

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 144**

51 Int. Cl.:

**A61C 1/07** (2006.01)

**A61C 17/20** (2006.01)

**A61B 17/32** (2006.01)

**B06B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2007 E 07736794 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015 EP 2146660**

54 Título: **Dipolo resonante con frecuencia de ultrasonidos, para usos médicos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.11.2015**

73 Titular/es:

**MECTRON S.P.A. (100.0%)  
VIA LORETO 15/A  
16042 CARASCO GE, IT**

72 Inventor/es:

**VERCELLOTTI, DOMENICO;  
BIANCHETTI, FERNANDO y  
CARDONI, ANDREA**

74 Agente/Representante:

**PUIGDOLLERS OCAÑA, Ricardo**

**ES 2 550 144 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**

Dipolo resonante con frecuencia de ultrasonidos, para usos médicos

5 La presente invención se refiere a un dipolo resonante o sonotrodo de ultrasonidos para aplicaciones médicas y en particular para procesos quirúrgicos y cirugía dental.

10 Los instrumentos o herramientas manuales de ultrasonidos utilizados para el corte de tejidos óseos, para perforar huesos (inserción de implantes) y para eliminar placas son conocidos en los campos de la cirugía y de la ortodoncia. Estos instrumentos manuales de ultrasonidos han sido descritos en las patentes EP 0 914 809 y US 6.695.847 a nombre del mismo solicitante actual.

15 Las figuras 1 y 1a muestran un instrumento manual de ultrasonidos de acuerdo con la técnica anterior, indicado en su conjunto con el numeral de referencia 100. El instrumento manual 100 comprende:

1) Un elemento 1 generador de vibraciones mecánicas, que consiste en un transductor de ultrasonidos que puede ser tipo piezoeléctrico, es decir, que transforma el campo eléctrico alterno aplicado a una cerámica piezoeléctrica en una vibración mecánica a una frecuencia de ultrasonidos en un rango de 22 a 30 kHz; y

20 2) Un elemento 2 amplificador de vibraciones, conocido habitualmente como amplificador o "cuerno", que puede tener una forma recta, cónica, exponencial o escalonada, que está conectado coaxialmente al transductor 1 para amplificar la amplitud de las vibraciones; y

3) Un sonotrodo 103 conectado coaxialmente al amplificador de vibraciones 2, que por su parte puede servir (de acuerdo con su forma) como "herramienta" de trabajo, como por ejemplo, un elemento postizo o inserto para la perforación de hueso (preparación del lugar del implante), para el corte de hueso, y para la eliminación de placa.

25 El transductor de ultrasonidos cilíndrico 1 (del tipo piezoeléctrico o también de tipo magnetoestricción) proporciona un movimiento sustancialmente de dos direcciones a lo largo del eje longitudinal X-X del conjunto de transductor/amplificador, como tal como se ha mostrado en las figuras 1 y 1A. Como consecuencia, en la configuración antes descrita, el sonotrodo/herramienta 103 queda sometido prevalentemente a un movimiento en dos direcciones a lo largo del eje longitudinal X-X del transductor 1 con vibraciones transversales mínimas.

30 Esencialmente, la oscilación a la que está sometido el extremo del sonotrodo tiene una componente prevalente axial (movimiento de vaivén a lo largo de las flechas F, que le proporciona al sonotrodo 103 su función de trabajo) y una componente mínima perpendicular, casi inexistente, con respecto al eje longitudinal X-X del transductor.

35 En algunos tipos de procedimientos quirúrgicos, tales como por ejemplo, la creación de un lugar para un implante, es deseable que el eje de vibración de la herramienta sea girado, según un ángulo bien definido (preferentemente unos 105°) con respecto al eje de vibración del transductor, que está dispuesto en el asa del instrumento manual.

40 La patente US 5.426.341 da a conocer que para girar el eje de vibración de la herramienta con respecto al eje de vibración del transductor, se puede utilizar un sonotrodo que consiste en un elemento anular continuo. Este sonotrodo hace posible obtener una vibración por ultrasonidos en dos direcciones en la herramienta, girada en 90° con respecto al eje del transductor piezoeléctrico, al explotar una modalidad de flexión de cuatro nodos del elemento anular del sonotrodo. Además, se puede obtener una rotación del eje de vibración de dos direcciones en un ángulo de 120° al excitar un armónico de flexión diferente del elemento anular y explotar una modalidad de flexión de seis nodos del elemento anular.

No obstante, este tipo de sonotrodo no es adecuado para procesos quirúrgicos, tales como, por ejemplo, procedimientos de precisión en lugares de difícil acceso, tales como la cavidad bucal.

50 Si un elemento anular de esas dimensiones es utilizado para permitir la inserción en la cavidad, es decir, con un diámetro externo menor de 20 mm, dicho elemento anular empieza a vibrar con vibración de flexión a una frecuencia aproximada 3 kHz mayor que la frecuencia de la vibración longitudinal del transductor, que es aproximadamente de 27 kHz. En este caso la acción de martilleo de la herramienta no es muy eficiente y no es adecuada para un proceso quirúrgico. En realidad, se debe considerar que para que tenga lugar el acoplamiento entre las dos modalidades de vibración (vibración longitudinal del transductor y vibración de flexión del sonotrodo) con la máxima eficiencia, las frecuencias de resonancia de cada modalidad excitada deben coincidir.

60 Como consecuencia, para conseguir que la frecuencia de la modalidad de flexión del sonotrodo converja (disminuye) con la frecuencia (27 kHz) de la modalidad longitudinal del transductor, es necesario un dimensionamiento geométrico adecuado del sonotrodo. En la práctica, el diámetro interior y/o exterior del sonotrodo se deben aumentar hasta un valor óptimo predeterminado bastante superior a 20 mm. Estas limitaciones de dimensiones están en conflicto con las exigencias para la utilización del sonotrodo en cirugía, en la que el diámetro externo y el grosor del elemento anular del sonotrodo vienen determinados por la necesidad de combinar la exigencia de tener un dispositivo de dimensiones limitadas con las de funcionar dentro de los límites de fatiga del material.

65

Además, si la herramienta está dispuesta sobre el elemento anular con un eje inclinado en 105° con respecto al eje del transductor, la eficiencia de la percusión de la herramienta es extremadamente limitada. En realidad, el sonotrodo descrito en el documento US 5.426.341 asegura la máxima eficiencia cuando la herramienta está dispuesta con el eje inclinado en 90° (modalidad de flexión de cuatro nodos) o 120° (modalidad de flexión de seis nodos) con respecto al eje del transductor. Estas posiciones de la herramienta no son adecuadas para procesos quirúrgicos.

El documento WO2005/009256 A2 da a conocer un instrumento de tratamiento realizado en forma de cuerpo vibrante y acoplado a un dispositivo de accionamiento de vibración o que comprende una superficie de acoplamiento sobre la que se puede colocar un sonotrodo.

Es un objetivo de la presente invención superar los inconvenientes de la técnica anterior, al dar a conocer un sonotrodo de ultrasonidos que está adaptado para permitir la rotación del eje de vibración de ultrasonidos de la herramienta aplicada al mismo en un ángulo bien definido con respecto al eje de vibración de ultrasonidos del transductor de ultrasonidos del instrumento manual.

Otro objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un sonotrodo que asegura elevada eficiencia de las vibraciones de la herramienta y al mismo tiempo tiene unas dimensiones limitadas, a efectos de permitir su utilización en cirugía en lugares de difícil acceso.

Estos objetivos se consiguen de acuerdo con la invención por las características indicadas en la reivindicación independiente 1 que se adjunta.

Realizaciones ventajosas de la invención quedarán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes.

El sonotrodo de acuerdo con la invención comprende una lengüeta diseñada para ser conectada a un instrumento manual que comprende un transductor de ultrasonidos que vibra a una frecuencia de ultrasonidos con un eje longitudinal de vibración coaxial con el eje de la lengüeta, un elemento anular conectado a dicha lengüeta, y una herramienta dispuesta sobre dicho elemento anular y que tiene un eje de vibración inclinado con respecto al eje de vibración del transductor. El elemento anular es discontinuo y tiene una abertura dispuesta a lo largo de la continuación del eje del transductor, en una posición diametralmente opuesta al acoplamiento de la lengüeta al elemento anular del sonotrodo.

La disposición de esta abertura asegura, que en el caso de un sonotrodo de pequeñas dimensiones, adaptado para ser insertado en una cavidad bucal, la frecuencia de oscilación del movimiento de dos direcciones de la herramienta conectada al sonotrodo corresponde exactamente a la frecuencia de vibración generada en el transductor de ultrasonidos piezoeléctrico al que está conectado el sonotrodo, asegurando de esa manera la máxima eficiencia del efecto de percusión de la herramienta.

En particular, dicha abertura está dispuesta en una posición adecuada en el elemento anular a efectos de generar vibraciones de flexión de cuatro nodos del elemento anular, de manera que la mayor amplitud de vibración se obtiene en posición intermedia entre dos nodos que corresponde a un ángulo de 105° con respecto al eje vibración del transductor. Como consecuencia, la herramienta puede estar dispuesta sobre el elemento anular de manera que su eje de vibración está inclinado, con respecto al eje de vibración del transductor, en un ángulo comprendido entre 80° y 140°, preferentemente 105°. De esta manera se asegura la eficiencia máxima del efecto de percusión de la herramienta precisamente cuando la herramienta está dispuesta en una posición óptima para llevar a cabo procesos quirúrgicos.

Por las razones anteriormente mencionadas, el sonotrodo de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para ser utilizado en el sector médico, en el sector de los huesos y de los implantes dentales. En este sector se puede utilizar un instrumento manual comprendiendo dicho sonotrodo para su inserción en los tejidos preparados del hueso (lugar del implante), nuevos tipos de implantes (tornillos/columnas, etc.) tales como, por ejemplo, los que se describen en el documento US 7.008.226, que se incorporan al actual artículo de referencia.

La disposición de herramientas de corte específicas (conocidas en sí mismas y que por lo tanto no se describen) en el sonotrodo de acuerdo con la invención, permiten (gracias al movimiento de percusión resultante) la realización de orificios preparatorios en el tejido óseo (lugar del implante), con una acción final de suavización y acabado, para la inserción de tornillos, columnas, etc., utilizados en la implantología de huesos.

Otras características de la invención quedarán más evidentes por la descripción detallada siguiente, que se refiere pluralmente a ejemplos y por lo tanto no hace referencia a realizaciones limitantes de la misma, habiéndose mostrado en los dibujos adjuntos, en los que:

Las figuras 1 y 1A muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista lateral de un instrumento manual de ultrasonidos de acuerdo con la técnica anterior;

Las figuras 2 y 2A muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista lateral de un instrumento manual para ultrasonidos dotado de un sonotrodo de acuerdo con la invención;

5 Las figuras 3 y 3A muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista lateral de un sonotrodo que no corresponde a la invención, en el que la herramienta de percusión ha sido omitida;

Las Figuras 4 y 4A muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista lateral de una variante que no corresponde a la invención del sonotrodo de las figuras 3 y 3A;

10 La figura 5 es una vista en perspectiva del sonotrodo de las figura 4 en la que se ha añadido una herramienta en forma de martillo de acuerdo con la invención;

Las figuras 6A, 6B y 6C son unas vistas en perspectiva de tres realizaciones diferentes del martillo;

15 Las figuras 7 y 7A muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista lateral del sonotrodo de las figuras 3 y 3A a las que se ha añadido el martillo de la figura 6B;

Las figuras 8 y 8A muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista lateral del sonotrodo de las figuras 4 y 4A al que se ha añadido el martillo de la figura 6B;

20 Las figuras 9 y 9A muestran respectivamente una vista en perspectiva y una vista lateral del sonotrodo; y

La figura 10 es un esquema del análisis de elementos finitos llevado a cabo en un instrumento manual de ultrasonidos dotado del sonotrodo de las figuras 8 y 8A;

25 El sonotrodo de acuerdo con la invención se describirá con ayuda de las figuras.

Las figuras 2 y 2A muestran un instrumento manual de ultrasonidos que comprende el transductor de ultrasonidos 1 que vibra a una frecuencia de ultrasonidos (24 - 29 kHz, preferentemente 27,0 kHz) a lo largo de su eje de simetría X-X y un amplificador 2 conectado coaxialmente al transductor 1 para amplificar la amplitud de las vibraciones. Un sonotrodo de acuerdo con la invención, indicado en su conjunto con el numeral de referencia 3, está conectado al amplificador 2. El sonotrodo 3 comprende una herramienta 5 que está realizada preferentemente de forma integral con el sonotrodo 3. No obstante, la herramienta 5 puede ser aplicada, como elemento separado, a un acoplamiento especial del sonotrodo, para que sea sustituible. La herramienta 5 consiste preferentemente en un elemento de percusión, conocido como martillo, adaptado para llevar a cabo una percusión de martilleo sobre el lugar quirúrgico.

Haciendo referencia a las figuras 3 y 3A que muestran una realización en que la herramienta 5 ha sido omitida y por lo tanto no corresponde a la invención tal como se ha reivindicado, el sonotrodo 3 comprende una lengüeta compuesta por dos partes 30, 31 coaxiales entre si y diseñadas para su disposición coaxial con respecto al eje X-X del transductor 1 y del amplificador 2 en su conjunto (figuras 2, 2A). La primera parte 30 de la lengüeta tiene sección transversal cuadrada (pero en otra configuración puede ser circular en sección, por ejemplo) y está diseñada para su conexión al amplificador 2 del transductor piezoeléctrico (figuras 2, 2A). Para este objetivo, la primera parte 30 de la lengüeta tiene una rosca interna adaptada para su roscado sobre la rosca externa del amplificador 2, a efectos de fijar el sonotrodo 3 en su conjunto al amplificador del transductor.

La segunda parte 31 de la lengüeta tiene sección transversal rectangular (pero en otra configuración puede ser de sección circular, por ejemplo) con una superficie más reducida que la sección de la primera parte 30. La segunda parte 31 de la lengüeta está conectada directamente a la primera parte 30. La segunda parte 31 de la lengüeta está conectada en su extremo distal, por medio de un elemento de transición cónico 32, a un elemento anular abierto 33 con sección transversal maciza, preferentemente rectangular.

El elemento anular 33 presenta:

- un diámetro interno (B) comprendido en 4,0 mm y 16 mm, preferentemente entre 8,00 mm y 12,00 mm.
- un diámetro externo (C) comprendido en 6 mm y 20 mm, preferentemente entre 10 mm y 16 mm, y
- un grosor (D) entre 2 mm y 8 mm, preferentemente entre 3 mm y 6 mm.

El elemento anular 33 descansa sobre un plano  $\alpha$  y se extiende simétricamente con respecto al plano  $\beta$  en ángulo recto con respecto al plano  $\alpha$  y conteniendo el eje (X-X) del transductor. El elemento anular 33 tiene en su parte superior, que corresponde a la continuación del eje (X-X) del transductor, una apertura 34 (intersticio, interrupción). La apertura 34 está dispuesta en una posición diametralmente opuesta con respecto al acoplamiento 32 de la lengüeta del elemento anular.

La anchura de la apertura 34 aumenta hacia el exterior. Por lo tanto, en el diámetro interno del elemento anular, la apertura 34 tiene una anchura (F) comprendida entre 0,3 mm y 2,5 mm, preferentemente entre 0,6 mm y 1,8 mm,

mientras que en el diámetro externo del elemento anular, la abertura 34 tiene una anchura (E) comprendida entre 0,5 mm y 3 mm, preferentemente entre 0,8 mm y 2 mm.

5 En la realización del sonotrodo 3 que se ha mostrado en las figuras 3, 3A, que no se corresponde con las reivindicaciones, el diámetro externo del elemento anular 33 se mantiene constante.

10 En las figuras 4 y 4A se ha mostrado una variante del sonotrodo 3 que tampoco está cubierta por las reivindicaciones, en la que una superficie para 35, preferentemente rectangular en sección, está formada por fresado de la superficie externa del elemento anular 33. La línea recta P perpendicular a la superficie plana 35 forma un ángulo  $\gamma$  comprendido entre  $80^\circ$  y  $140^\circ$ , preferentemente de  $105^\circ$ , con respecto al eje de simetría X-X del transductor. La superficie plana 35 se encuentra a una distancia (Z) con respecto al centro del elemento anular comprendida entre 3 mm y 10 mm, preferente mente entre 5 mm y 8 mm.

15 La figura 5 muestra el martillo 5 dispuesto sobre la superficie plana 35 del elemento anular. El eje Y-Y del martillo 5 está dispuesto en ángulo recto con respecto la superficie plana 35.

20 El martillo 5 puede tener diferentes estructuras geométricas, tal como se ha mostrado en las figuras 6A, 6B y 6C. Las diferentes geometrías están relacionadas con la amplitud de vibración que se debe obtener en el martillo 5 y al correspondiente límite de los esfuerzos de fatiga del material en el área de acoplamiento del martillo 5 al anillo 33. En las figuras se han mostrado diferentes estructuras geométricas del martillo 5, con sección circular o cuadrada; no obstante, el martillo 5 puede tener otros tipos de sección. Además, aunque el martillo 5 esté formado integralmente en una pieza única con el elemento anular 33 en la realización mostrada en las figuras, es evidente que en lugar del martillo se puede disponer sobre el elemento 33 un acoplamiento adaptado para recibir cualquier herramienta 5 de tipo conocido para aplicaciones con instrumentos manuales de ultrasonidos.

25 La figura 6A muestra el martillo 5 con una estructura cilíndrica 50.

30 La figura 6B muestra un martillo 5 que tiene una estructura compuesta por dos partes coaxiales cilíndricas 50, 51 que tienen diferentes secciones. La parte de mayor diámetro 50 es la parte de percusión diseñada para percutir sobre el lugar quirúrgico. La parte de menor diámetro 51 es la parte para fijación al elemento anular 33.

35 La figura 6C muestra un martillo 5 formado por una parte de percusión cilíndrica 50 y una parte de fijación paralelepípedica 51' con sección cuadrada con lados más pequeños que el diámetro de la parte de percusión cilíndrica 50.

Las configuraciones de las figuras 6B y 6C permiten obtener una elevada amplitud de vibración y que la fatiga mecánica en la base del acoplamiento entre el martillo y el anillo quede incluida dentro de los límites de fatiga del material del sonotrodo.

40 El diámetro de la parte de percusión cilíndrica 50 está comprendido entre 1,0 mm y 5,0 mm, preferentemente 3 mm. La parte de acoplamiento 51, 51', por otra parte, tiene un diámetro o medida lateral comprendida entre 0,5 mm y 2,5 mm, preferentemente 1,5 mm. El martillo 5 en cualquier estructura tiene una longitud total comprendida entre 1,5 mm y 7,0 mm, preferentemente 3 mm.

45 Con referencia a las figuras 7 y 7A, si el elemento anular 33 tiene un diámetro exterior constante, el martillo 5 está dispuesto sobre la superficie externa del elemento anular 33 de manera que su eje longitudinal de simetría Y-Y forma un ángulo  $\vartheta$  entre  $80^\circ$  -  $140^\circ$ , preferentemente entre  $95^\circ$  y  $115^\circ$ , más preferentemente  $105^\circ$ .

50 Haciendo referencia a las figuras 8 y 8A, si el elemento anular 33 tiene una parte plana 35; el martillo 5 está posicionado sobre la parte plana 35, formando ángulo recto con la misma. En esta configuración el martillo 5 está dispuesto simétricamente con respecto al lado más largo L de la superficie plana 35 y simétricamente con respecto al lado más corto M de la superficie plana 35 (no obstante, es posible tener una estructura con el martillo 5 dispuesta simétricamente con respecto a ambos lados que se han mencionado de la superficie plana 35). Evidentemente, también en ese caso, el martillo 5 tiene un eje Y perpendicular a la superficie plana 35 y por lo tanto inclinado en ángulo  $\vartheta$  entre  $80^\circ$  y  $140^\circ$ , preferentemente  $95^\circ$ - $115^\circ$ , más preferentemente  $105^\circ$ , con respecto al eje de simetría X-X del transductor.

60 De esta manera, el martillo 5, es aplicado a cualquiera que sea su estructura geométrica (descrita anteriormente), y para cualquier tipo de estructura de sonotrodo (descrita anteriormente), transmite al cabezal del implante sobre el que descansa, una vibración alternativa ultrasónica de martilleo en dos sentidos, actuando a lo largo de su eje longitudinal propio de simetría Y-Y. El efecto de martilleo permite la inserción en el lugar del implante de nuevos tipos de implantes (tornillos/columnas, etc) igual que los que se describen, por ejemplo, en el documento US 7.008.226.

65 Gracias a la disposición del intersticio 34 en el elemento anular 33, el sonotrodo 3 de acuerdo con la presente invención es capaz de transferir (transformar) la oscilación en dos direcciones a lo largo de un eje (X-X) en una

oscilación en dos direcciones de la misma frecuencia y amplitud significativa, que actúa a lo largo de una serie de ejes (Y-Y) girados en un ángulo  $\vartheta$  de unos 105° con respecto al eje de referencia (X-X).

5 Para comprender el principio por el que tiene lugar la rotación del eje en dos direcciones, utilizando la configuración geométrica antes descrita, es necesario dividir el sistema vibrante completo en dos subsistemas. El primer subsistema consiste en el transductor piezoeléctrico 1, el amplificador 2, y la lengüeta 30, 31, 32 del sonotrodo, y el segundo subsistema está formado por el elemento anular 33 con la abertura 34.

10 Inicialmente se aplica una corriente eléctrica alterna a la cerámica piezoeléctrica del transductor 1. En la cerámica piezoeléctrica la corriente eléctrica alterna es convertida en una oscilación mecánica, gracias a un efecto piezoeléctrico inverso. De este modo, en el subsistema transductor-amplificador-lengüeta se produce un sistema longitudinal de ondas estacionarias. La lengüeta 30, 31, 32 del sonotrodo es dimensionada de manera que tiene lugar una modalidad longitudinal excitada a lo largo del eje X-X, preferentemente una frecuencia aproximada de 27 kHz.

15 Las figuras 9 y 10 muestran un modelo de elementos finitos que muestra la modalidad longitudinal (axial) del primer subsistema (transductor-amplificador-lengüeta) indicado por A.

20 El segundo subsistema que consiste en el elemento anular 33 con la abertura 34 y el martillo 5 está dimensionado a su vez de manera que tiene una modalidad de vibración de flexión a una frecuencia preferentemente de unos 27 kHz y con una geometría que permite su aplicación en un lugar quirúrgico, por ejemplo su inserción dentro de la cavidad bucal. El armónico de la modalidad de flexión de interés para esta aplicación es que con cuatro nodos se representa por los modelos de elementos finitos indicados por B1 y B2 de las figuras 9 y 10, respectivamente, para el elemento anular con un diámetro externo constante y con una superficie plana.

25 La modalidad longitudinal (axial) tiene su punto de mayor amplitud (antinodo) en el extremo distal de la lengüeta conectado al elemento anular. El mismo punto forma un antinodo en la modalidad de vibración de flexión del elemento anular con abertura. De este modo, se activa una oscilación de flexión del elemento anular del sonotrodo por la vibración longitudinal del subsistema transductor-amplificador-lengüeta.

30 La vibración resultante (es decir, la vibración girada con respecto al eje X-X del transductor) de suficiente amplitud para permitir la inserción del implante en el hueso, puede ser obtenida por lo tanto mediante la combinación de dos familias de modos de vibración: es decir, la modalidad longitudinal (a lo largo del eje longitudinal de simetría X-X del transductor) y la modalidad de flexión del elemento anular con abertura y protuberancia incorporada o martillo. La modalidad de vibración compleja (longitudinal y de flexión) del sistema en su conjunto está representada por modelos de elementos finitos indicados por C e ilustrados en las figuras 9 y 10, respectivamente, para el elemento anular con un diámetro externo constante y con una superficie plana.

35 A efectos de que las dos familias de modalidades sean combinadas correctamente, dando lugar a la vibración compleja necesaria para la operación, el sistema vibrante debe ser dimensionado de manera que los tipos de modalidades excitadas (simultáneamente) están adaptadas a la misma frecuencia resonante. La vibración de flexión excitada en el elemento anular con abertura y protuberancia incorporada o martillo es trasladada a su vez en una vibración de dos direcciones, también aproximadamente de 27 kHz, a lo largo del eje Y-Y del martillo.

40 Por lo tanto, los ciclos de vibración de compresión y de extensión que actúan sobre el martillo producen un efecto de martilleo. Ese efecto de martilleo aplicado a la cabeza de un implante permite la inserción de dicho implante en los tejidos del hueso (lugar de la implantación) y fundiendo simultáneamente el plástico bioabsorbible. Para los usos antes descritos el sonotrodo 3 debe tener por lo tanto unas dimensiones limitadas, a efectos de tener fácil acceso al lugar quirúrgico, por ejemplo la cavidad bucal.

45 Tal como es evidente por los análisis de elementos finitos, la configuración con un diámetro exterior constante del anillo 33 se utiliza cuando es necesario proporcionar al martillo 5 vibraciones de elevada amplitud, manteniendo los valores de fatiga mecánica en la base del punto de acoplamiento martillo-anillo dentro de los límites de fatiga del material. La configuración del anillo 33 con superficie plana 35 formada en la superficie plana del anillo, por otra parte, permite una vibración perfectamente lineal y absolutamente axial del martillo 5 con la consiguiente uniformidad de vibración en los puntos de contacto con el implante. Las amplitudes de vibración facilitadas al martillo en esta configuración son menores que las que se pueden alcanzar por medio de la configuración sin superficie plana.

50 El objetivo final de la invención es el de obtener un movimiento alternativo de amplitud "significativa" que actúa a lo largo del eje Y-Y del martillo 5, inclinada con respecto al eje X-X del transductor. El movimiento deseado del martillo 5 y su eficiencia máxima, en términos de amplitud, han sido obtenidos haciendo que la frecuencia de oscilación longitudinal del subsistema transductor-amplificador-lengüeta del sonotrodo coincida con la frecuencia de oscilación de flexión del elemento anular 33 con la abertura 34 en la parte opuesta con respecto a la lengüeta.

Si bien un elemento anular abierto 33, sustancialmente circular, se ha mostrado en la figuras, es evidente que el término elemento anular está destinado a significar también un elemento elíptico o un elemento con geometría similar además de un elemento circular.

- 5 Numerosos cambios y modificaciones de detalles, dentro del alcance de un técnico en la materia, pueden ser realizados en las presentes realizaciones de la invención sin salir del alcance de la misma tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Dipolo resonante de ultrasonidos (3) para aplicaciones médicas que comprenden:
  - 5 - una lengüeta (30, 31, 32) diseñada para su conexión a un instrumento manual que comprende un transductor ultrasónico (1) que vibra a frecuencia de ultrasonidos con un eje longitudinal de vibración (X-X) coaxial con el eje de la lengüeta.
  - un elemento anular (33) conectado a dicha lengüeta, y
  - una herramienta (5) dispuesta sobre dicho elemento anular (33), con un eje de vibración (Y-Y) inclinado con respecto al eje de vibración (X-X) del transductor,
  - 10 caracterizado porque,
  - dicho elemento anular (33) está abierto o es discontinuo y tiene una abertura (34) dispuesta a lo largo de la continuación del eje (X-X) del transductor, en una posición diametralmente opuesta al acoplamiento de la lengüeta al elemento anular del sonotrodo.
- 15 2. Dipolo (3) según la reivindicación 1, caracterizado porque el eje de vibración (Y-Y) de dicha herramienta (5) está inclinado, con respecto al eje de vibración (X-X) del dicho transductor, en un ángulo ( $\vartheta$ ) comprendido entre 80° y 140°, preferentemente entre 95° y 115°, principalmente de unos 105°.
- 20 3. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho elemento anular (33) tiene un diámetro externo (C) de menos de 20 mm, preferentemente comprendido entre 10 mm y 16 mm.
4. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho elemento anular (33) tiene una sección transversal maciza con un grosor (D) entre 2 mm y 8 mm, preferentemente entre 3 mm y 6 mm.
- 25 5. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha abertura (34) del elemento anular tiene una anchura creciente hacia fuera.
- 30 6. Dipolo (3) según la reivindicación 5, caracterizado porque en el diámetro interior del elemento anular (33), la abertura (34) tiene una anchura (F) comprendida entre 0,3 mm y 2,5 mm, preferentemente entre 0,6 mm y 1,8 mm, mientras que en el diámetro externo del elemento anular, la abertura (34) tiene una anchura (E) comprendida entre 0,5 mm y 3 mm, preferentemente entre 0,8 mm y 2 mm.
- 35 7. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque está dispuesta sobre la superficie externa de dicho elemento anular una superficie plana (35) sobre la que se dispone dicha herramienta (5).
- 40 8. Dipolo (3) según la reivindicación 7, caracterizado porque dicho eje (Y-Y) de vibración de la herramienta (5) forma ángulo recto con respecto a dicha superficie plana (35).
9. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha herramienta (5) es un martillo que tiene una parte de percusión (50) sustancialmente cilíndrica.
- 45 10. Dipolo (3) según la reivindicación 9, caracterizado porque dicha parte de percusión cilíndrica (50) del martillo tiene un diámetro comprendido entre 1,0 mm y 5,0 mm, preferentemente 3 mm.
11. Dipolo (3) según la reivindicación 9 o 10, caracterizado porque dicho martillo (5) tiene una longitud tal comprendida entre 1,5 mm y 7,0 mm, preferentemente de 3 mm.
- 50 12. Dipolo (3) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque dicho martillo (5) comprende una pieza de acoplamiento cilíndrica o paralelepípedica (51, 51') con un diámetro o lado menor que el diámetro de la parte de percusión (50).
- 55 13. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha herramienta (5) está realizada en una pieza única con dicho elemento anular (33).
14. Dipolo (3) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque dicha herramienta (5) es aplicada de forma desmontable a un acoplamiento de dicho elemento anular (33).
- 60 15. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha lengüeta del sonotrodo comprende una primera parte (30) de sección cuadrada, una segunda parte (31) de sección rectangular con menor superficie que la superficie de la sección de la primera parte y una parte de transición de sección decreciente (32) que está conectada al elemento anular (33).

16. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha herramienta (5) vibra alrededor de su eje (Y-Y) a la misma frecuencia de vibración que el transductor (1) del instrumento manual a lo largo de su eje longitudinal (X-X).
- 5 17. Dipolo (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho transductor (1) del instrumento manual vibra a lo largo del eje longitudinal (X-X) a una frecuencia comprendida entre 24 kHz y 30 kHz, preferentemente de 27 kHz.

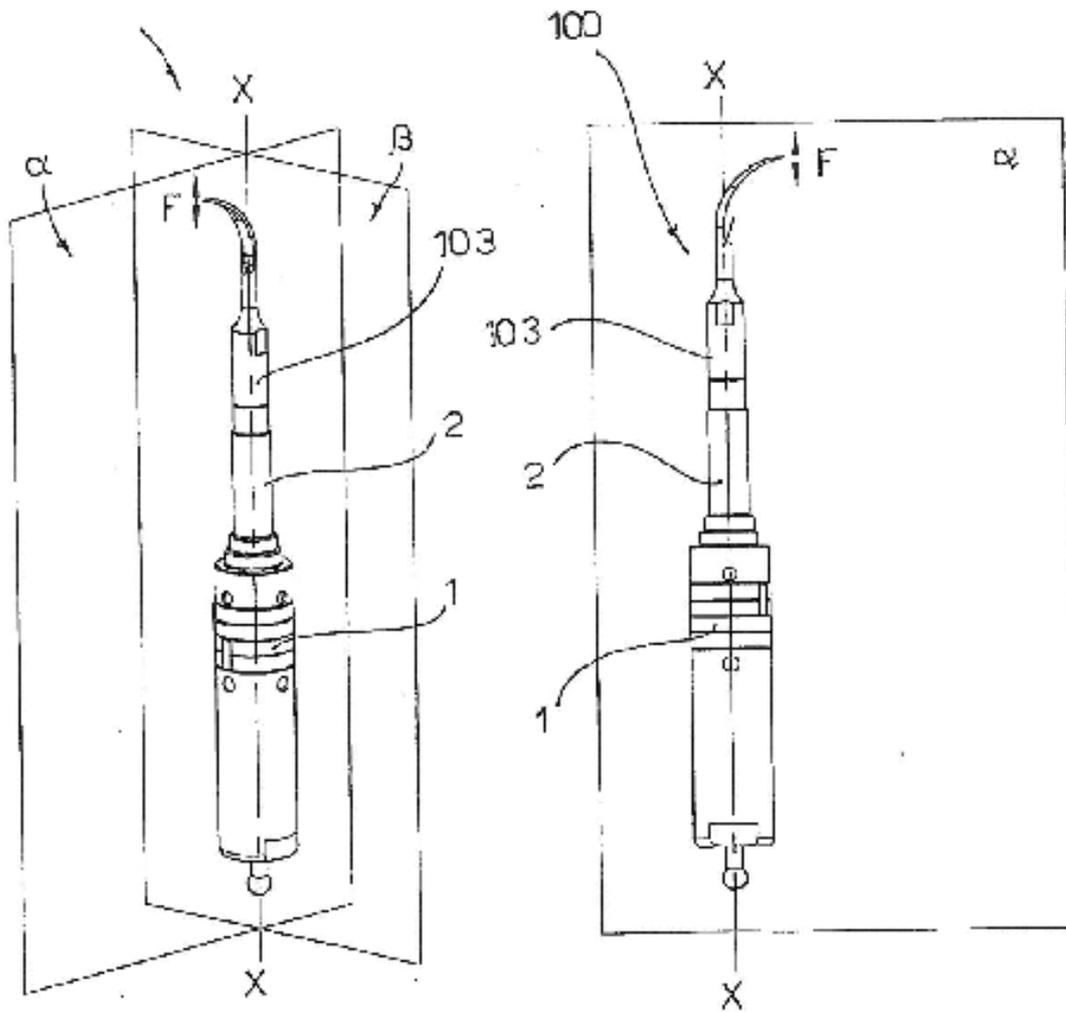


FIG. 1  
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 1A  
TÉCNICA ANTERIOR

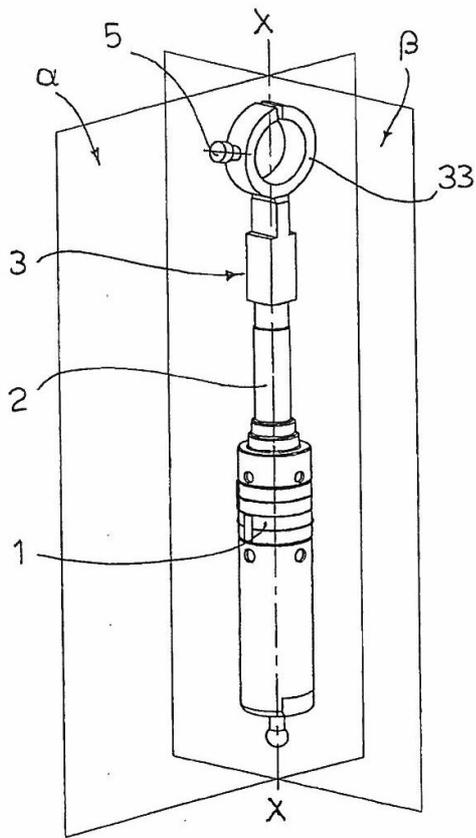


FIG. 2

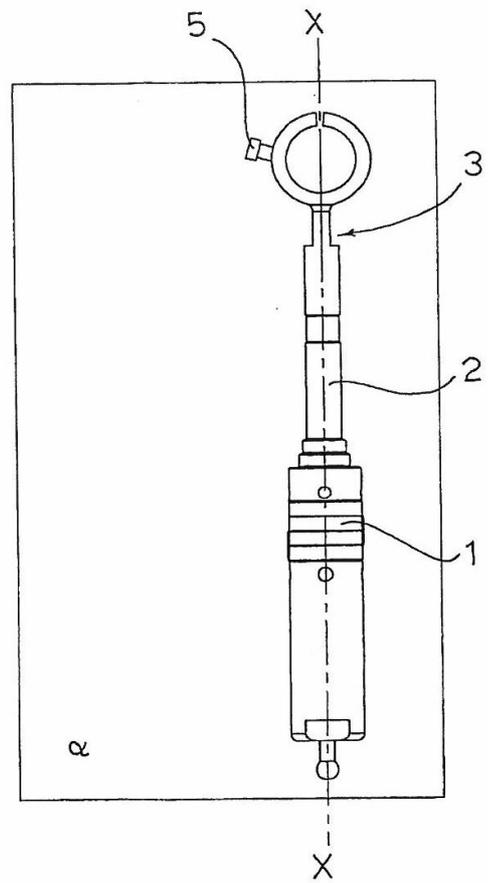


FIG. 2A

FIG. 3

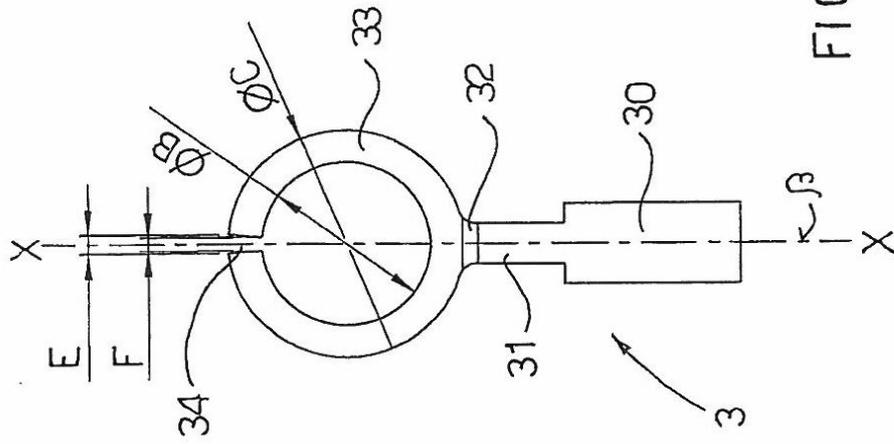
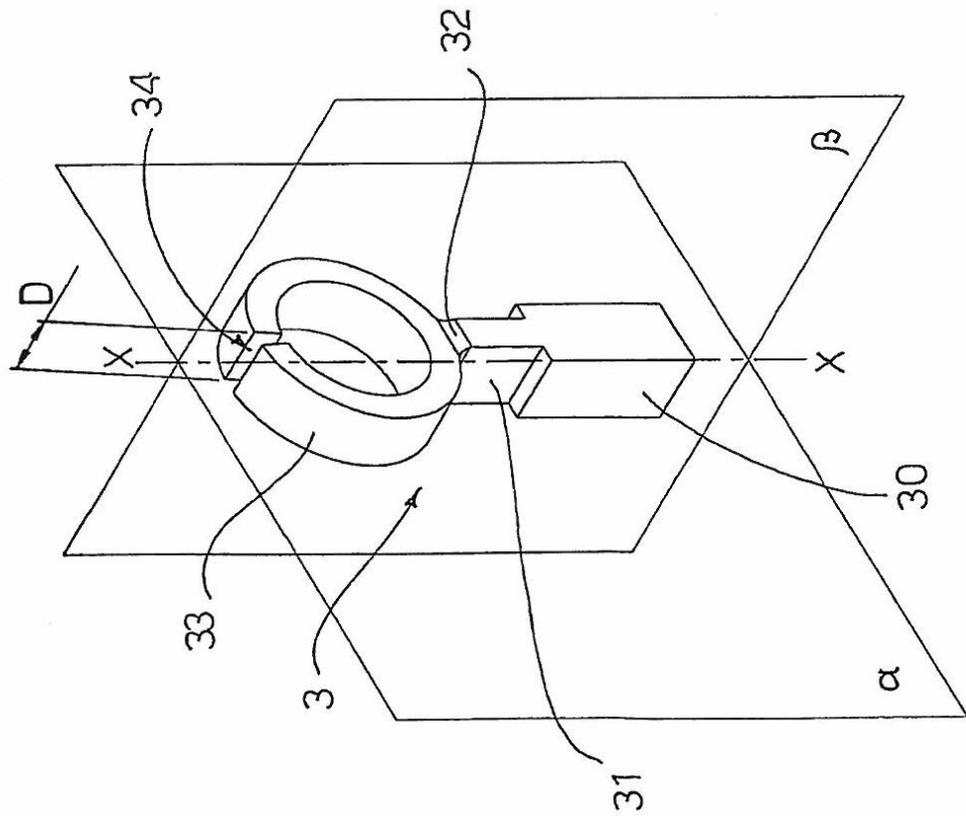


FIG. 3A

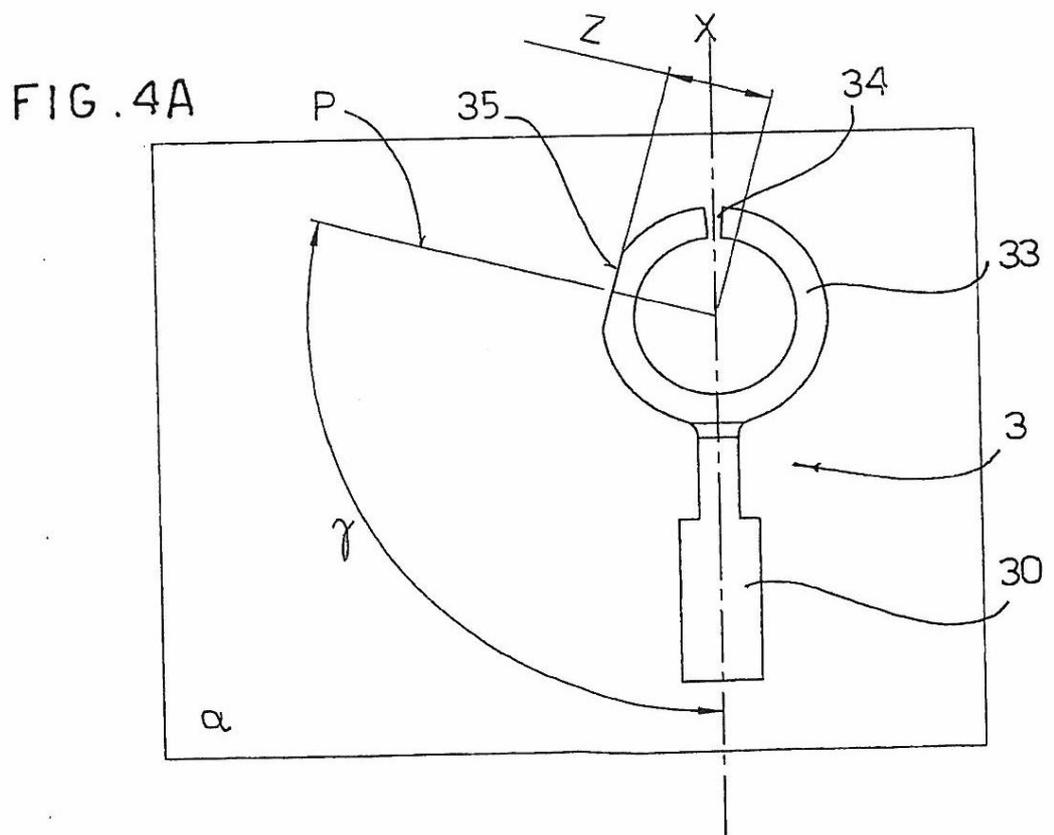
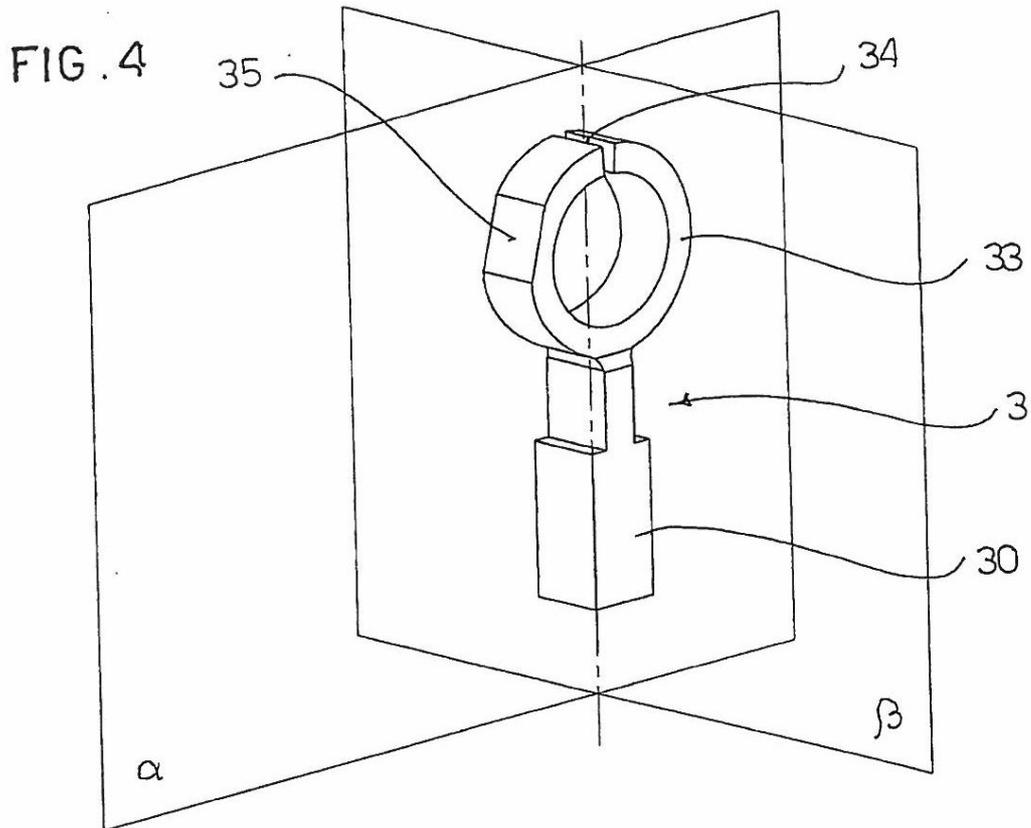


FIG. 5

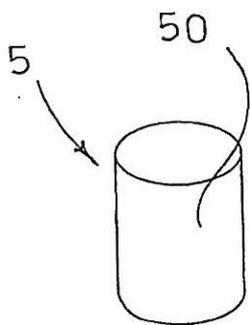
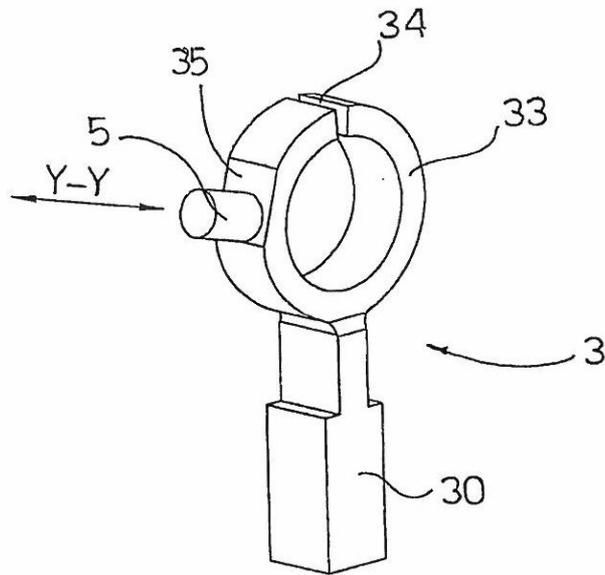


FIG. 6A

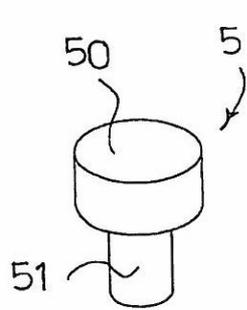


FIG. 6B

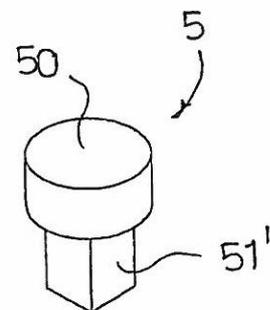


FIG. 6C

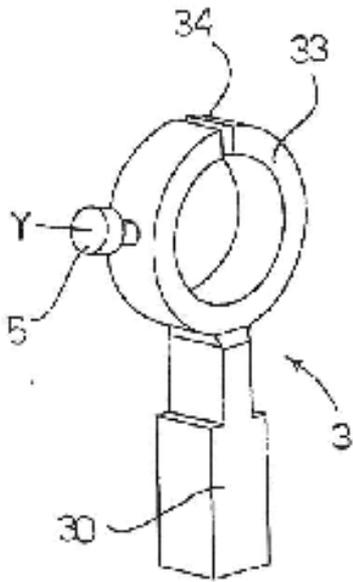


FIG. 7

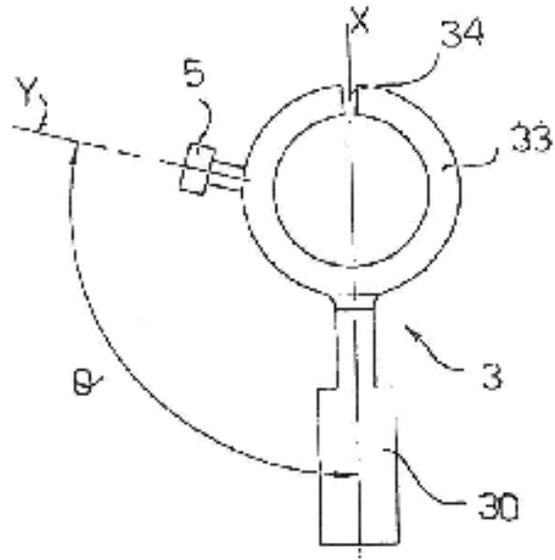


FIG. 7A

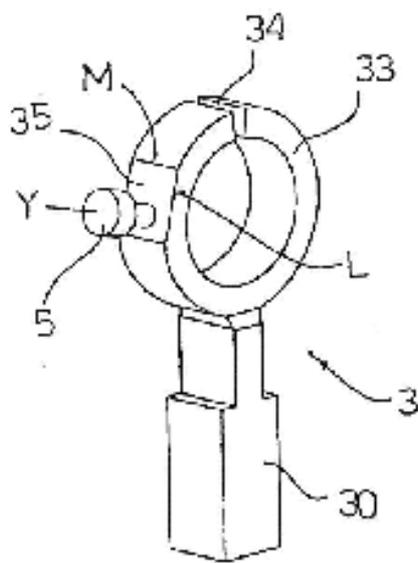


FIG. 8

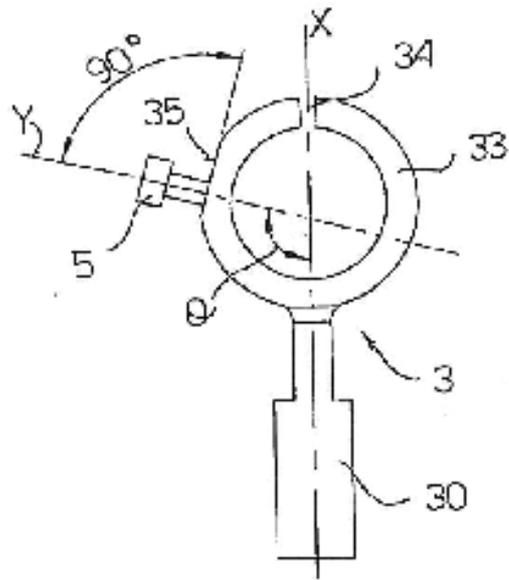
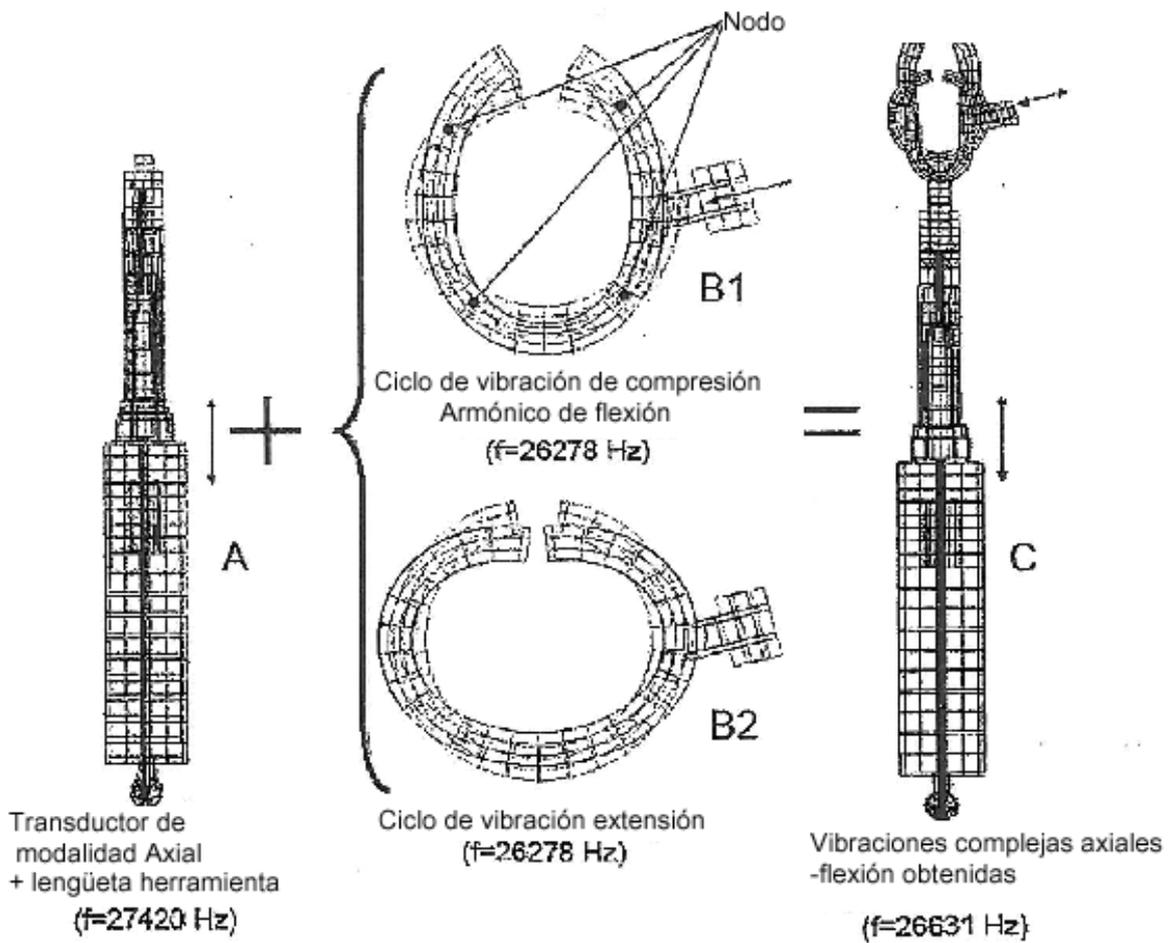


FIG. 8A



16.9

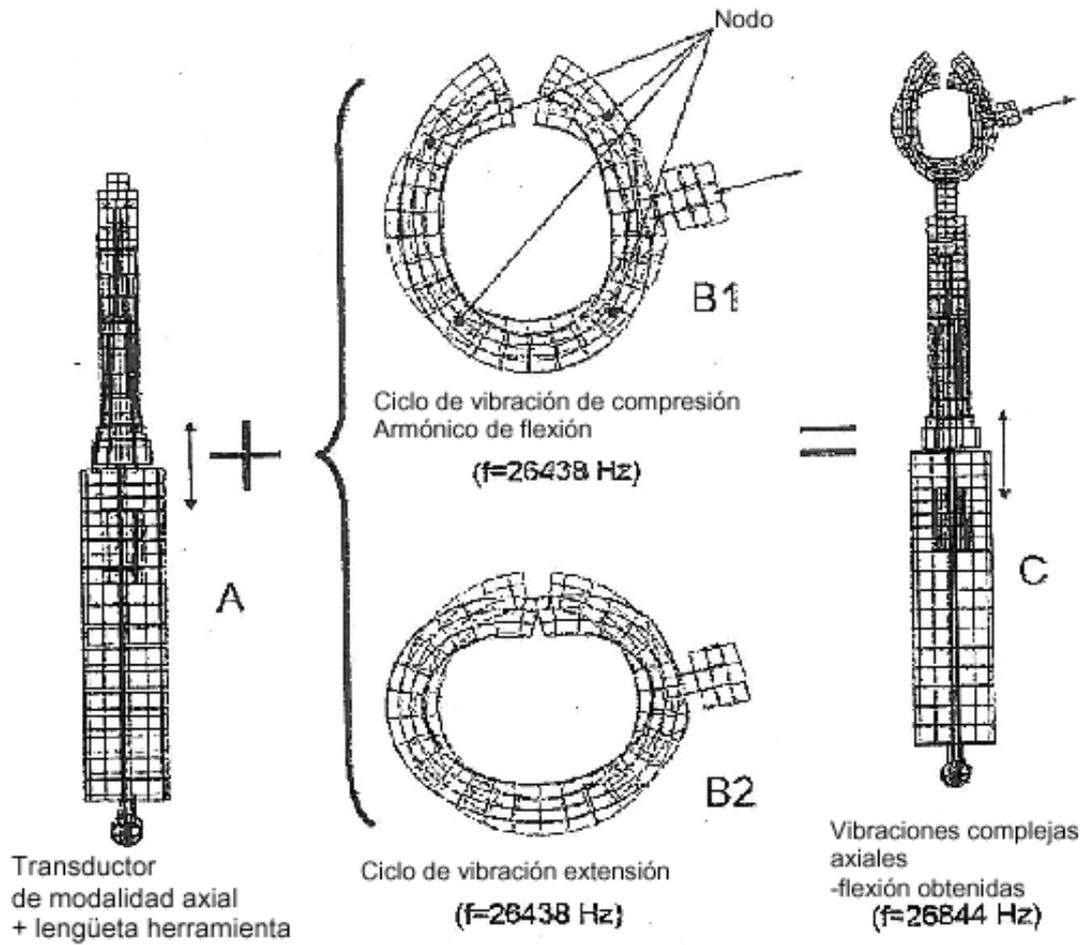


FIG. 10