder aplicar las fuerzas que mueven los dientes cuando entre en contacto con una superficie de un dispositivo ortodóncico. El atache 1702 está sujeto por un soporte 1703. El soporte 1703 puede definir un receptáculo con una forma correspondiente a la del atache. El soporte 1703 está configurado para sujetar el atache para que el atache haga contacto con un diente cuando el paciente lleve puesta la plantilla de ataches. El atache está conectado al alineador 1701 por una estructura de acoplamiento 1704, que está configurada para sujetar el atache 1702 dentro del soporte 1703 hasta que el atache quede fijo en el diente del paciente. Después de que el atache 1702 se haya unido al diente del paciente, se puede

romper la estructura de acoplamiento, tal y como se describe con mayor detalle más adelante. Como alternativa, el atache puede estar conectado débilmente al alineador, por ejemplo, con estructuras como perforaciones, para facilitar la retirada del atache del dispositivo.

5 Para adherirse al diente de un paciente, el atache puede comprender una capa adhesiva 1705 depositada directamente sobre su superficie. En algunas realizaciones, la plantilla de ataches puede no incluir una capa adhesiva 1705. En algunas realizaciones, la superficie del diente del paciente se puede preparar antes de fijar el atache sobre el diente, por ejemplo, la superficie del diente se puede grabar con ácido. La capa adhesiva 1705 se puede fabricar directamente junto con el resto de la plantilla de ataches. Las elecciones útiles de material a partir del cual se fabrica la capa adhesiva 1705 pueden incluir uno o más materiales como los descritos en el presente documento. Por ejemplo, el adhesivo puede ser un adhesivo de curado por luz ultravioleta (UV) o un adhesivo sensible a la presión. En algunas realizaciones, el adhesivo se omite.

15 Después de que la capa de adhesivo entre en contacto con un diente, se puede provocar que forme una unión entre el diente y el atache 1702, mediante el uso de un procedimiento adecuado al material seleccionado, que puede incluir, por ejemplo, etapas como la polimerización, la aplicación de presión, la aplicación de calor o la reacción química del material adhesivo con un activador. Cuando se trabaja con materiales adhesivos con los que hay que utilizar fotopolimerización, puede ser conveniente fabricar el alineador 1701, el atache 1702 y/u otras porciones de la plantilla de ataches 1700 a partir de materiales transparentes, lo que permite que la luz aplicada endurezca más eficazmente el adhesivo. De manera alternativa o adicional, en algunos casos, la capa de adhesivo 1705 se puede aplicar de forma independiente, por ejemplo, como una etapa de fabricación separada o por un odontólogo.

20 En algunos casos, la plantilla de ataches puede comprender, además, una cobertura 1706 sobre la capa adhesiva 1705, para proteger la capa adhesiva 1705 y el atache 1702. En algunos casos, la cobertura 1706 puede sellar la capa adhesiva y el atache 1702 dentro del soporte 1703 antes de su fijación en el diente de un paciente. Durante el procedimiento de fijación, se puede retirar la cobertura, por ejemplo, tirando de una porción en forma de asa 1707, para descubrir el atache y el adhesivo, que después pueden entrar en contacto con el diente de un paciente colocando la plantilla de ataches sobre el diente del paciente.

30 Cada uno del alineador 1701, el atache 1702, el soporte 1703, la estructura de acoplamiento 1704, el adhesivo 1705, la cobertura 1706 y el asa 1707 pueden fabricarse directamente como parte de un solo procedimiento como el descrito en el presente documento. Los materiales para cada uno de estos componentes se pueden elegir de forma independiente. Normalmente, el atache 1702 comprenderá un material rígido; el alineador 1701 comprenderá un material más flexible; el material adhesivo 1705 comprenderá un material capaz de unirse a los dientes de un paciente y al atache; y la cobertura 1706, el asa 1707 y la estructura de acoplamiento 1704 comprenderán materiales que pueden romperse o retirarse aplicando una pequeña cantidad de fuerza con la mano o con un instrumento dental. Otras variantes, que incluyen el uso de materiales compuestos y otros materiales como los desvelados en el presente documento, serán evidentes para los expertos habituales en la materia.

35 La **figura 17B** ilustra una vista detallada de un soporte 1703 de una plantilla de ataches, tal como se ilustra en la **figura 17A**. El soporte 1703 se ilustra en formato agrandado con un espacio mayor que el que se puede utilizar para la estructura de acoplamiento 1704 en al menos algunos casos, de modo que la estructura de la conexión hecha por la estructura de acoplamiento 1704 entre el atache 1702 y el soporte 1703 puede observarse más claramente. Como se ilustra, la estructura de acoplamiento 1704 comprende una o más extensiones 1714, que sujetan el atache 1702. Después de fijar el atache 1702 a un atache, se pueden romper las extensiones 1714 aplicando una pequeña cantidad de fuerza sobre la plantilla de ataches. Las extensiones 1714 pueden comprender estructuras para facilitar la rotura, tal como un perfil en sección transversal estrecho con una sección transversal más pequeña cerca del atache y un perfil en sección transversal grande con una sección transversal más grande lejos del atache. Como alternativa o en combinación, las extensiones pueden comprender estructuras adicionales para facilitar su retirada, como un material de densidad más baja o agujeros, por ejemplo. El material de las extensiones 1714 puede comprender un material adaptado a fracturarse, como un material rígido o material quebradizo, por ejemplo. En algunas realizaciones, el material de la extensión 1714 puede absorber la luz infrarroja o la radiación de radiofrecuencia a una tasa mayor que uno o más de los ataches 1702, la plantilla 1700 y el adhesivo 1706. La absorción de la luz infrarroja o radiación de radiofrecuencia puede hacer que la extensión se caliente y reblandezca o derrita mientras la plantilla y la extensión 1714 permanecen duras o sólidas, permitiendo que la estructura de acoplamiento 1704 se separe del atache 1702. Después de liberar la extensión de la estructura de acoplamiento 1704, puede ser deseable alisar la superficie de fijación para eliminar cualquier porción irregular o abrasiva que pueda quedar y que provoque la incomodidad del paciente o interfiera de otra manera con las interacciones futuras entre el atache y las superficies del dispositivo. La **figura 17B** también ilustra una versión de la cobertura 1706 que comprende una estructura de anillo como asa, que se puede utilizar para engancharse más fácilmente a un instrumento dental.

En algunas realizaciones, el material de la extensión 1714 se puede disolver en un líquido a una tasa mayor que a la que se disuelve uno o más del atache 1702, la plantilla 1700 y el adhesivo 1706. En algunas realizaciones, las extensiones 1714 pueden estar configuradas para fracturarse o separarse del atache cuando se someten a vibración ultrasónica.

60 En algunas realizaciones, la plantilla 1700 puede definir la forma del atache 1702. Por ejemplo, la superficie interna

1720 de la plantilla 1700 puede estar conformada para definir una superficie externa 1721 del atache 1702. En una realización de este tipo, el atache 1702 se puede formar directamente sobre la superficie interna 1720 de la plantilla 1700, de modo que la superficie externa 1721 de la plantilla 1700 adopte la forma de la superficie interna del atache 1702. En algunas realizaciones, la superficie interna de la plantilla 1700 puede estar revestida con una sustancia de liberación o revestimiento no pegajoso, como teflón, para facilitar la separación del atache 1702 de la plantilla 1700 después de fijar el atache 1702 a un diente. En algunas realizaciones, el atache 1702 puede formarse a partir de un material de curado por luz UV, de modo que la plantilla 1700 con el atache 1702 se pueda colocar sobre el diente de un paciente, después, se pueda curar el atache 1702 en su sitio dentro de la plantilla 1700 y sobre el diente del paciente y, después, se pueda retirar la plantilla 1700 del diente del paciente, quedando el atache 1702 fijado al diente del paciente.

Para colocar de forma precisa el atache sobre el diente del paciente, la plantilla de ataches se puede fabricar como parte de un dispositivo más grande que comprenda una pluralidad de cavidades de recepción de dientes, tal como al menos una porción de un alineador 100 de la figura 1, por ejemplo. Dicha al menos una porción del alineador 100 comprende una estructura de alineación de recepción de dientes, tal como al menos una porción de una cavidad de recepción de dientes para recibir una característica de un diente, por ejemplo. El atache 1702 se puede fabricar dentro de un receptáculo del alineador, tal como el receptáculo 106. Cuando el alineador 100 se coloca sobre los dientes de un paciente 102, las cavidades de recepción de dientes del alineador reciben los dientes del paciente, sujetando el alineador en una orientación que se puede utilizar para colocar de forma precisa un atache 1702 sobre un diente del paciente. Después de unir el atache al diente del paciente, la estructura de acoplamiento 1704 se puede separar del atache y retirarse el alineador 100, dejando el atache 1702 fijado en un diente del paciente, como se muestra en la figura 1 con el atache 104. El atache se puede separar del alineador 100 de muchas maneras, por ejemplo, mediante rotura o separación de una unión débil entre el atache y dicha al menos una porción del dispositivo. Cuando se colocan una pluralidad de ataches, el alineador 100 puede comprender una pluralidad de receptáculos 106, que sujetan cada uno un atache para cada uno de la pluralidad de dientes 102. En algunos casos, una o más cavidades de recepción de dientes pueden comprender una pluralidad de receptáculos, lo que permite adherir una pluralidad de ataches en cada uno de dicho uno o más dientes.

Se pretende que las siguientes reivindicaciones definan el ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un dispositivo (1700), comprendiendo el procedimiento:
 - 5 fabricar directamente un cuerpo alineador (1701) que incluye un soporte (1703) formado en una cavidad de recepción de dientes, estando configurada la cavidad de recepción de dientes para recibir un diente;
 - fabricar directamente una o más estructuras de acoplamiento (1704) en el soporte (1703); y
 - fabricar directamente un atache dental (1702) en la estructura de acoplamiento (1704), en el que el atache (1702) se puede fijar a un diente, estando el alineador (1701) configurado para alinear el atache (1702) en una ubicación predeterminada sobre un diente;
 - 10 en el que dicha una o más estructuras de acoplamiento (1704) comprenden una o más extensiones (1714) que se extienden entre el soporte (1703) y el atache (1702), en el que dicha una o más extensiones están configuradas para liberar el atache (1702) con la retirada del cuerpo alineador (1701) del diente.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el soporte, el cuerpo alineador y dicha una o más estructuras de acoplamiento se fabrican directamente juntos.
3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la estructura de alineación comprende al menos una porción de una cavidad de un alineador, dimensionada y conformada para recibir uno o más dientes, y en el que el soporte comprende una porción de un alineador, que incluye un rebaje conformado para recibir el atache, comprendiendo el rebaje dicha una o más estructuras de acoplamiento para sujetar el atache, y en el que el cuerpo alineador, dicha una o más estructuras de acoplamiento y los rebajes se fabrican directamente juntos.
4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha una o más estructuras de acoplamiento están configuradas para romperse con la retirada de la estructura de alineación de dicho uno o más dientes.
5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha una o más estructuras de acoplamiento están dimensionadas y conformadas para sujetar el atache.
6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha una o más estructuras de acoplamiento están dimensionadas y conformadas para sujetar el atache, con un hueco que se extiende entre el soporte y el atache.
7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha una o más estructuras de acoplamiento comprenden un separador dimensionado y conformado para separar el atache del soporte.
8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha una o más estructuras de acoplamiento comprenden un rebaje formado en el soporte, estando el rebaje dimensionado y conformado para separar el atache del soporte.
9. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende, además, la formación de una estructura adhesiva sobre el atache.
10. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende, además, la formación de un adhesivo sobre dicho uno o más ataches, en el que el adhesivo, dicha una o más estructuras de acoplamiento, la estructura de alineación y dicha una o más estructuras de fijación se fabrican directamente juntas.
11. El procedimiento según la reivindicación 10, que comprende, además, fijar el atache sobre un diente.
12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que la cobertura, el adhesivo, el soporte, dicha una o más estructuras de acoplamiento, la estructura de alineación y dicha una o más estructuras de fijación se fabrican directamente juntas.
13. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que una o más extensiones se forman con un material que absorbe la luz infrarroja a una tasa mayor que la tasa de absorción de infrarrojos del cuerpo alineador.

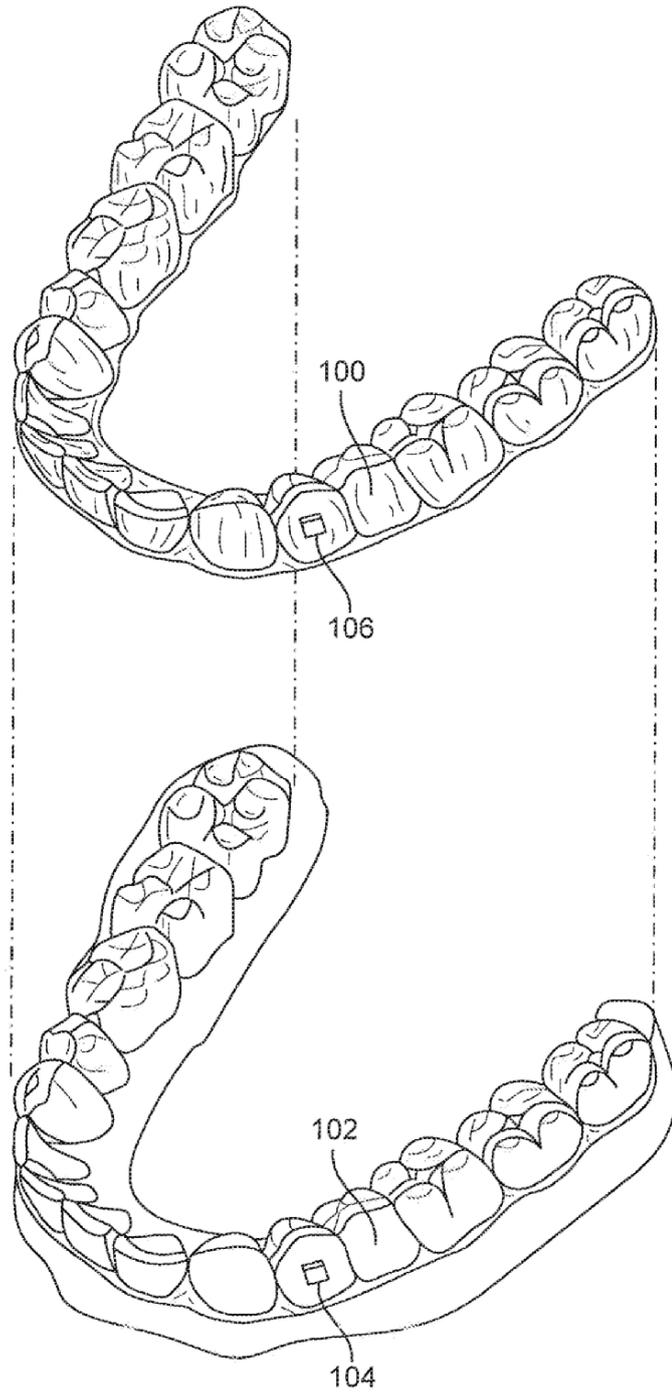


FIG. 1A

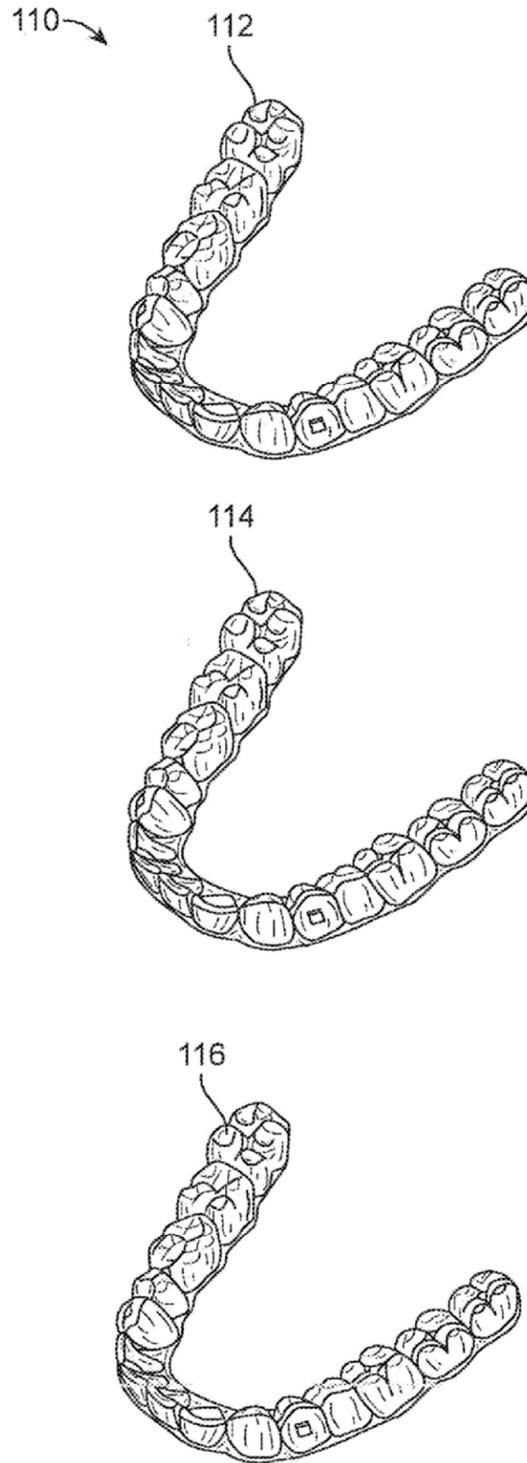


FIG. 1B

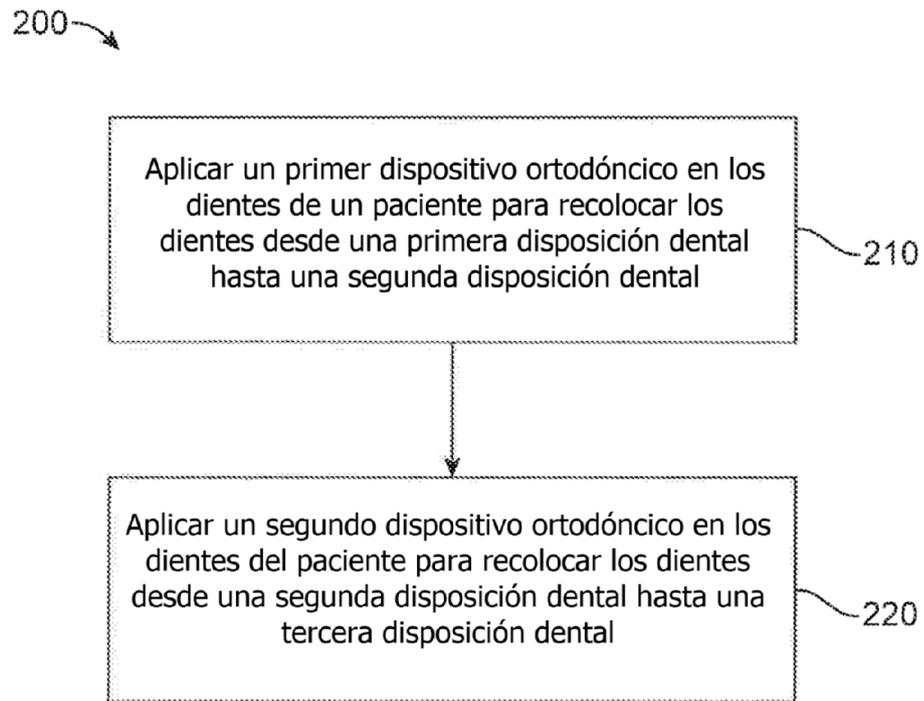


FIG. 2

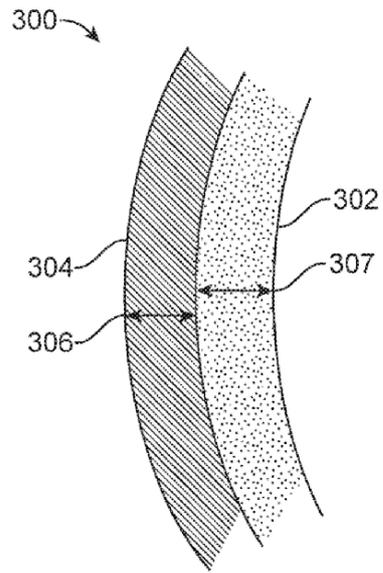


FIG. 3A

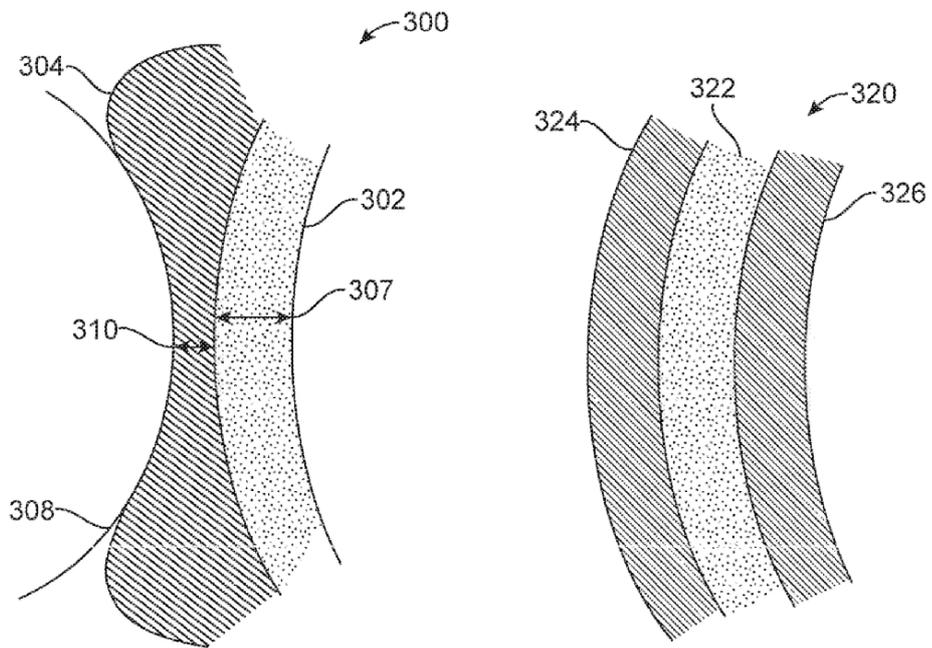


FIG. 3B

FIG. 3C

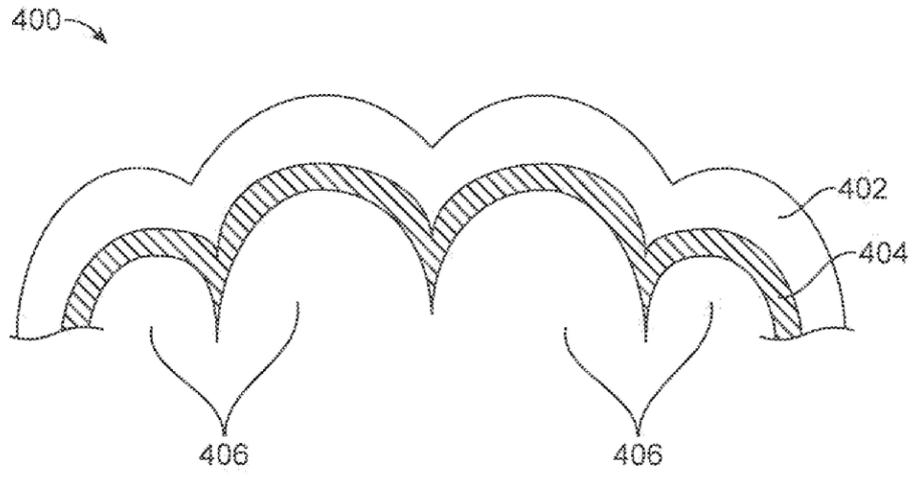


FIG. 4A

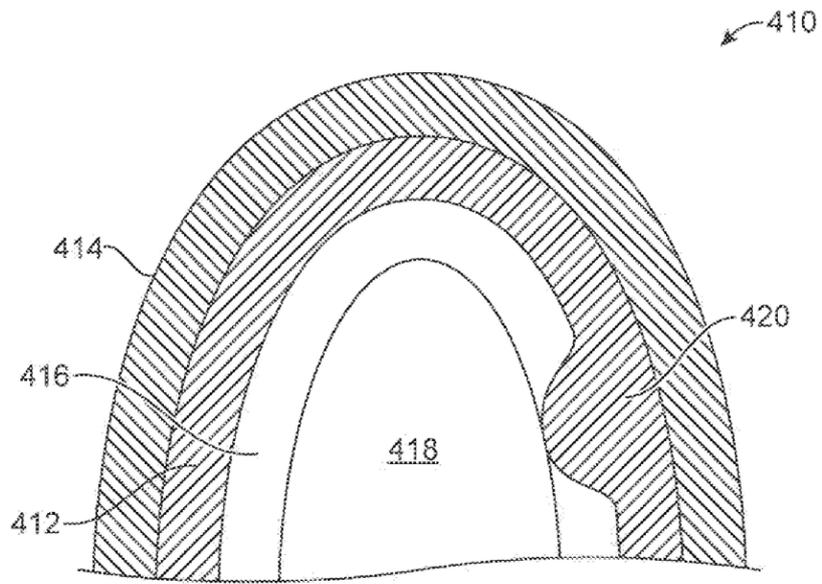


FIG. 4B

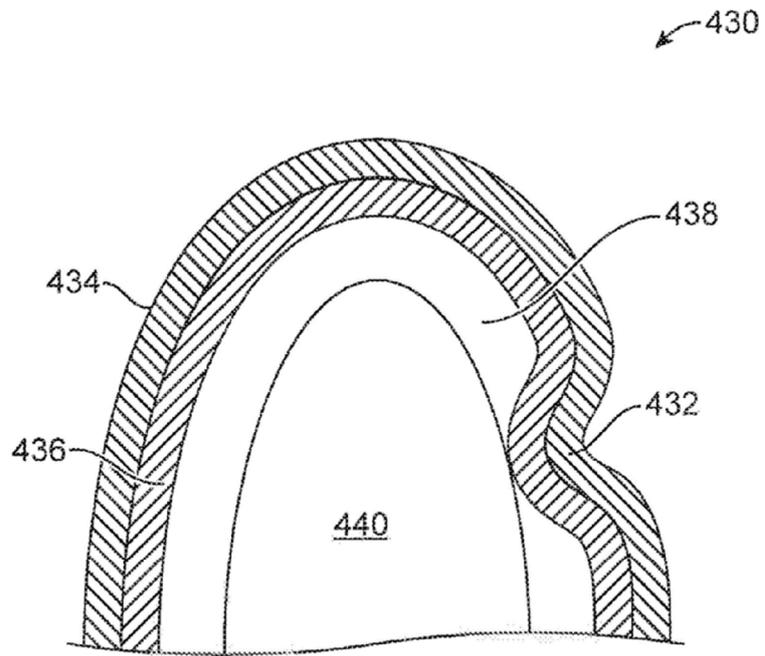


FIG. 4C

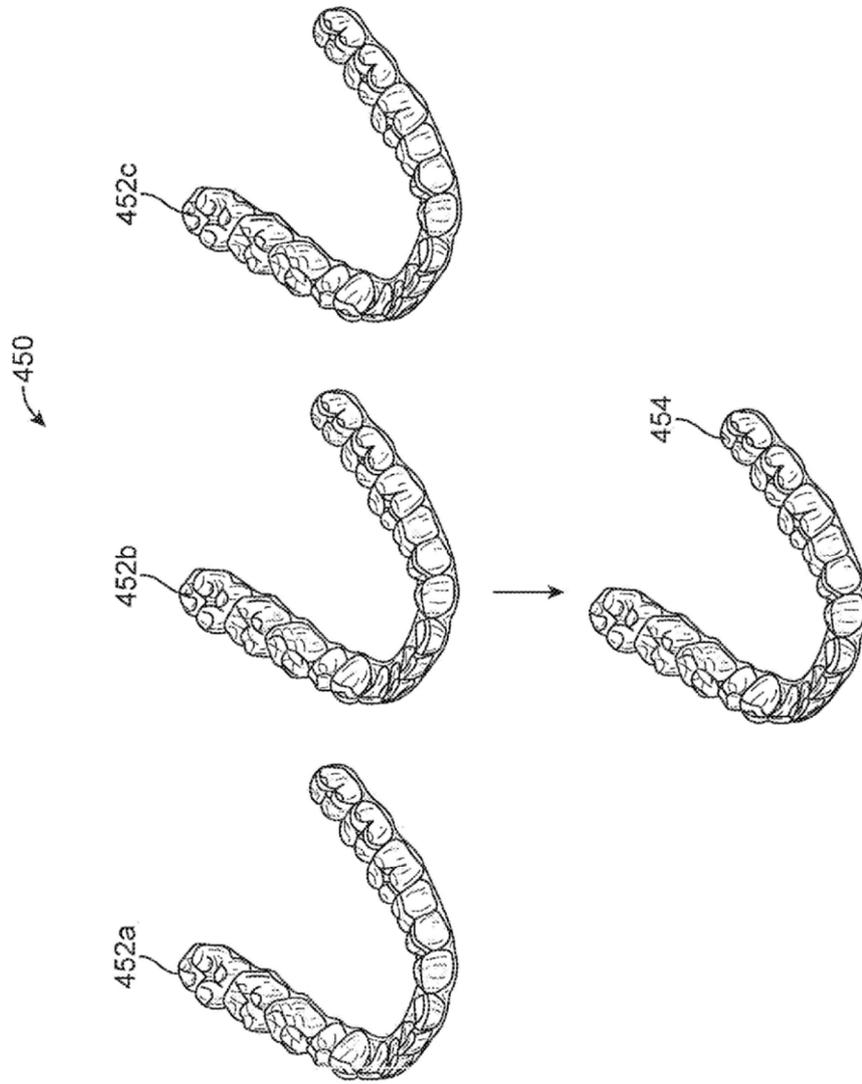


FIG. 4D

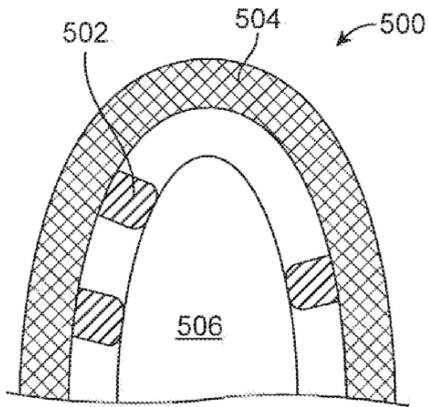


FIG. 5A

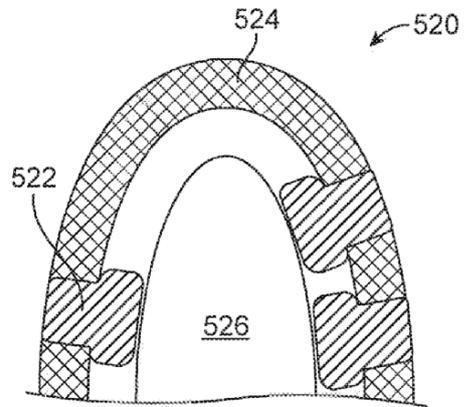


FIG. 5B

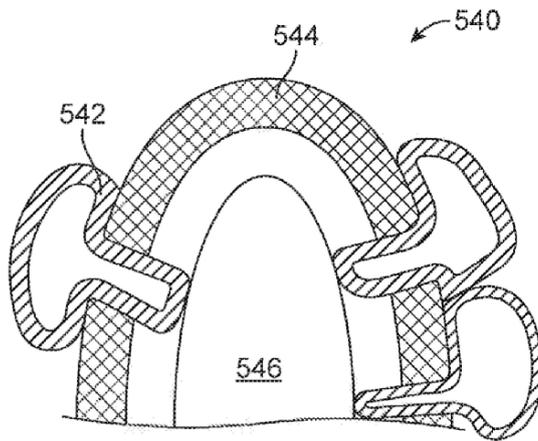


FIG. 5C

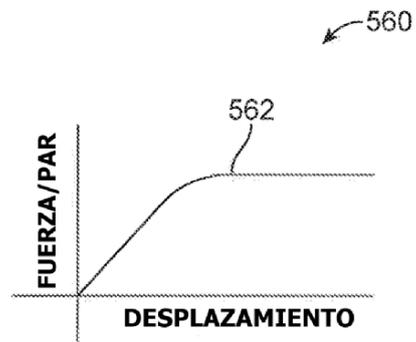


FIG. 5D

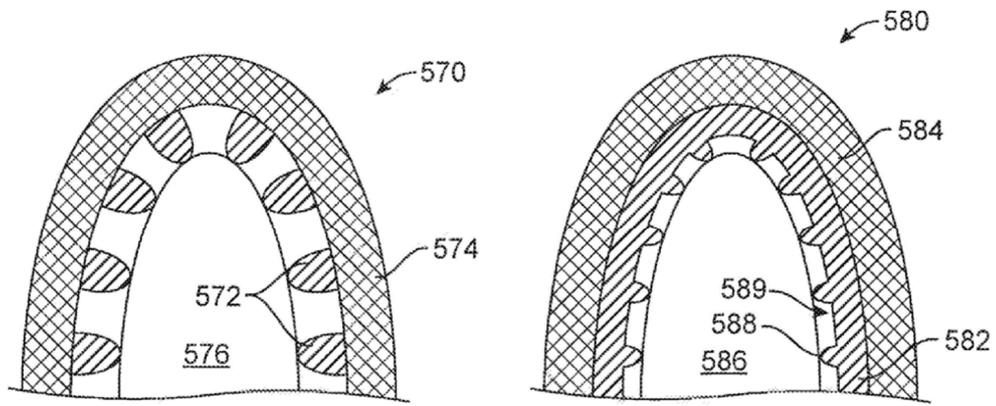


FIG. 5E

FIG. 5F

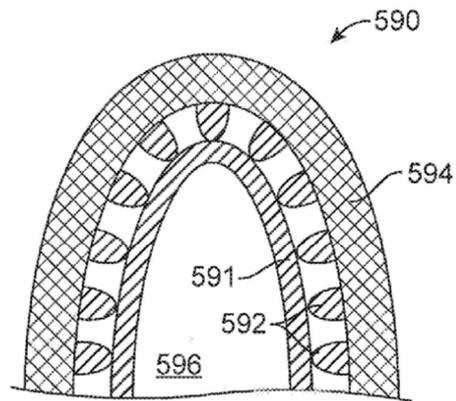


FIG. 5G

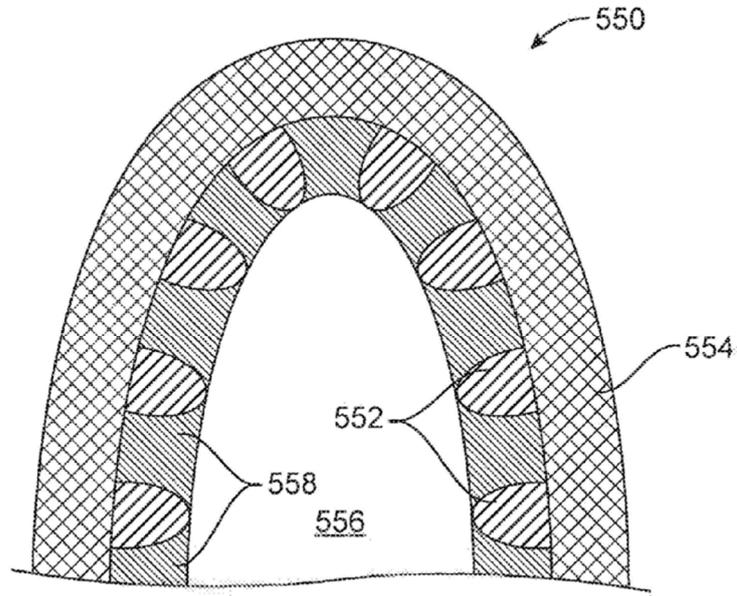


FIG. 5H

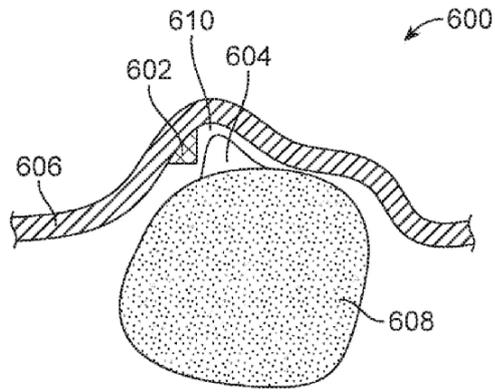


FIG. 6A

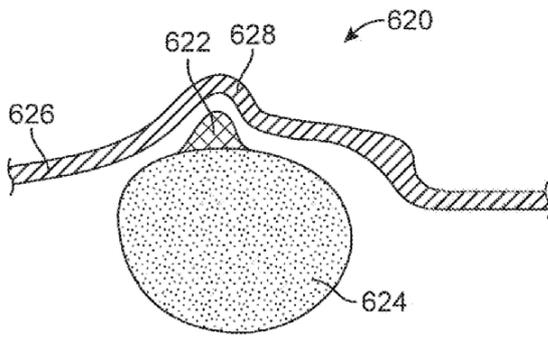


FIG. 6B

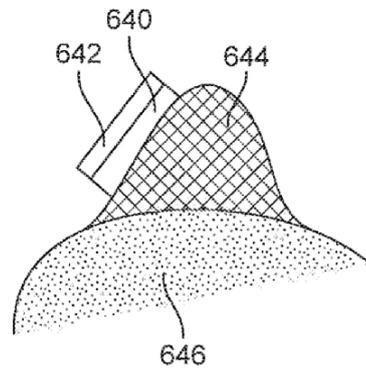


FIG. 6C

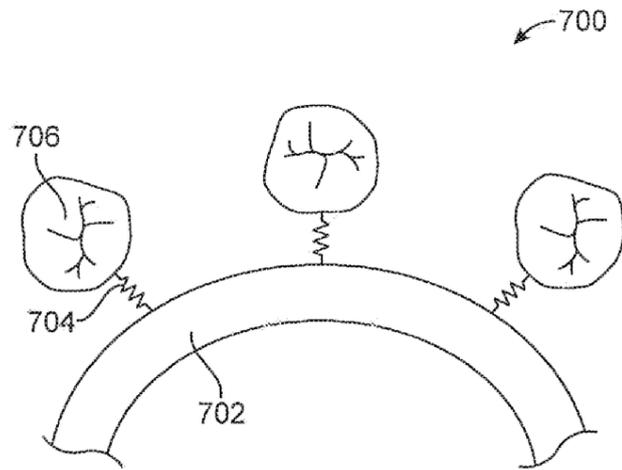


FIG. 7A

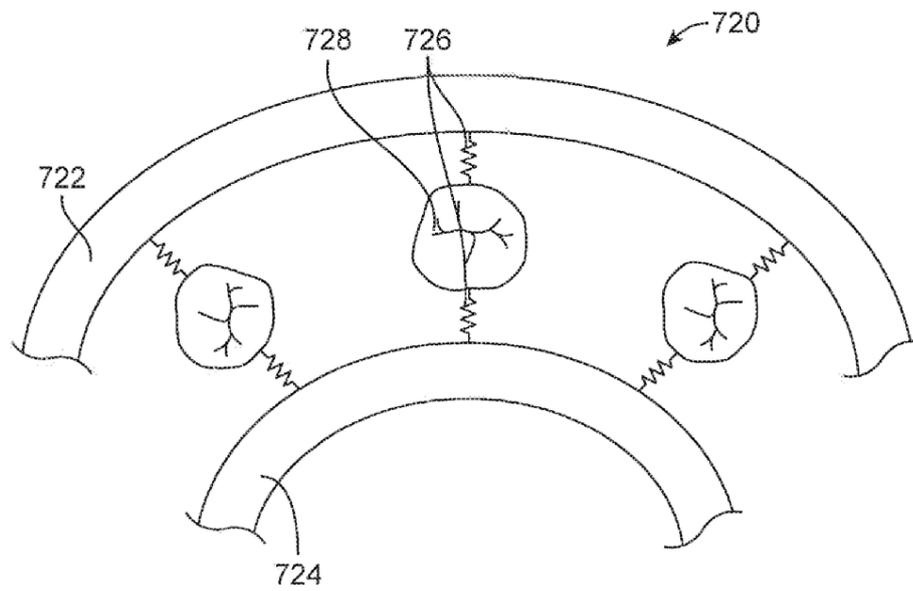


FIG. 7B

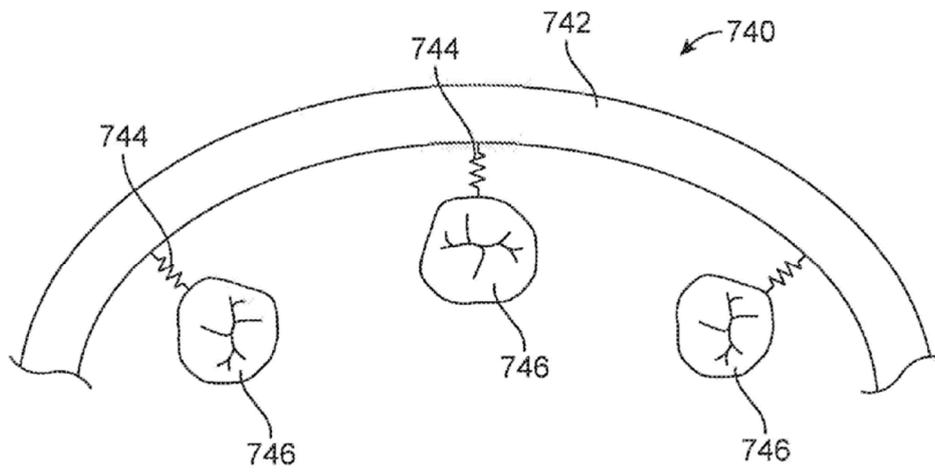


FIG. 7C

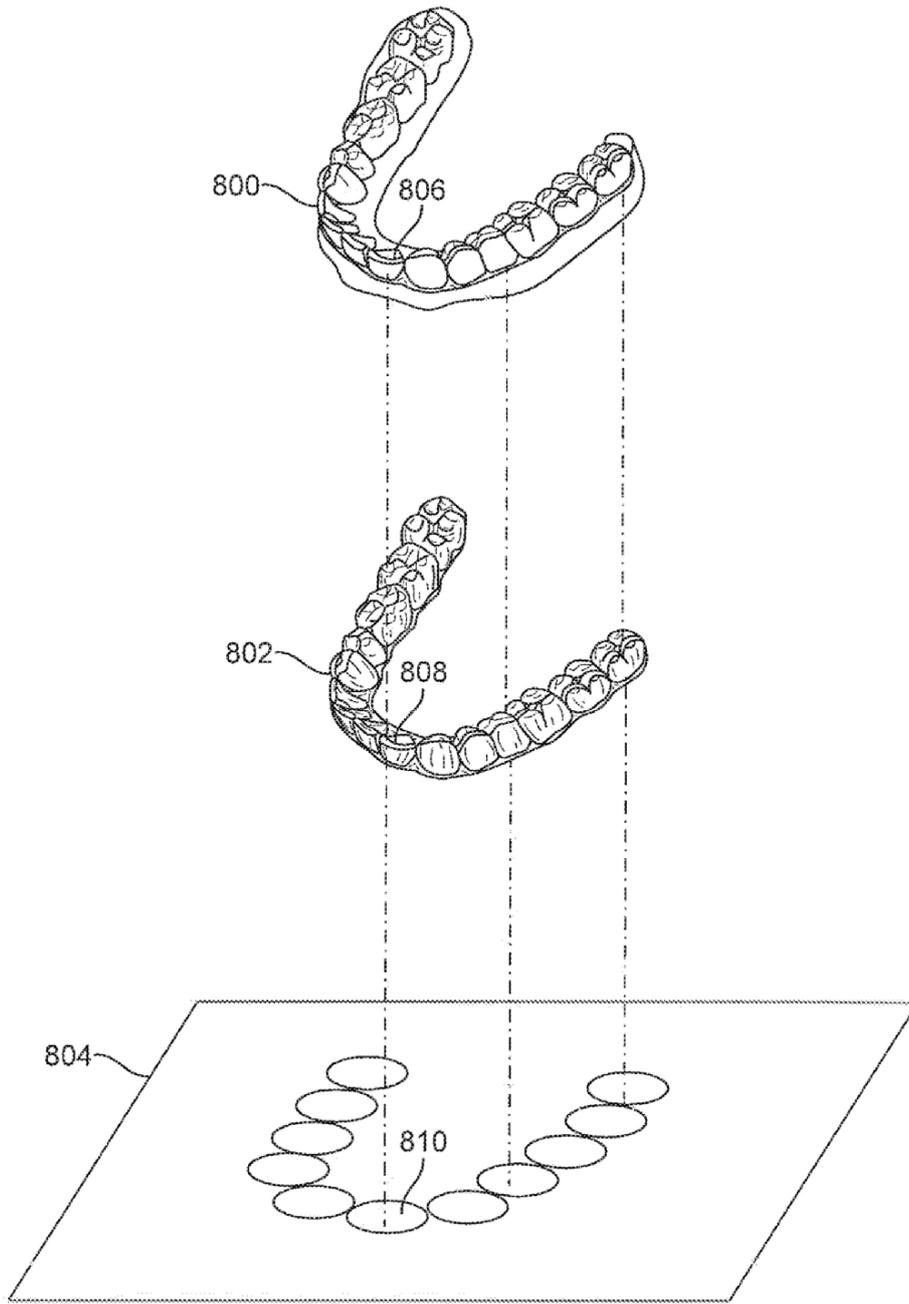


FIG. 8A

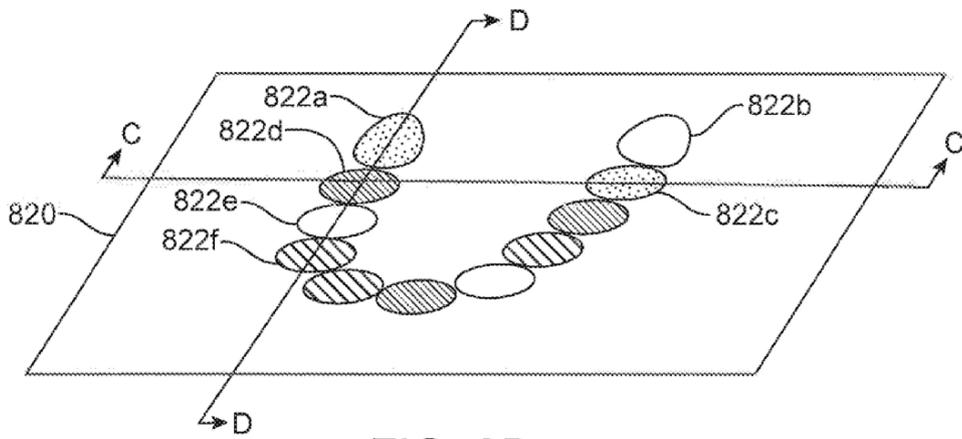


FIG. 8B

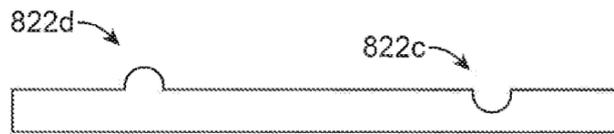


FIG. 8C

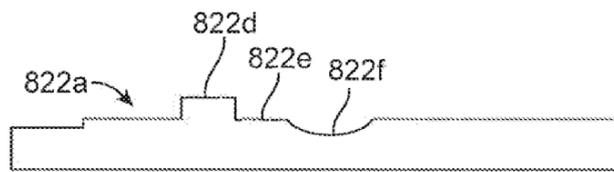


FIG. 8D

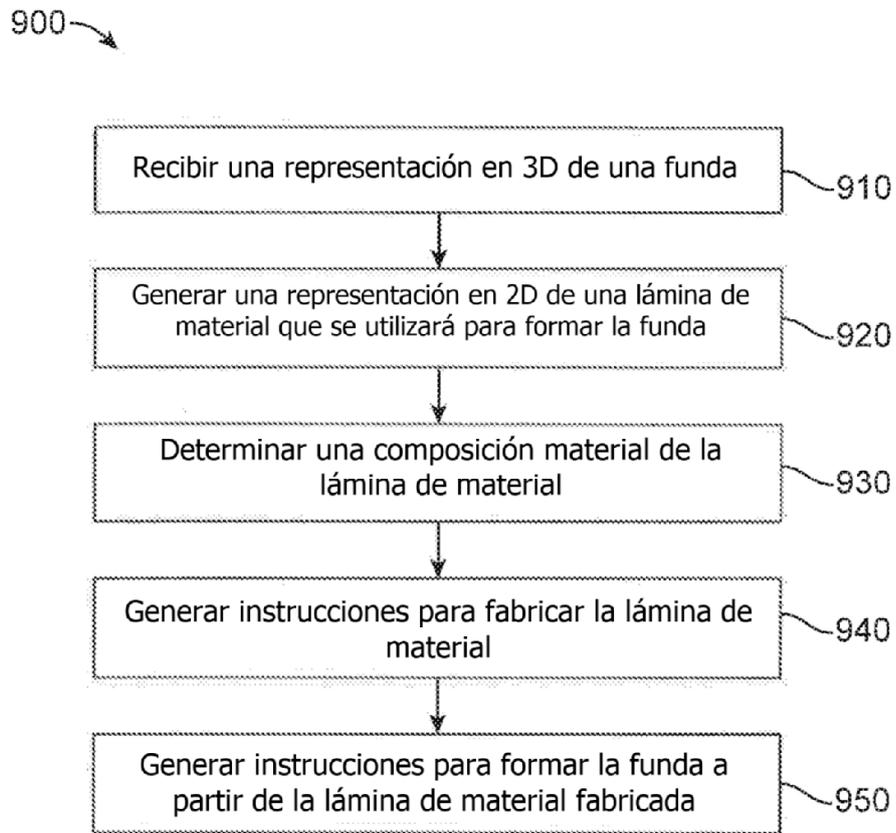


FIG. 9

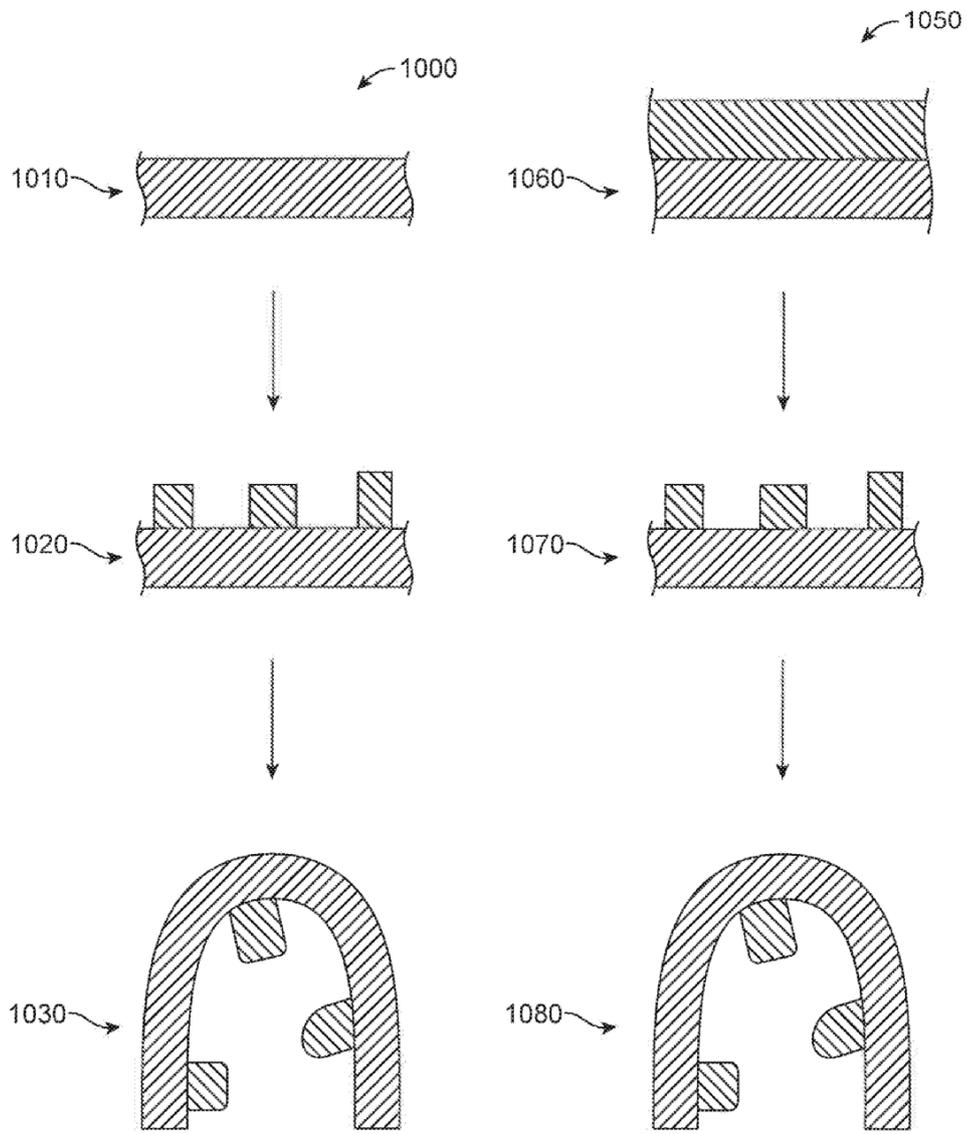


FIG. 10A

FIG. 10B

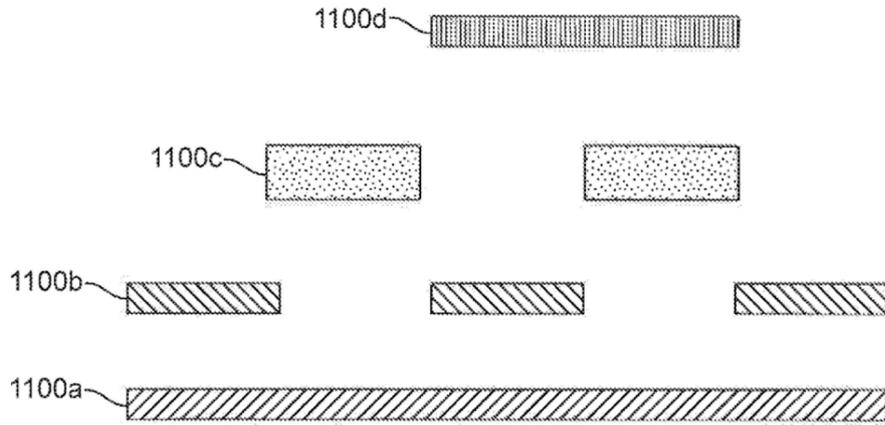


FIG. 11A

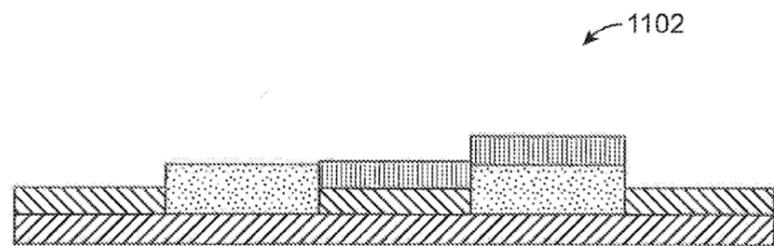


FIG. 11B

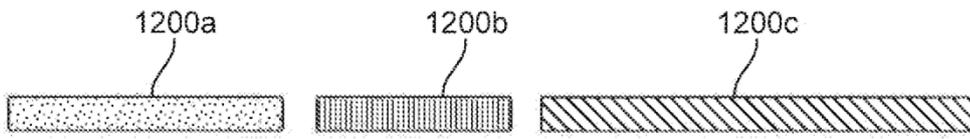


FIG. 12A

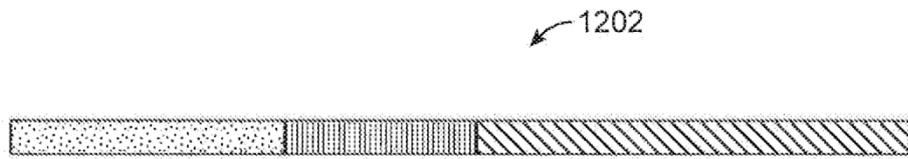


FIG. 12B

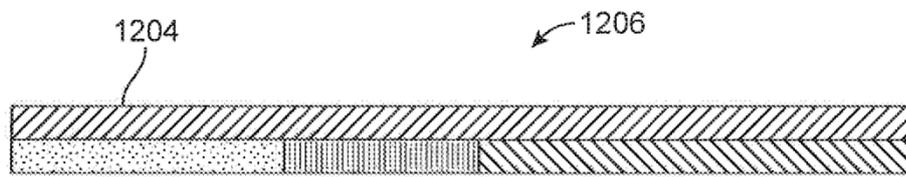


FIG. 12C

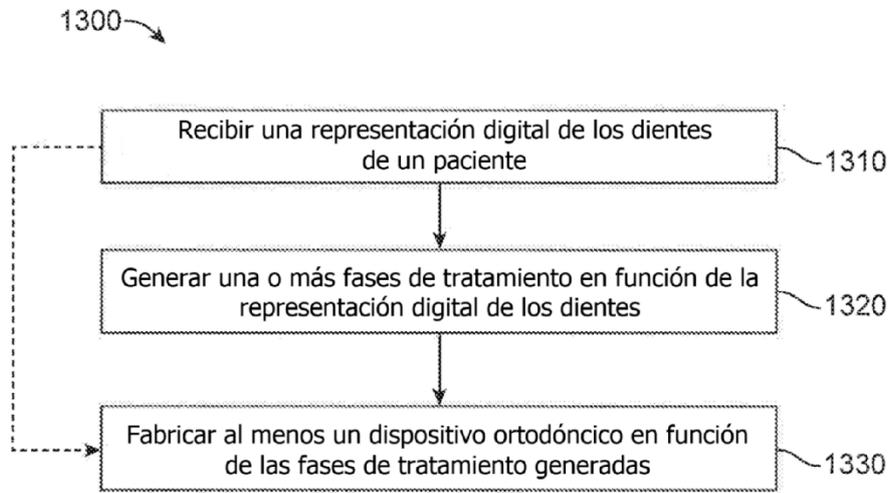


FIG. 13

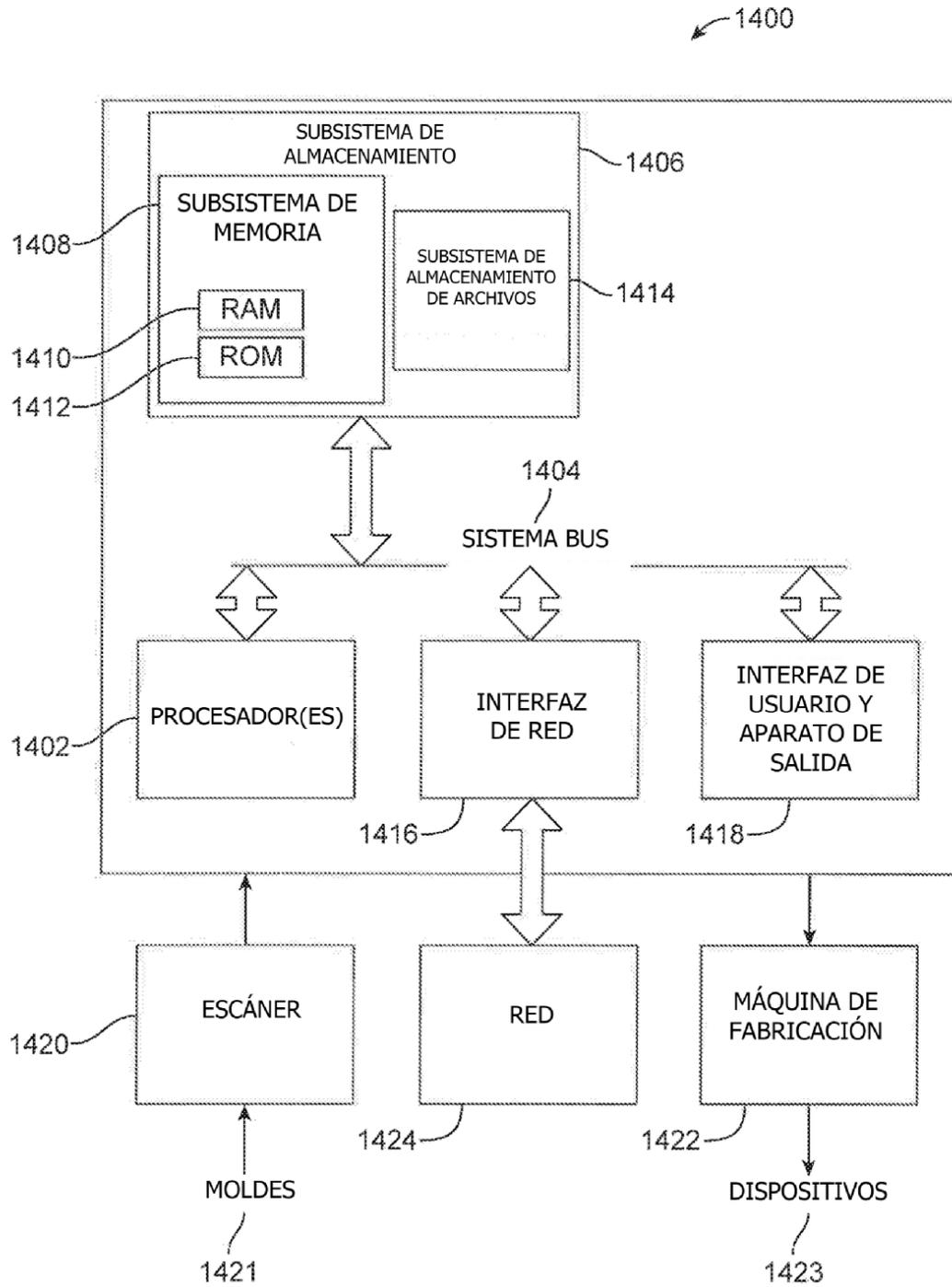


FIG. 14

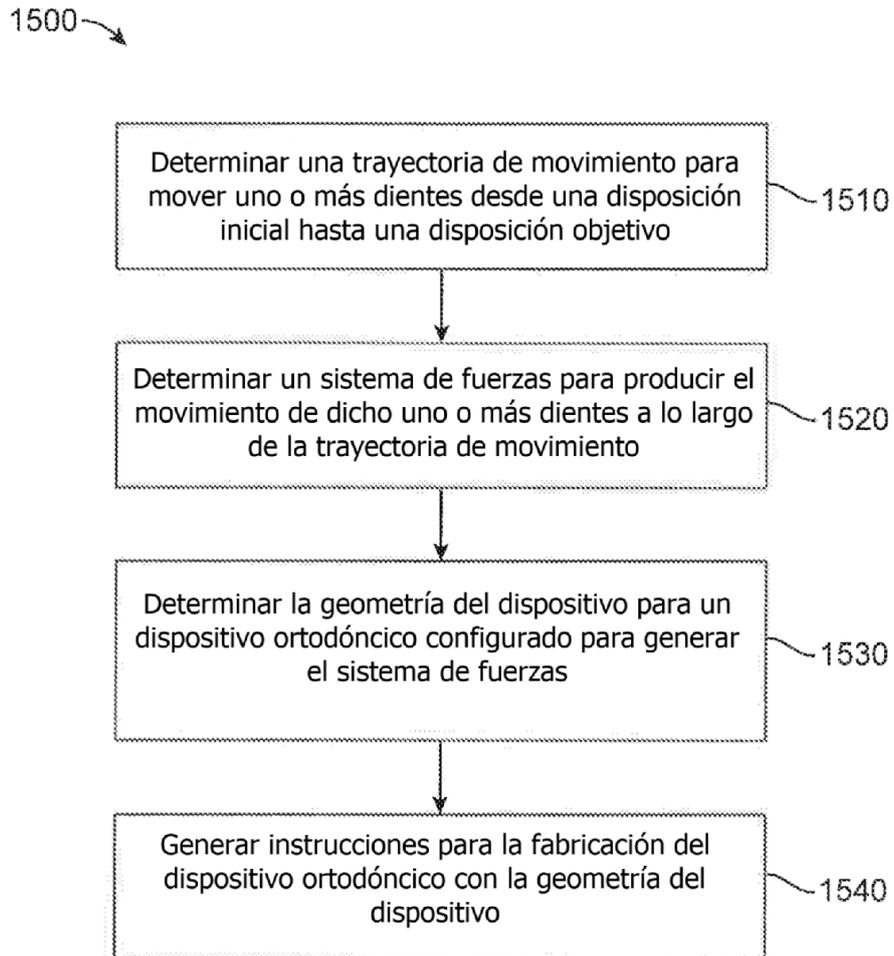


FIG. 15

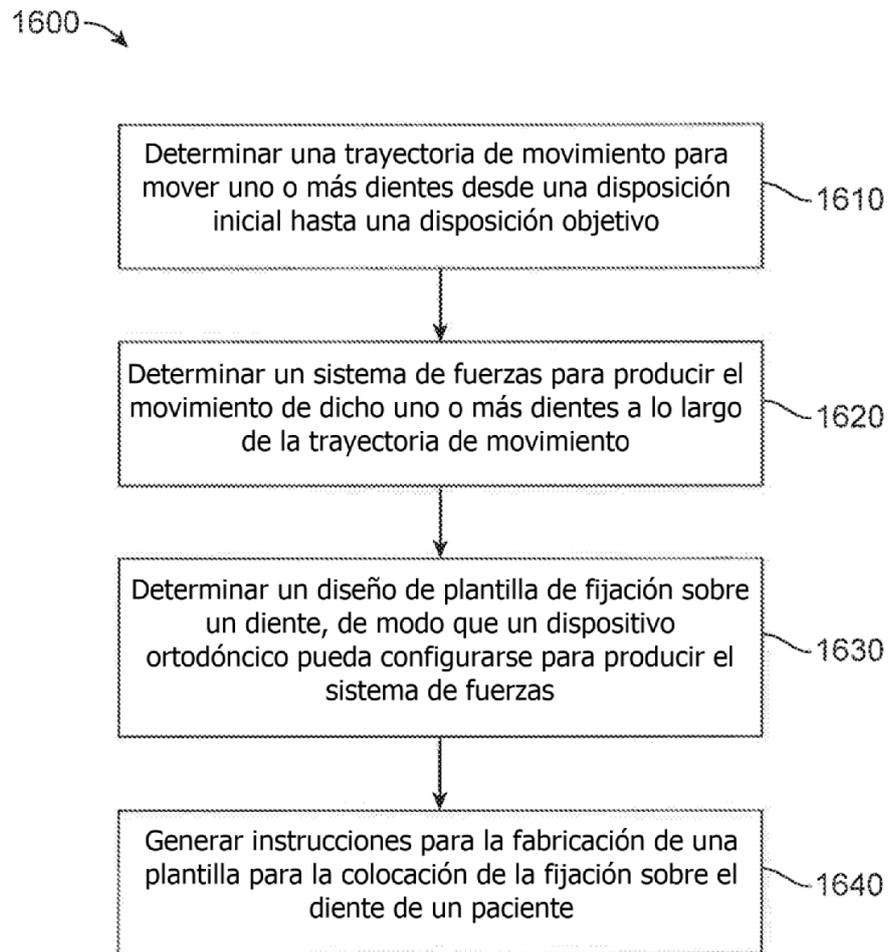


FIG. 16

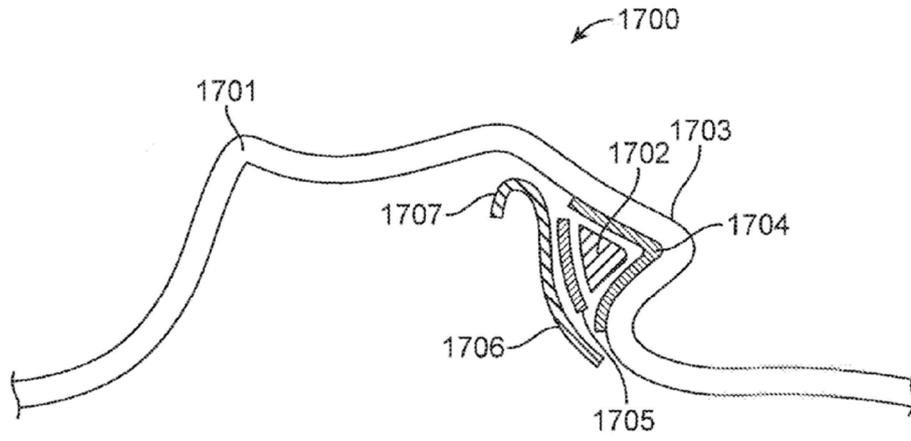


FIG. 17A

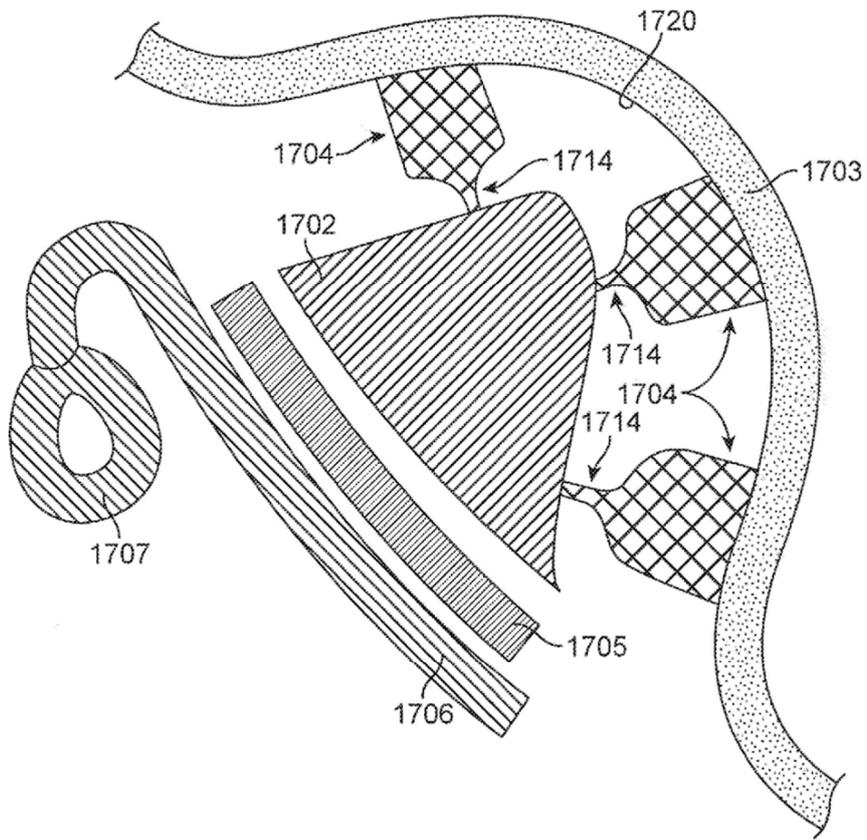


FIG. 17B