

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 677**

51 Int. Cl.:

**A61B 9/00** (2006.01)

**G01N 3/30** (2006.01)

**A61B 5/103** (2006.01)

**A61C 19/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2011 PCT/US2011/041006**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2011 WO11160102**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2011 E 11796567 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2603143**

54 Título: **Sistema y procedimiento de determinación de características estructurales de un objeto**

30 Prioridad:

**14.02.2011 US 201161442293 P**  
**19.06.2010 US 356599 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.02.2017**

73 Titular/es:

**PERIMETRICS, LLC (100.0%)**  
**360 San Miguel, Suite 204**  
**Newport Beach CA 92660, US**

72 Inventor/es:

**EARTHMAN, JAMES y**  
**SHEETS, CHERILYN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 600 677 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de determinación de características estructurales de un objeto

### **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

5 La presente solicitud reivindica la prioridad y el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos N.º de Serie 61/356.599, presentada el 19 de junio de 2010, titulada "SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF AN OBJECT", y de la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos N.º de Serie 61/442.293, presentada el 14 de febrero de 2011, titulada "SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF AN OBJECT", cuyos contenidos de todas ellas se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

### **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a la evaluación de las propiedades estructurales de un objeto; y más específicamente se refiere a la evaluación de las características estructurales que reflejan la integridad de un objeto; tras someterlo a una aplicación de energía sobre el mismo.

### **Antecedentes de la invención**

15 Cuando un objeto se somete a una fuerza de impacto, se transmite una onda de tensión a través del objeto. Esta onda de tensión provoca deformaciones en la estructura interna del objeto. Cuando el objeto se deforma actúa, en parte, como un absorbente del choque, disipando una parte de la energía mecánica asociada con el impacto. La capacidad del objeto para disipar energía mecánica, a la que se hace comúnmente referencia como la "capacidad de amortiguación" del objeto, depende de varios factores, incluyendo el tipo y la integridad estructural de los materiales que componen el objeto.

20 Hay instrumentos que son capaces de medir la capacidad de amortiguación de un objeto. Un ejemplo de uno de dichos instrumentos se describe en la Patente de Estados Unidos N.º 6.120.466 ("la patente 466"), presentada el 19 de septiembre de 2000 y titulada "System and Method for Quantitative Measurements of Energy Damping Capacity". El instrumento divulgado en la patente 466 proporciona una medición objetiva, cuantitativa de la capacidad de amortiguación de un objeto, a la que se hace referencia como el coeficiente de pérdidas 17. La energía de una onda elástica se atenúa relativamente con rapidez en materiales con un coeficiente de pérdidas relativamente alto, mientras que la energía de una onda elástica se atenúa relativamente de modo lento en materiales con un coeficiente de pérdidas relativamente bajo.

25 La capacidad de amortiguación de un objeto es un parámetro importante en una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, en el campo de la odontología, cuando se somete a un diente sano a una fuerza de impacto, la energía mecánica asociada con el impacto se disipa principalmente por el ligamento periodontal. Pueden detectarse cambios en la estructura del ligamento periodontal que reducen su capacidad para disipar la energía mecánica asociada con una fuerza de impacto, y por ello reducen la estabilidad global del diente, mediante la medición del coeficiente de pérdidas del diente.

### **Sumario de la invención**

30 La presente invención se refiere a un sistema y procedimiento para la medición de las características estructurales de un objeto. El objeto puede someterse a un proceso de aplicación de energía y el sistema está adaptado para proporcionar una medición objetiva, cuantitativa de las características estructurales del objeto después del proceso de aplicación de energía. El sistema y procedimiento es capaz de generar mediciones más reproducibles y con mejor capacidad para detectar cualesquiera anomalías que puedan estar presentes en un objeto.

35 El sistema puede incluir un dispositivo, por ejemplo, un instrumento de percusión, capaz de colocarse de modo reproducible directamente sobre el objeto sometido a dicha medición para mediciones reproducibles. Las características estructurales tal como se definen en el presente documento pueden incluir capacidades de amortiguación de vibración; capacidades de amortiguación acústica; defectos que incluyen defectos inherentes en, por ejemplo, el hueso o el material que compone el objeto; fisuras, microfisuras, fracturas, microfracturas; pérdida del sellado de cemento; fallo del cementado; fallo de la unión; microfiltraciones; lesiones; caries; integridad estructural en general o estabilidad estructural en general. Para un objeto anatómico, tal como una estructura de diente, un diente natural, un diente natural que tenga una fractura debida a desgaste o trauma, un diente natural que haya quedado al menos parcialmente infectado, o un diente natural que es sometido a un procedimiento de aumento óseo, una estructura de implante dental protésica, una estructura dental, una estructura ortopédica o un implante ortopédico, dichas características pueden indicar la salud del objeto, o la salud de la base subyacente a la que el objeto puede anclarse o fijarse. La salud del objeto y/o la base subyacente pueden correlacionarse también con densidades o densidades del hueso o un nivel de integración ósea; cualesquiera defectos, inherentes o de otro tipo; o fisuras, fracturas, microfracturas, microfisuras; pérdida del sellado de cemento; fallo de cemento; fallo del hueso; microfiltraciones; lesiones o caries. Para objetos en general, por ejemplo, estructuras de compuesto poliméricas que incluyen panales de abeja o panales de abeja en capas o estructuras compuestas metálicas; planos, automóviles,

barcos, puentes, edificios, estructuras industriales que incluyen, sin limitarse a, instalaciones de generación de energía, estructuras en arco u otras estructuras físicas similares; dichas mediciones pueden correlacionarse también con cualquier integridad estructural, o estabilidad estructural, tal como defectos o fisuras, incluso fracturas de tamaño de un pelo o microfisuras, y así sucesivamente.

- 5 En una realización ejemplar, el dispositivo puede incluir una pieza de mano que tenga una carcasa con un extremo abierto y una herramienta de aplicación de energía, por ejemplo, una barra de golpeteo, o barra de impacto montada en el interior de la carcasa para movimiento axial. La carcasa tiene un eje longitudinal y la herramienta de aplicación de energía tiene una longitud con una forma retraída y una forma extendida, estando retraída la forma retraída respecto a o sustancialmente extendida en conjunto con el extremo abierto de la carcasa. El movimiento de la herramienta de aplicación de energía, por ejemplo, una barra de golpeteo, puede efectuarse mediante el mecanismo de accionamiento montado en el interior de la carcasa para el accionamiento de la barra de golpeteo axialmente dentro de la carcasa entre una posición retraída y una posición extendida durante la operación. En la posición extendida, el extremo libre de la barra de golpeteo es capaz de extenderse o sobresalir del extremo abierto de la carcasa.
- 10
- 15 El mecanismo de accionamiento puede ser un mecanismo electromagnético, y puede incluir una bobina electromagnética. En una realización, el mecanismo de accionamiento puede incluir un imán permanente fijado al extremo posterior de la herramienta de aplicación de energía, por ejemplo, la barra de golpeteo, y la bobina magnética puede disponerse axialmente por detrás de este imán permanente. Junto con la parte posterior de la carcasa de la pieza de mano y cualquier línea de alimentación eléctrica, la bobina magnética forma una unidad estructural que puede ser integralmente operativa y que puede estar, por ejemplo, conectada al dispositivo restante mediante una conexión extraíble adecuada, por ejemplo, una conexión de tipo tornillo o una conexión de tipo enchufe. Esta conexión extraíble puede facilitar la limpieza, reparación y otros.
- 20

La herramienta de aplicación de energía, tal como la barra de golpeteo, se localiza en la parte frontal de la carcasa y el mecanismo de montaje para la barra de golpeteo puede incluir apoyos sin fricción. Estos apoyos pueden incluir una o más aberturas axiales de modo que las cámaras contiguas formadas por la carcasa y la barra de golpeteo están en comunicación entre sí para el intercambio de aire.

25

En una realización, la barra de golpeteo puede tener una construcción de sección transversal sustancialmente constante en toda su longitud, con un conjunto magnético permanente montado en el extremo apartado del extremo libre, como se ha indicado anteriormente. La bobina electromagnética del mecanismo de accionamiento puede situarse por detrás del otro extremo de la barra de golpeteo, como también se ha indicado anteriormente, dando como resultado un diámetro exterior relativamente pequeño para la pieza de mano. En esta realización, el diámetro exterior de la carcasa de la pieza de mano puede definirse sustancialmente solo por la sección transversal de la barra de golpeteo, el mecanismo de montaje de la barra de golpeteo en la carcasa, y el grosor de las paredes de la carcasa.

30

La pieza de mano en sí puede atarse a una fuente de alimentación externa o ser alimentada por una fuente eléctrica incluida en el interior de la carcasa, tales como, por ejemplo, una batería, un condensador, un transductor, una célula solar, una fuente externa y/o cualquier otra fuente apropiada.

35

En una aplicación, la comunicación entre el mecanismo de accionamiento y la herramienta de generación de energía, tal como la barra de golpeteo, puede ser a través de un conductor o línea de hilo eléctricamente conductor, aislado que puede bobinarse en espiral de forma concéntrica alrededor de la barra de golpeteo y que tiene propiedades de resorte elástico. Esto puede permitir también un requisito de espacio mínimo con respecto a la gestión de la línea. Además, un resorte helicoidal, que puede formarse por el hilo devanado en espiral, puede ayudar a evitar o impedir el ondulado o retorcido de la conexión del hilo.

40

El resorte helicoidal puede componerse de hilos trenzados que tengan dos hilos individuales retorcidos o de una línea coaxial. En su estado de carga, el resorte puede comprimirse hasta un grado en que la fuerza de su pretensión corresponda a la fuerza de fricción y se opone a esta fuerza de fricción durante el movimiento de avance de la herramienta de aplicación de energía, por ejemplo, la barra de golpeteo desde la posición retraída a la posición extendida. El recorrido de pretensión del resorte puede por lo tanto ser bastante mayor que el recorrido de la barra de golpeteo de modo que la potencia del resorte permanezca sustancialmente constante a lo largo de todo el recorrido de la barra de golpeteo. Cualquier fuerza de fricción indeseable de los apoyos del mecanismo de montaje para la barra de golpeteo durante el movimiento de avance puede compensarse también sustancialmente por este resorte.

45

50

En un aspecto, el mecanismo de accionamiento puede incluir un dispositivo de medición, por ejemplo, un sensor de fuerza piezoeléctrico, localizado dentro de la carcasa de la pieza de mano para el acoplamiento con la herramienta de aplicación de energía, tal como la barra de golpeteo. El dispositivo de medición está adaptado para la medición de la desaceleración de la barra de golpeteo tras el impacto con un objeto durante la operación, o cualquier vibración provocada por la barra de golpeteo sobre el espécimen. El sensor de fuerza piezoeléctrico puede detectar cambios en las propiedades del objeto y puede cuantificar objetivamente sus características internas. Los datos transmitidos por el sensor de fuerza piezoeléctrico pueden procesarse mediante un programa del sistema, a ser explicado

55

adicionalmente a continuación.

5 En otro aspecto, el mecanismo de accionamiento puede incluir un transformador diferencial variable lineal adaptado para la detección y/o medición del desplazamiento de la herramienta de aplicación de energía tal como la barra de golpeteo, antes, durante y después de la aplicación de energía. El transformador diferencial variable lineal puede ser un sensor de desplazamiento lineal sin contacto. El sensor puede utilizar la tecnología inductiva y por ello ser capaz de detectar cualquier objetivo metálico. También, la medición de desplazamientos sin contacto puede permitir a un ordenador determinar la velocidad y aceleración justamente antes del impacto de modo que puedan eliminarse de los resultados los efectos de la gravedad.

10 Localizado en el extremo abierto de la carcasa hay un manguito. El manguito puede fijar y/o rodear al menos una longitud del extremo libre de la carcasa y sobresale de la carcasa una distancia que es sustancialmente coexistente con el extremo de la barra de golpeteo en su forma extendida. Por ello, la longitud del manguito puede depender de la longitud deseada de saliente de la barra de golpeteo extendida. El extremo libre del manguito puede colocarse contra un objeto a ser sometido a medición. El contacto con el manguito ayuda a estabilizar la pieza de mano sobre el objeto. En una realización, la carcasa puede estar ahusada hacia el extremo rodeado por el manguito de modo que el dispositivo pueda tener una dimensión sustancialmente uniforme cuando se fija el manguito. En otra realización, la carcasa puede tener una dimensión sustancialmente uniforme y el manguito puede expandir la dimensión del extremo que él rodea hasta un cierto grado. En una realización adicional, el manguito en sí puede tener un estrechamiento inverso hacia su extremo libre para incrementar el área plana de contacto con el objeto.

20 El manguito incluye una pestaña que sobresale una parte de su extremo de modo que cuando el extremo abierto del manguito está en contacto con al menos una parte de una superficie del objeto a ser sometido a la medición, la pestaña puede reposar sobre una parte de la parte superior del objeto. La pestaña y el manguito juntos ayudan en un posicionamiento repetible de la pieza de mano con respecto al objeto, de modo que los resultados son más reproducibles que sin la pestaña. Además, la pestaña puede adaptarse para colocarse repetidamente sustancialmente en la misma localización sobre la parte superior del objeto cada vez. En una realización, la pestaña puede ser sustancialmente paralela al eje longitudinal del manguito.

25 En otra realización ejemplar, el manguito incluye una pestaña y una característica, por ejemplo, una cresta, saliente u otra característica sustancialmente ortogonal a la superficie de la pestaña sobre el lado adaptado para mirar a la superficie del objeto. Por ejemplo, para los dientes, la cresta o saliente puede encajar entre dientes adyacentes u otra superficie ortogonal y puede ayudar así a impedir cualquier movimiento lateral o vertical sustancial de la pestaña a través de la superficie del objeto y/o ayudar adicionalmente a la repetitividad. La pestaña puede ser de longitud o ancho suficiente, dependiendo de la longitud o ancho de la parte superior del objeto de modo que la cresta o resalte pueda localizarse apropiadamente durante la operación. De nuevo, la pestaña y la característica ayudan también a resultados más reproducibles que sin la pestaña.

30 En un aspecto, por ejemplo, si el objeto es un diente, la característica puede ser corta y de grosor suficientemente pequeño de modo que pueda encajar entre dientes adyacentes. En otro aspecto, por ejemplo, si el objeto es un diente, la característica puede ser corta y conformada para encajar entre la parte superior de dientes adyacentes. En otro aspecto más, por ejemplo, si el objeto es un diente, y la característica ha de reposar contra la superficie posterior o frontal, puede ser de una dimensión que cubra una parte principal de la superficie posterior o frontal mientras la pestaña reposa sobre la superficie superior de un diente.

35 En un aspecto, por ejemplo, si el objeto es un diente, la característica puede ser corta y de grosor suficientemente pequeño de modo que pueda encajar entre dientes adyacentes. En otro aspecto, por ejemplo, si el objeto es un diente, la característica puede ser corta y conformada para encajar entre la parte superior de dientes adyacentes. En otro aspecto más, por ejemplo, si el objeto es un diente, y la característica ha de reposar contra la superficie posterior o frontal, puede ser de una dimensión que cubra una parte principal de la superficie posterior o frontal mientras la pestaña reposa sobre la superficie superior de un diente.

40 La pestaña y/o pestaña y característica no solo sirven para ayudar al posicionamiento repetible del instrumento sobre un objeto, tal como un diente o estructura mecánica o industrial, compuestos y similares, como se ha mencionado anteriormente, sino que la pestaña y/o pestaña y característica sirven también para ayudar a conservar el objeto, tal como un diente o estructura mecánica o industrial, compuestos y similares, como se ha mencionado anteriormente, frente al movimiento en direcciones distintas a la dirección paralela a la dirección de aplicación de energía o golpeteo. Esto ayuda a minimizar cualquier perturbación innecesaria del objeto y/o la base a la que está anclado y/o complicaciones que puedan surgir de estas otras perturbaciones durante el ensayo, contribuyendo así adicionalmente a la sensibilidad y/o precisión de detección.

45 El extremo del manguito que no tiene la pestaña sobresaliendo de él puede ser plano o sustancialmente plano y la parte de la pestaña en contacto con la parte superior del objeto puede ser también plana o sustancialmente plana.

50 La pestaña puede extenderse desde el extremo del manguito en una dirección sustancialmente paralela al eje longitudinal del manguito. En un aspecto, la pestaña puede ser parte integral con el manguito en una distancia antes de sobresalir desde el extremo del manguito, manteniendo sustancialmente el diseño de la sección transversal del manguito tras sobresalir del manguito. En otro aspecto, la pestaña puede sobresalir uniformemente desde la parte superior o inferior del manguito, pero con un diseño de sección transversal sustancialmente diferente al del manguito tras sobresalir del manguito.

55 En una realización ejemplar de la presente invención, la pestaña puede tener una superficie de contacto que es sustancialmente especular con el contorno de la superficie de un objeto con el que se pone en contacto durante el uso para ayudar a un posicionamiento de modo reproducible del dispositivo directamente sobre un objeto.

En una realización, la parte que sobresale de la pestaña puede tener una sección transversal rectangular. En otra realización, la parte que sobresale de la pestaña puede tener una parte superior ligeramente en arco. En otra realización más, la parte que sobresale de la pestaña puede adaptarse al contorno de la superficie que se pone en contacto con el objeto.

- 5 En cualquiera de las realizaciones, las esquinas de la pestaña son suaves o redondeadas o sustancialmente suaves o redondeadas para evitar cualquier enganche sobre el objeto sobre el que puedan reposar.

En general, el presente dispositivo puede ser útil en la realización de cualquier medición mediante la que se genere vibración a través de la aplicación de energía, por ejemplo, el golpeo de, tal como una barra de golpeteo, sobre un objeto. Las ventajas son que el dispositivo puede mantenerse en contacto con el objeto durante la aplicación del golpeteo, en contraste con dispositivos tradicionales que no están en contacto.

10 El manguito y la pestaña, y/o el manguito, la pestaña y la característica, pueden fabricarse de cualquier material que tenga propiedades de amortiguación de la vibración, amortiguación acústica, o de atenuación de la vibración, y el manguito puede ser de una longitud tal que cualquier vibración que viaje a través del manguito a la carcasa de la pieza de mano puede quedar sustancialmente atenuada. En una realización, el manguito y el extremo de la carcasa adyacente al manguito pueden fabricarse del mismo material. En otra realización, el manguito y el extremo de la carcasa al que se fija pueden fabricarse de materiales que tengan propiedades similares de atenuación de la vibración. En otra realización más, el manguito y el extremo de la carcasa a la que se fija pueden fabricarse de materiales diferentes. En una realización adicional, el manguito y el extremo de la carcasa a la que se fija pueden fabricarse de materiales que tengan diferentes propiedades de atenuación de la vibración. En una realización adicional más, el manguito puede fabricarse de cualquier material con un recubrimiento de atenuación de la vibración sobre su superficie o superficies. En aún otra realización más, el manguito, pestaña y/o característica pueden fabricarse de diferentes materiales que tengan similares propiedades de expansión térmica.

20 Además, el manguito y la pestaña y/o el manguito, la pestaña y la característica pueden fabricarse de materiales reciclables, compostables o biodegradables, especialmente útiles en aquellas realizaciones que están dirigidas a ser desechadas después de un uso.

25 La evaluación de dichas características estructurales mencionadas anteriormente puede realizarse en un cierto número de procedimientos, usando un cierto número de instrumentos, por ejemplo, un instrumento adecuado es tal como se describe en la patente de Estados Unidos N.º 6.120.466 ("la patente 466"), presentada el 19 de septiembre de 2000 y titulada "System and Method for Quantitative Measurements of Energy Damping Capacity". Otros instrumentos y procedimientos pueden incluir aquellos como los divulgados en las patentes de Estados Unidos N.º 6.997.887 y 7.008.385. Estas mediciones pueden incluir el uso de un instrumento para medir, durante un intervalo de tiempo, la energía reflejada desde el objeto como un resultado del golpeteo o aplicación de energía, que puede incluir la creación de un perfil de tiempo-energía basándose en la energía reflejada desde el objeto durante el intervalo de tiempo, y/o la valoración del perfil de tiempo-energía para determinar la capacidad de amortiguación del objeto. Pueden usarse también dispositivos adicionales, tales como el divulgado en las Patentes de Estados Unidos N.º 4.482.324 y 4.689.011. Todos estos instrumentos y dispositivos pueden modificarse con la presente configuración de manguito para tener una capacidad de reposicionamiento repetitivo.

30 El manguito en cualquiera de las realizaciones anteriormente indicadas puede ser extraíble. De acuerdo con una realización de la invención, el manguito puede ser desechable. De acuerdo con otra realización de la invención, el manguito puede ser reutilizable. En un aspecto, el manguito desechable puede ser esterilizable y desechable después de múltiples usos. En otro aspecto, el manguito puede ser para un uso, o bien fabricado de material esterilizable o bien no esterilizable.

35 El manguito puede fijarse a la carcasa mediante cualquier modo de fijación adecuado incluyendo, pero sin limitarse a, fijación roscada, encaje por fricción, formaciones de bayoneta coincidentes, formaciones de tipo lengüeta y ranura, encaje por presión, formaciones de pasador y orificio entrelazadas, cerrojos y otras estructuras de interconexión. En una realización de ejemplo, el manguito y la carcasa pueden ser un sistema roscado de fabricación personalizada para un mejor encaje.

40 De acuerdo con otra realización de la invención, el manguito puede encajarse a otras piezas manuales disponibles comercialmente que no están adaptadas para el contacto con un objeto bajo medición, de modo que puedan conseguirse también las ventajas de la presente invención.

45 Como se ha hecho notar anteriormente, la pieza de mano puede ser parte de un sistema que incluye hardware informatizado y software de instrumentación que puede programarse para activar, introducir y seguir la acción y respuesta de la pieza de mano para la determinación de las características estructurales del objeto. El hardware puede incluir un ordenador para el control de la pieza de mano y para el análisis de cualquier dato recogido, por ejemplo, la desaceleración de la herramienta de aplicación de energía, por ejemplo, la barra de golpeteo, tras el impacto con un objeto. En una realización, la pieza de mano y el hardware pueden comunicar a través de una conexión por cable. En otra realización, la pieza de mano y hardware pueden comunicar a través de una conexión inalámbrica.

En una realización, el proceso de aplicación de energía de la pieza de mano puede activarse a través de un mecanismo mecánico, tal como un mecanismo de interruptor. En un aspecto, puede localizarse un dedo en una localización conveniente de la pieza de mano para una activación fácil por el operador. En otro aspecto, el mecanismo de interruptor puede activarse por la presión aplicada al objeto a través del manguito. En otra realización, el proceso de aplicación de energía de la pieza de mano puede activarse a través de un control por voz o control por pedal.

Tras la activación, la barra de golpeteo se extiende a una velocidad hacia un objeto y la desaceleración de la barra de golpeteo tras el impacto con el objeto puede medirse mediante un dispositivo de medición, por ejemplo, un sensor de fuerza piezoeléctrico, instalado en la pieza de mano, y transmitirse al resto del sistema para análisis. En un aspecto, la barra de golpeteo puede programarse para golpear un objeto un cierto número de veces por minuto a sustancialmente la misma velocidad y la información de desaceleración se registra o compila para análisis por el sistema.

El manguito y/o una parte de la carcasa pueden tener también un recubrimiento antimicrobiano revestido sobre el mismo capaz de eliminar, impedir, retardar o minimizar el crecimiento de microbios, minimizando así el uso de procesos de autoclave a alta temperatura o fuertes productos químicos y puede incrementar la clase y número de materiales útiles como sustratos para la realización de dichas herramientas o instrumentos.

Adicionalmente, el instrumento puede ser útil en la ayuda a la selección de materiales, tal como un material mecánicamente biocompatible, o material biomiméticamente compatible usado en la construcción de y/o selección de un material para una estructura anatómica, por ejemplo, un implante. Para dientes saludables normales, la energía de percusión generada por la masticación es atenuada por el ligamento periodontal en la interfaz hueso-diente natural saludable. Sin embargo, cuando un implante sustituye al diente natural debido a daño o enfermedad, el ligamento se pierde generalmente y el implante puede transmitir las fuerzas de percusión directamente al hueso. Diversos materiales tales como compuestos, oro, circonio y otros similares, usados para fabricar el pilar del implante han mostrado ser efectivos en numerosos estudios. Aunque los estudios han demostrado la supervivencia de restauraciones de implantes que utilizan pilares de resina de compuesto, oro o circonio tras la construcción de los pilares, no ha habido una investigación de ese tipo realizada para medir la respuesta dinámica a la carga de dichos materiales de pilar. El instrumento de la presente invención puede usarse para dichas finalidades y puede ser útil para predecir la idoneidad o compatibilidad previamente al implante, o para elegir materiales adecuados para proteger los dientes naturales adyacentes a los implantes. Así, la elección de materiales puede minimizar la disparidad entre la forma en que los implantes y los dientes naturales manejan el impacto.

Adicionalmente, el instrumento puede ser útil en la ayuda a la selección de materiales, tales como materiales mecánicamente o químicamente duraderos o compatibles, usados en la construcción de y/o selección de un material para, por ejemplo, un avión, un automóvil, un barco, un puente, un edificio, cualesquiera estructuras industriales incluyendo, sin limitarse a, instalaciones de generación de energía, estructuras de arco, u otras estructuras físicas similares o material de amortiguación adecuado para ayudar a la construcción de dichas estructuras. El instrumento de la presente invención puede usarse para dichas finalidades y puede ser útil para predecir la idoneidad de un material previamente a la construcción además de la detección de fisuras, fracturas, microfisuras, fallos de cementado, fallos de unión o localización de defectos, etc., tras la construcción.

Además, la presente invención es útil también para distinguir entre defectos inherentes en el material que compone la estructura u objeto, y fisuras o fracturas, etc., como se ha explicado anteriormente debido traumas o desgastes o cargas repetidas. Los defectos inherentes en el hueso o material de construcción de un implante, o una estructura física, por ejemplo, pueden incluir lesiones del hueso, efectos similares en la construcción del implante o fabricación de polímero, compuestos de polímeros o aleaciones, o compuestos metálicos o aleaciones.

La estabilización del instrumento por la pestaña o la pestaña y/o la característica puede minimizar también cualquier acción errática que pueda confundir los resultados del ensayo, por ejemplo, cualquier defecto inherente en la estructura del hueso o estructura física o industrial puede enmascarse por una acción errática del probador. Este tipo de detección de defecto es importante debido a que la localización y extensión del defecto puede impactar dramáticamente en la estabilidad del implante o estructuras físicas o industriales. En general cuando se detectan lesiones, por ejemplo, en un implante, tal como un defecto crestal o apical, la estabilidad del implante puede afectarse tanto si está presente un defecto crestal como apical. En el pasado, no había otra forma de capturar este tipo de información que costosos procesos intensivos en radiación. Con la presente invención, este tipo de información puede recogerse, y puede realizarse de una manera no obstructiva.

En general, la presente invención representa adicionalmente una nueva forma de precisión de evaluación de riesgos en salud dental o integridad estructural de estructuras físicas y una oportunidad para diagnosticar de una nueva manera. La presente invención facilita la administración de energía cinética al espécimen, carga y tasas de desplazamiento que pueden determinarse por el espécimen, medición de la desaceleración tras el impacto y análisis de la respuesta mecánica dinámica para una previsión más precisa de fisuras, fracturas, microfisuras, microfracturas; pérdida de sellado de cemento; fallo del cementado; fallo de la unión; microfiltraciones; lesiones, caries; integridad estructural en general; estabilidad estructural en general o localización de defectos.

Adicionalmente, pueden ser posibles también múltiples indicadores de integridad estructural, tales como LC (coeficiente de pérdidas) y ERG (gráfico de retorno de energía) así como carga de percusión en una dirección crítica. El presente sistema proporciona una forma conveniente y fácil de proporcionar cargas bucales y son posibles otras direcciones de carga tales como la dirección lingual para ensayo de las propiedades estructurales mencionadas anteriormente.

La carga bucal es importante porque es típicamente el tipo más peligroso de carga encontrada por, por ejemplo, un diente. En general, la carga vertical induce relativamente bajas tensiones en los dientes. Sin embargo, el movimiento de trabajo y/o no trabajo produce carga lateral como resultado del movimiento lateral de la mandíbula y geometrías inclinadas de las superficies oclusales de dientes y restauraciones. Esta carga lateral puede inducir concentraciones de tensiones mucho más altas en superficies externas e internas y por debajo del margen. Así, usando el sistema de la presente invención, dichos ensayos puede realizarse fácilmente. Brevemente, el sistema no solo está adaptado para la detección de la estabilidad estructural, integridad, fisuras, etc., de una estructura de implante dental protésico, una estructura dental, una estructura ortopédica o un implante ortopédico, sino que puede estar adaptado también para su uso en el proceso de construcción y sustitución actual a través del ensayo bajo las tensiones que pueden encontrarse posteriormente tras el implante.

La carga natural es típicamente pulsante (en oposición a, por ejemplo, sinusoidal). Muscular, cardiovascular, carreras, saltos, contracciones/sujeciones, y así sucesivamente, producen todos cargas, por ejemplo, carga pulsante. La carga de percusión es pulsante y por lo tanto fisiológica. La carga de percusión puede usarse para medir las propiedades visco-elásticas y detectar daños en una estructura.

Como se ha mencionado anteriormente, la presente invención proporciona la facilidad y velocidad de aplicación y puede emplearse para detectar y evaluar microfiltraciones, caries recurrente extendida, flojedad pos/acumulada, caries en espacio posterior, si el diente no es restaurado, caries extendida, exposición cerca la pulpa, fisuras de esmalte y dentina, fractura de la aleación interna, incluso cualquier desajuste de bioingeniería, cualquier defecto que pueda crear movimiento dentro de la estructura, y otros similares en una forma no destructiva. Esto es verdad también en estructuras industriales o físicas como se ha hecho notar anteriormente.

Además, como se ha hecho notar anteriormente, la presente invención contribuye también a la precisión de la localización de detección de defectos, fisuras, microfisuras, fracturas, microfracturas, fugas, lesiones, pérdidas de sellado de cemento; microfiltraciones; caries; fallo de la integridad estructural del cementado; fallo de la unión; estabilidad general o estructural en general.

La presente invención puede ejemplificarse adicionalmente por la siguiente descripción detallada de las realizaciones y dibujos mostrados a continuación.

**Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de un sistema de la presente invención; las FIGS. 1a y 1b muestran realizaciones ilustrativas de la pestaña de la presente invención;

la FIG. 2a ilustra una vista en perspectiva lateral de una realización de un manguito y pestaña de la presente invención;

la FIG. 2b ilustra una vista en perspectiva desde el extremo de una realización de un manguito y pestaña de la presente invención;

la FIG. 2c ilustra una vista en sección transversal en perspectiva de una realización de un manguito y pestaña de la presente invención;

la FIG. 2d ilustra una vista en sección transversal desde el extremo de una realización de un manguito y pestaña de la presente invención;

la FIG. 2e ilustra una vista en sección transversal lateral de una realización de un manguito y pestaña de la FIG. 2a de la presente invención;

la FIG. 3 muestra una vista lateral en perspectiva de una realización de un manguito de la presente invención;

la FIG. 3a muestra una vista lateral de la realización de un manguito de la FIG. 3;

la FIG. 3b muestra una vista lateral de otra realización de un manguito de la presente invención;

la FIG. 3c muestra una vista en sección transversal del manguito de la FIG. 3b visto desde el extremo del manguito;

la FIG. 3d muestra una vista en sección transversal del manguito de la FIG. 3a visto desde el extremo del manguito a ser fijado a la pieza de mano;

las FIGS. 4a-b ilustran realizaciones del manguito de la pieza de mano de la presente invención;

la FIG. 5 ilustra una vista en sección transversal longitudinal de una realización de una pieza de mano de la presente invención;

la FIG. 6 ilustra una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas III-III de la FIG. 5 de la presente invención;

la FIG. 7a ilustra una vista lateral de una realización del manguito y pestaña de cualquiera de las FIGS. 2a-d cuando se posiciona sobre un objeto;

las FIGS. 7b y c ilustran realizaciones de una vista superior y una vista frontal, respectivamente, de realizaciones de un manguito y pestaña de la presente invención durante la operación;

la FIG. 8 ilustra otra realización del manguito y pestaña de la presente invención;  
 las FIGS. 8a y 8b ilustran la realización de manguito y pestaña de la FIG. 8 durante la operación;  
 la FIG. 9 ilustra un diagrama de flujo de un programa de software en una realización de la invención;  
 las FIGS. 10, 10a, 11 y 11a muestran gráficos de un estudio in vitro de densidades óseas de cuatro implantes de  
 5 titanio roscados usando el sistema y procedimiento de la presente invención;  
 la FIG. 12 muestra la fuerza que se aplica durante el impacto por la barra de golpeteo de un instrumento de la  
 presente invención;  
 la FIG. 13 muestra la respuesta dinámica del objeto tras el impacto por la barra de golpeteo del instrumento de la  
 presente invención;  
 10 las FIGS. 14 y 15 muestran la fórmula usada en el cálculo del coeficiente de pérdidas y gráfico de retorno de  
 energía de una situación ideal;  
 la FIG. 16 muestra un instrumento de la presente invención;  
 la FIG. 16a muestra los gráficos de coeficiente de pérdidas y retorno de energía generados tras el impacto por la  
 barra de golpeteo de la presente invención y como se comparan con el ajuste ideal;  
 15 la FIG. 16b muestran los gráficos de una estructura normal y anormal tras numerosas mediciones y como se  
 compara con el ajuste ideal;  
 las FIGS. 17a-h representan un diente ensayado con el sistema y procedimiento de la presente invención y otros  
 procedimientos existentes;  
 las FIGS. 18 y 18a-f muestran un procedimiento repetido sobre un diente diferente al de las FIGS. 17, 17a-h;  
 20 las FIGS. 19, 19a-c representan 3 dientes ensayados con el sistema y procedimiento de la presente invención y  
 otros procedimientos existentes;  
 las FIGS. 20, 20a-f muestran un diente y su perfil de respuesta de percusión en el tiempo antes y después del  
 trabajo dental, usando el sistema de la presente invención;  
 las FIGS. 21 y 21a-b muestran rayos X y perfiles de respuesta de percusión en el tiempo usando el sistema de la  
 25 presente invención del mismo diente;  
 las FIGS. 22 y 22a muestran el perfil de respuesta de percusión visual y en el tiempo usando el sistema de la  
 presente invención del mismo diente;  
 la FIG. 23 muestra datos del análisis por elementos finitos, usando una barra de vidrio para simular un diente y  
 una curva creada por el impacto en un modelo de elementos finitos;  
 30 las FIGS. 24 y 24b muestran una placa laminada de compuesto libre de defectos y una muestra de laminado de  
 compuesto con un defecto colocado en el centro de la muestra entre capas, respectivamente;  
 las FIGS. 24a y c muestran gráficos de respuesta a la percusión para los compuestos de las FIGS. 24 y 24b,  
 respectivamente, usando Análisis por Elementos Finitos;  
 las FIGS. 25 y 25a muestran una medición repetida de compuestos de las FIGS. 24 y 24b;  
 35 la FIG. 26 muestra una imagen de una realización del sistema de la presente invención;  
 las FIGS. 26a-b muestran el dispositivo de medición del sistema de la presente invención;  
 las FIGS. 27 y 28 muestran los perfiles de respuesta de percusión en el tiempo generados por el sistema y  
 procedimiento de la presente invención; y  
 la FIG. 29 muestra un esquema de una realización del sistema e instrumento de la presente invención.

#### 40 **Descripción detallada de la invención**

La descripción detallada expuesta a continuación se pretende como una descripción del sistema, dispositivos y  
 procedimientos actualmente ejemplificados proporcionados de acuerdo con aspectos de la presente invención y no  
 se pretende que representen las únicas formas en las que la presente invención puede prepararse o utilizarse. Se ha  
 de entender, por el contrario, que las mismas funciones y componentes o equivalentes pueden conseguirse  
 45 mediante diferentes realizaciones que se dirigen también a estar englobadas dentro del espíritu y alcance de la  
 invención.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen  
 el mismo significado que el comúnmente entendido por un experto en la materia a la que pertenece la presente  
 invención. Aunque pueden usarse en la práctica o ensayo de la presente invención cualesquiera procedimientos,  
 50 dispositivos y materiales similares o equivalentes a los descritos en el presente documento, se describen ahora los  
 procedimientos, dispositivos y materiales ejemplares.

Las publicaciones listadas explicadas anteriormente, a continuación y a lo largo del texto se proporcionan  
 únicamente por su divulgación previa a la fecha de presentación de la presente solicitud. Nada en el presente  
 documento ha de interpretarse como una admisión de que los inventores no están autorizados a preceder dicha  
 55 divulgación en virtud de una invención previa.

La presente invención puede usarse para ensayar objetos de prácticamente cualquier tamaño y forma, para obtener  
 información sobre sus características estructurales. Dichas características estructurales no incluyen solo las  
 características físicas de un objeto o la base a la que el objeto puede anclarse, sino también información tal como  
 sus localizaciones, compatibilidad o idoneidad de un material para su uso en el trabajo dental previamente al trabajo  
 60 real, si una estructura dental es restaurable previamente al trabajo real, si un procedimiento de restauración tiene  
 éxito, cuándo la estructura del diente que se sometió a cualquier procedimiento se ha remodelado, la flojedad de la  
 estructura del diente antes y después del trabajo dental, y combinaciones de los mismos.



Las características estructurales tal como se definen en el presente documento pueden incluir capacidades de amortiguación de vibraciones; capacidades de amortiguación acústica; defectos que incluyen defectos inherentes en, por ejemplo, el hueso o el material que compone el objeto; fisuras, microfisuras, fracturas, microfracturas; pérdida del sellado de cemento; fallo del cementado; fallo del hueso; microfiltraciones; lesiones; caries; integridad estructural en general o estabilidad estructural en general. Para un objeto anatómico, tal como un diente, un diente natural, una estructura de implante dental protésico, una estructura dental, una estructura ortopédica o un implante ortopédico, dichas características pueden indicar la salud del objeto, o la salud de la base subyacente a la que el objeto puede anclarse o fijarse. La salud del objeto y/o la base subyacente puede correlacionarse también con densidades o densidades óseas o un nivel de integración ósea; cualesquiera defectos, inherentes o de otra forma; o fisuras, fracturas, microfracturas, microfisuras; pérdida del sellado de cemento; fallo del cementado; fallo de la unión; microfiltraciones; lesiones; caries o combinaciones de los mismos para objetos en general, por ejemplo, estructuras de compuestos poliméricas que incluyen paneles de abeja o paneles de abeja en capas o estructuras de compuestos metálicos; una estructura de avión, un automóvil, un barco, un puente, un edificio, estructuras industriales que incluyen, sin limitarse a, instalaciones de generación de energía, estructuras en arco, u otras estructuras físicas similares; dichas mediciones pueden correlacionarse también con cualquier integridad estructural, o estabilidad estructural, tal como defectos o fisuras, incluso fracturas de tamaño de pelo o microfisuras, y así sucesivamente.

Por ejemplo, en la medición de las características de amortiguación de dientes, tanto naturales como restaurados, estructuras de implante dental, estructuras de implante ortopédico y una variedad de otras aplicaciones en donde se utiliza la medición de las características de amortiguación, incluyendo, pero sin limitarse a, ensayo de estructuras de aviones, estructuras compuestas, ingeniería de materiales o la seguridad de implantes médicos, y es particularmente ventajoso en localizaciones en donde era difícil acceder o donde no se podían utilizar acoplamiento líquidos. La integridad estructural, tal como la flojedad de un tornillo, fisuras de dientes así como huesos y huecos óseos, restauraciones desunidas, y daños en materiales de circuitos integrados. Sin embargo, la lista anterior no se pretende que sea exhaustiva.

La presente invención proporciona una medición efectiva y repetible de las características estructurales de un objeto, mencionadas anteriormente. El objeto puede someterse a un proceso de aplicación de energía proporcionada a través de una pieza de mano que forma parte de un sistema informatizado capaz de recoger y analizar cualquier dato animado desde el objeto. Como se hecho notar anteriormente, pueden determinarse muchas características estructurales diferentes usando el sistema y procedimientos de la presente invención, incluyendo capacidades de amortiguación de la vibración, capacidades de amortiguación acústica, integridad estructural o estabilidad estructural de objetos tanto mecánicos como anatómicos y cualquier base sobre la que pueden anclarse los mismos, como se ha hecho notar anteriormente. Para un objeto anatómico, tal como un diente, natural o restaurado, estructura de implante dental protésica, una estructura dental, o un implante ortopédico, ejemplos de las características estructurales tal como se definen en el presente documento pueden incluir capacidades de amortiguación de la vibración, capacidades de amortiguación acústica, o estabilidades estructurales y puede indicar la salud del objeto. La salud del objeto, puede correlacionarse también con densidades óseas o un nivel de integración ósea; la integridad estructural tal como defectos o fisuras, indicadas anteriormente. Para objetos en general, dichas mediciones pueden correlacionarse también con su integridad estructural tales como defectos o fisuras, como se ha hecho notar también anteriormente. Para una estructura física, tal como un avión, un automóvil, un barco, un puente, un edificio u otras estructuras físicas similares o materiales de amortiguación adecuados para ayudar a la construcción de dichas estructuras, ejemplos de las características estructurales tal como se definen en el presente documento pueden incluir capacidades de amortiguación de vibraciones, capacidades de amortiguación acústica, o estabilidades estructurales y pueden indicar la salud de la integridad estructural del objeto.

El instrumento de la presente invención puede usarse para dichas finalidades y puede ser útil para predecir la idoneidad de un material previamente a la construcción además de la detección de pérdida de sellado de cemento; fallo del cementado; fallo de la unión; microfiltraciones; caries y así sucesivamente tras la construcción, como se ha mencionado anteriormente. Además, la presente invención es útil también en la distinción entre defectos inherentes en el material que compone la estructura del objeto, y fisuras o fracturas tal como se han explicado anteriormente debidas a traumas o desgaste o cargas repetidas. Los defectos inherentes en el hueso o material de construcción de un implante, o una estructura física, por ejemplo, pueden incluir lesiones en el hueso o defectos similares en la construcción o polímero del implante, compuestos o aleaciones de polímeros, cualquier tipo de cerámica, o compuestos o aleaciones metálicas.

En una realización, la pieza de mano 104 puede estar, por ejemplo, tal como se ejemplifica en la FIG. 1, en la forma de un instrumento de percusión. La pieza de mano 104 puede tener una carcasa cilíndrica 132 con un extremo abierto 132a y un extremo cerrado 132b. El extremo abierto 132a está ahusado tal como se ejemplifica en el presente documento, aunque se contemplan también otras configuraciones. Una herramienta 120 de aplicación de energía, por ejemplo, una barra de golpeteo 120, puede montarse en el interior de la carcasa 132 para movimiento axial, como se ha hecho notar anteriormente. La pieza de mano incluye también un mecanismo 160 de accionamiento, montado en el interior de la carcasa 132 para el accionamiento de la barra de golpeteo 120 axialmente dentro de la carcasa 132 entre una posición retraída 128 y una posición extendida 129 durante la operación. En la posición extendida 129, el extremo libre de la barra de golpeteo 120 se extiende o sobresale del extremo abierto 132a de la carcasa 132, tal como se muestra. El mecanismo 160 de accionamiento puede incluir

una bobina electromagnética 156, tal como se muestra en la FIG. 5, a ser explicada adicionalmente a continuación. En un aspecto, la barra de golpeteo 120 puede tener una construcción de sección transversal sustancialmente constante a lo largo de toda su longitud y tiene un conjunto 157 magnético permanente montado en el extremo separado del extremo libre. La bobina electromagnética 156 del mecanismo 160 de accionamiento puede situarse por detrás del otro extremo de la barra de golpeteo 120, dando como resultado un diámetro exterior relativamente pequeño para la pieza de mano 104.

El mecanismo de montaje para la herramienta 120 de aplicación de energía, por ejemplo, la barra de golpeteo 120 puede formarse mediante apoyos 1003 y 1004, tal como se muestra en la FIG. 6, para la recepción o soporte de la barra de golpeteo 120 en una forma ampliamente libre de fricción. En un ejemplo, la carcasa 132 puede ser de aproximadamente 150 mm de larga y aproximadamente 15 mm de gruesa. La bobina magnética o de propulsión 156 puede situarse en la carcasa 132 adyacente al imán permanente 157 y está axialmente por detrás del imán permanente 157. La bobina magnética 156 y el imán permanente 157 forman un actuador para el movimiento de avance y retorno de la barra de golpeteo 120. La bobina de accionamiento 156 puede ser un componente integral de la carcasa 130 y puede conectarse a una manguera o línea de alimentación 1000.

Los dos apoyos 1003 y 1004 pueden ser sustancialmente sin fricción y pueden incluir, tal como se muestra en la FIG. 6, una pluralidad de crestas que se extienden radialmente hacia el interior separadas por aberturas axiales 1400. Las aberturas axiales 1400 del apoyo 1003 permiten el movimiento del aire entre una cámara 1500 que está separada por el apoyo 1003 de una cámara 1600, cámaras que se forman entre una superficie de la pared interior de la carcasa 132 y la barra de golpeteo 120. El movimiento del aire entre estas cámaras 1500 y 1600 puede compensar así el movimiento de la barra de golpeteo 120.

En referencia de nuevo a la FIG. 1, se posiciona un manguito 108 hacia el extremo 132a y se extiende más allá de él. El manguito 108 envuelve el extremo de la carcasa 132a y está aplanado en su extremo 116 para facilidad de posicionamiento contra una superficie de un objeto 112 durante la operación. El manguito 108 tiene una pestaña 110, tal como se muestra en la FIG. 2a, que sobresale de una parte de su extremo 116, de modo que cuando el extremo abierto 116 del manguito 108 está en contacto con una superficie del objeto 112 sometido a la medición, la pestaña 110 puede reposarse sobre la zona de la parte superior del objeto 112, tal como se muestra aquí en las FIGS. 6, 26a y 26b. La pestaña 110 y el manguito 108 pueden ayudar ambos en el posicionamiento repetible de la pieza de mano 104 con respecto al objeto 112 y la pestaña 110 puede colocarse sustancialmente a la misma distancia de la parte superior del objeto 112 cada vez para una mejor reproducibilidad. Esto puede verse mejor en las FIGS. 2b, 2c y 2d, FIGS. 7a-d, o FIGS. 26a y b, aunque el objeto 112 no se muestra específicamente en las FIGS. 2b-d. Como se ha hecho notar anteriormente, el objeto puede incluir una estructura anatómica o una estructura física o industrial, aunque se muestra en las figuras mencionadas en este caso una estructura anatómica.

El extremo 116 del manguito 108 que no tienen la pestaña 110 sobresaliendo de él es plano o sustancialmente plano, tal como se muestra en las FIGS. 1, 2a, 2b, 2c y 26b, y la parte de la pestaña 110 en contacto con la parte superior del objeto 112 es también plana o sustancialmente plana, tal como se muestra en las FIGS. 2a, 2b, 2c y 26b. La pestaña 110 puede extenderse en una dirección sustancialmente paralela desde el extremo del manguito 108, tal como se muestra en las FIGS. 2a, 2b, 2c y 29b. En un aspecto, la pestaña 110 puede ser parte integral con el manguito 108 en una distancia antes de sobresalir desde el extremo del manguito 108, tal como se muestra en la FIG. 2b, manteniendo sustancialmente el diseño de la sección transversal del manguito 108, antes y después de sobresalir desde el extremo 116 del manguito 108. En esta realización, la parte que sobresale de la pestaña 110 puede tener una parte superior en arco tal como se muestra en la FIG. 2b. En otro aspecto, la pestaña 110 puede sobresalir desde la parte superior del manguito 108, sin mantener el diseño de la sección transversal del manguito 108, antes y después de sobresalir desde el extremo 116 del manguito 108, tal como se muestra en las FIGS. 2a y 2c. En esta realización, la zona que sobresale de la pestaña 110 puede tener una sección transversal rectangular, tal como se muestra en las FIGS. 2c y 26b. En cualquiera de las realizaciones, las esquinas de las pestañas 110 son suaves o redondeadas o sustancialmente suaves o redondeadas para evitar cualquier agarre sobre el objeto 112 sobre el que puede reposar, tal como se muestra en la FIG. 1a. En otras realizaciones, la pestaña 110 puede ser suave, aunque las esquinas pueden no estar necesariamente redondeadas, tal como se muestra en la FIG. 1b. En una realización adicional, tal como se muestra en la sección transversal de la FIG. 2d, la sección transversal de la pestaña 110 no se extiende al exterior de la periferia de la sección transversal del manguito 108.

Las FIGS. 3 y 3a muestran una vista lateral en perspectiva y lateral de una realización de un manguito 108 de la presente invención. En esta realización, el manguito 108 está ahusado hacia el extremo libre 116 con una parte roscada 116a para fijación al extremo abierto de la carcasa 132a. La FIG. 3d muestra una vista en sección transversal del manguito de la FIG. 3a visto desde el extremo del manguito a ser fijado a la pieza de mano 104.

En otra realización, el manguito 108 puede estar sustancialmente no ahusado, como se muestra en la FIG. 3b. En esta realización, la sección transversal del extremo del manguito 108 es sustancialmente redonda, tal como se muestra en la FIG. 3c.

En esta realización es, el manguito 108 puede fijarse a la pieza de mano 104 por medio de roscas 116a. La parte roscada 116a puede tener una dimensión que permita una fijación segura.

En las FIGS. 4a-b, se muestran otras realizaciones del manguito 108 de la pieza de mano 104. En las FIGS. 4a y 4b, unos manguitos 108 de polímero presentan puntas planas 116 aproximadamente ortogonales a la superficie del objeto 112 para ayudar adicionalmente con la alineación de la pieza de mano 104. En la FIG. 4b, el diámetro exterior es al menos varias veces mayor que el diámetro interior del manguito 108. Son posibles otras formas y configuraciones del manguito 108, siempre que el diseño o forma usados ayude con la alineación aproximadamente ortogonal de la pieza de mano 104 y la atenuación de vibraciones desde el objeto 112 provocadas por el procedimiento de medición que podrían viajar a través del manguito 108 y al interior de la carcasa 132 de la pieza de mano 104 donde se están tomando las mediciones sensibles.

La FIG. 7a ilustra una vista lateral del manguito 108 y pestaña 110 de cualquiera de las realizaciones de las FIGS. 1a-b y 2a-2d cuando se posicionan sobre un objeto 112 durante la operación. El manguito 108 toca un objeto 112, tal como un diente, mientras que la pestaña 110 reposa sobre la parte superior del diente 112, tal como se muestra en las FIGS. 7b y c. La superficie de la pestaña 110 en contacto con el objeto 112 puede estar contorneada para posicionarse mejor sobre la parte superior de un diente 112 o puede ser plana. Las FIGS. 7b y c ilustran realizaciones de una vista superior y una vista frontal, respectivamente, de realizaciones de un manguito y pestaña de las FIGS. 1a y 1b durante la operación, respectivamente.

En otras realizaciones, el manguito 108 puede incluir una característica 111, por ejemplo, una cresta, resalte u otras características similares sustancialmente ortogonales a la superficie de la pestaña 110 sobre el lado que mira a la superficie del objeto 112, tal como se muestra en la FIG. 8. Por ejemplo, para unos dientes, la cresta o resalte puede encajarse entre dientes adyacentes y puede así ayudar a prevenir cualquier movimiento lateral sustancial de la pestaña 110 a través de la superficie del objeto 112, tal como se muestra en la FIG. 8a o reposar sobre una superficie ortogonal, tal como la superficie interior del diente a ser ensayado, tal como se muestra en la FIG. 8b. El manguito 108 que tiene una pestaña 110 y característica 111 puede ayudar adicionalmente en la repetitividad o posicionamiento de la herramienta de aplicación de energía tal como la barra de golpeteo 120 sobre el objeto 112. Para la realización de la FIG. 8a, la pestaña 110 puede extenderse desde el manguito en una longitud suficiente para permitir que la cresta o resalte 111 repose apropiadamente entre los dientes adyacentes. Para la realización de la FIG. 8b, la pestaña 110 puede ser de un ancho suficiente para permitir que la cresta o resalte 111 repose apropiadamente sobre la superficie interior del diente a ser ensayado.

En un aspecto, por ejemplo, si el objeto 112 son dientes, la característica 111 puede ser corta y de un grosor suficientemente pequeño de modo que pueda encajar entre dientes adyacentes 112. En otro aspecto, por ejemplo, si el objeto 112 es un diente, la característica 111 puede ser corta y conformada para encajar entre las partes superiores de dientes adyacentes 112. En otro aspecto más, por ejemplo, si el objeto 112 es un diente, y la característica 111 ha de reposar contra la superficie posterior, puede ser de una dimensión que cubra una parte principal de la superficie posterior.

Para otros objetos 112, la característica 111 puede conformarse en consecuencia o ser de una dimensión adecuada para el objeto 112.

Para facilitar la operación de la pieza de mano 104, el manguito 108 puede fabricarse de cualquier material que tenga propiedades de atenuación de la vibración y puede ser de una longitud tal que cualquier vibración que viaje a través del manguito 108 a la carcasa 132 de la pieza de mano 104 pueda atenuarse. En una realización, el manguito 108 y/o la pestaña 110, y el extremo de la carcasa 132b a la que se fija el manguito 108 pueden fabricarse del mismo material. En otra realización, el manguito 108, y/o la pestaña 110 y el extremo de la carcasa 132b a la que se fija el manguito 108 pueden fabricarse de materiales que tengan propiedades de atenuación de la vibración similares. En otra realización más, el manguito 108 y/o la pestaña 110 y el extremo de la carcasa 132b a la que el manguito 108 se fija pueden fabricarse de materiales diferentes, por ejemplo, la carcasa 132 puede fabricarse de metal o compuesto, mientras que el manguito 108 y/o pestaña 110 pueden fabricarse de un polímero o compuesto. En una realización adicional, el manguito 108 y/o pestaña 110 y el extremo de la carcasa 132b al que se fija el manguito 108 puede fabricarse de materiales que tengan diferentes propiedades de atenuación o amortiguación de la vibración. En cualquiera de las realizaciones mencionadas anteriormente, la característica 111, tanto si es un resalte, una cresta u otras características similares o características que tengan funcionalidades similares, si están presentes, pueden fabricarse también de los mismos materiales que el manguito 108.

En general, puede ser deseable que el manguito 108 tenga una rigidez suficiente de modo que pueda encajar consistentemente sobre o dentro de una carcasa 132 de la pieza de mano y pueda no colapsar durante el uso. Si se contemplan múltiples usos, el manguito 108 puede construirse en general para soportar procedimientos de esterilización múltiples, tales como mediante autoclave, si se desea. En otras realizaciones, el manguito 108 puede ser desechable y por ello puede construirse de cualquier material que pueda formarse como un manguito 108. Ejemplos de materiales apropiados pueden incluir, pero sin limitarse a, por ejemplo, un polímero que pueda moldearse, termoformarse o fundirse. Polímeros adecuados incluyen polietileno; polipropileno; polibutileno; poliestireno; poliéster; politetrafluoroetileno (PTFE); polímeros acrílicos; cloruro de polivinilo; polímeros de acetal tales como polioximetileno o Delrin (disponible en DuPont Company); caucho natural o sintética; poliamida, u otros polímeros de alta temperatura tales como polieterimida como ULTIM®, una mezcla polimérica tal como una resina Xenoy®, que es un compuesto de policarbonato y tereftalato de polibutileno, plástico Lexan®, que es un copolímero de policarbonato y resina de isoftalato tereftalato resorcinol (todos disponibles en GE Plastics); polímeros de cristal

líquido, tales como un poliéster aromático o un poliéster amida aromático que contiene, como un constituyente, al menos un compuesto seleccionado de entre un grupo que consiste en un ácido hidroxicarboxílico aromático (tal como hidroxibenzoato (monómero rígido), hidroxinaftoato (monómero flexible), una hidroxiamina aromática y una diamina aromática, (ejemplificadas en las Patentes de Estados Unidos n.º 6.242.063, 6.274.242, 6.643.552 y 6.797.198). Anhídridos de poliesterimida con grupo anhídrido terminal o anhídridos laterales (ejemplificados en la Patente de Estados Unidos N.º 6.730.377) o combinaciones de los mismos. Algunos de estos materiales son reciclables o pueden fabricarse para ser reciclables. Pueden usarse también materiales compostables o biodegradables y pueden incluir cualquiera de los poliésteres biodegradables o biocompostables tal como una resina de ácido poliláctico (que comprende ácido L-láctico y ácido D-láctico) y ácido poliglicólico (PGA), resina de polihidroxivalerato/ hidroxibutirato (PHBV) (copolímero de ácido 3-hidroxi butírico y ácido 3-hidroxi pentanoico (ácido 3-hidroxi valérico) y copolímeros de polihidroxialcanoatos (PHA), y resina de poliéster/uretano. Algunos materiales no compostables o no biodegradables pueden hacerse también compostables o biodegradables mediante la adición de ciertos aditivos, por ejemplo, cualquier aditivo oxo-biodegradable tal como D2W™ suministrado por (Symphony Environmental, Borehamwood, Reino Unido) y TDPA® fabricado por EPI Environmental Products Inc. Vancouver, Columbia Británica, Canadá.

Además, puede usarse también cualquier compuesto polimérico tales como preimpregnados o compuestos de ingeniería, que son polímeros rellenos con pigmentos, partículas de carbono, sílice, fibras de vidrio, o mezclas de los mismos. Por ejemplo puede usarse una mezcla de policarbonato y ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) para la carcasa 132 y manguito 108. Como ejemplo adicional, puede usarse también fibra de carbono y/o fibra de vidrio reforzada con plástico.

Los cauchos sintéticos pueden ser, por ejemplo, materiales elastoméricos y pueden incluir, pero sin limitarse a, varios, copolímeros o, copolímeros de bloque copolímeros (Kratons®) disponible en Kraton; Los polímeros tales como caucho de estireno-butadieno o, caucho de estireno isopreno, caucho de EPDM (monómero de etileno propileno dieno), caucho de nitrilo (acrilonitrilo butadieno), y similares.

En algunas realizaciones, el manguito 108 y/o carcasa 132 puede fabricarse también de materiales metálicos y/o cerámicos que pueden recubrirse adicionalmente y/o tratarse con un material adecuado, tal como un polímero o compuesto como los anteriores. Por ejemplo, puede utilizarse un material metálico y/o cerámico que pueda ser sustancialmente amortiguador/absorbente/reflectante de la vibración. Puede emplearse también un recubrimiento visco-elástico y/u otro de modo que las vibraciones y otra energía mecánica no puedan trasladarse al interior de los componentes metálicos y/o cerámicos del manguito 108 y/o carcasa 132.

En una realización, puede usarse titanio para el manguito 108 y/o carcasa 132, o componentes/partes de los mismos.

En otra realización, pueden utilizarse materiales piezoeléctricos, tales como cerámicas piezoeléctricas. Los materiales piezoeléctricos pueden utilizarse generalmente para convertir la energía mecánica en energía eléctrica.

En una realización específica de la invención, el manguito de polímero 108 de la pieza de mano 104 se extiende fuera de modo que la distancia desde la punta 116 del manguito de polímero 108 en contacto con el espécimen 112 a la cabeza 128 de la barra de golpeteo 120 en su posición fija retraída varía generalmente desde, por ejemplo, aproximadamente 3,5 milímetros a aproximadamente 5,5 milímetros, y más por ejemplo, aproximadamente 3,75 milímetros a aproximadamente 4,5 milímetros. En una realización ejemplar, la distancia desde la punta 116 del manguito de polímero 108 de la pieza de mano 104 en contacto con el espécimen 112 a la cabeza 128 de la barra de golpeteo 120 en su posición fija retraída puede ser de aproximadamente 4 milímetros. Estas mediciones de la barra de golpeteo 120 son simplemente ejemplares y no son limitativas. La longitud del manguito 108 de polímero en una realización depende de la longitud de la barra de golpeteo 120 y de la distancia total que la barra de golpeteo 120 puede recorrer cuando se activa sin una degradación significativa en el proceso de avance debido a la fricción y gravedad.

Como se ha hecho notar anteriormente, el manguito 108 puede ser extraíble y puede fijarse a la carcasa 132 en cualquiera de entre fijación roscada, encaje por fricción, formaciones de bayoneta coincidentes, formaciones de tipo lengüeta y ranura, encaje por presión, formaciones de pasador y agujero entrelazadas, cerrojos y otras estructuras de interconexión. En una realización ejemplar, el manguito y la carcasa pueden ser un sistema roscado fabricado personalizado para un mejor ajuste.

En una realización ejemplar, el otro extremo 136 del manguito 108 de polímero puede roscarse 116a de modo que se conecte a la carcasa 132 de la pieza de mano con un roscado similar, tal como se ilustra en la FIG. 3. El plano que incluye el extremo 116 del espécimen del manguito 108 de polímero es aproximadamente ortogonal al eje de la carcasa de la pieza de mano. También, el área superficial del extremo 116 del espécimen del manguito 108 de polímero puede ser suficientemente grande. Éste y la pestaña 110 ayudan a la colocación aproximadamente ortogonal y estabilidad de posición de la pieza de mano 104. En una realización, el diámetro exterior del extremo del espécimen en la punta 116 está generalmente dentro del intervalo de, por ejemplo, desde aproximadamente 6 milímetros a aproximadamente 14 milímetros, y más por ejemplo, dentro del intervalo de aproximadamente 8 milímetros a aproximadamente 11 milímetros. En una realización ejemplar, el diámetro exterior es de

aproximadamente 9,5 milímetros. El diámetro interior del extremo del espécimen de la punta 116 está generalmente dentro del intervalo de, por ejemplo, desde aproximadamente 3 milímetros a aproximadamente 6 milímetros, y más por ejemplo, dentro del intervalo desde aproximadamente 4 milímetros a aproximadamente 5 milímetros. En una realización ejemplar, el diámetro interior es de aproximadamente 4,7 milímetros.

5 El manguito puede tener también diámetros interiores variables que disminuyen desde donde se rosca 136 el manguito al extremo 116 del espécimen del manguito 108. La FIG. 1 muestra una realización en donde el manguito 108 de polímero tiene tres diámetros interiores discretos. Otras realizaciones tienen más o menos que tres diámetros interiores, teniendo una realización un diámetro interior continuamente decreciente desde donde el manguito de polímero se rosca 136 al extremo del espécimen 116 del manguito 108 de polímero. Diámetros interiores  
10 decrecientes pueden ayudar a guiar la barra de golpeteo 120 para golpear el espécimen 112 en una localización consistente y en un ángulo de inclinación consistente. El manguito 108 con la pestaña 110 puede proporcionar una mayor precisión y precisión de posicionamiento sobre el objeto 112. Por ejemplo, un manguito 108 polimérico que tenga una capacidad de amortiguación y de una longitud tal de modo que atenúe cualquier onda de tensión que pueda interferir con el procedimiento de medición permite que la punta 116 del manguito 108 de polímero se coloque  
15 directamente contra el objeto 112 durante la operación. Colocar la punta 116 del manguito 108 de polímero de la pieza de mano 104 directamente contra el objeto 112 tiene la ventaja de mantener la distancia entre el objeto 112 y la punta 116 del manguito 108 de la pieza de mano 104 y el posicionamiento de la punta 116 del manguito y una superficie del objeto 112 a ser anclado adicionalmente por la pestaña 110, y la característica 111, si está presente, ser sustancialmente consistente con la misma, resultando una mejor reproducibilidad de datos y mayor precisión.  
20 Esta capacidad elimina la suposición de distancia y posicionamiento y elimina errores debidos a, por ejemplo, temblores de la cabeza del paciente o de las manos del operador incluso ligeramente durante las mediciones.

En una realización de la presente invención, la punta 116 del manguito 108 con la pestaña 110 de la pieza de mano 104 se posiciona directamente sobre el espécimen 112 para proporcionar la capacidad de recreación consistente y mediciones precisas esencialmente independientes de las evaluaciones del operador y los ligeros movimientos en el  
25 espécimen 112, si están presentes.

En otra realización, también, la punta 116 del manguito 108 con la pestaña 110 y la característica 111 de la pieza de mano 104 se posicionan directamente sobre el espécimen 112 para proporcionar la capacidad de recreación consistente y mediciones precisas esencialmente independientes de las evaluaciones del operador y los ligeros movimientos en el espécimen 112, si están presentes.

30 Adicionalmente, el reposo de la punta 116 y la pestaña 110, o la pestaña 110 y característica 111 del manguito 108 directamente sobre el objeto 112 también facilita al operador mantener la pieza de mano 104 estable y mantener una distancia consistente entre la punta 116 del manguito 108 y el objeto 112 mientras se están realizando las mediciones. El manguito 108 que tiene una punta aplanada 116, tal como se muestra en la FIG. 1, ayuda adicionalmente en la alineación de la pieza de mano 104 aproximadamente ortogonal a la superficie del objeto 112  
35 cuando la punta 116 se coloca en contacto con el objeto 112. La auto-alineación a través del contacto entre la punta 116, la pestaña 120 y el objeto 112, o la punta 116, la pestaña 110 y la característica 111, da como resultado mediciones más exactas y precisas manteniéndose constante el ángulo con el que la barra de golpeteo 120 golpea el objeto 112, tanto durante las mediciones como en mediciones posteriores.

Además, el uso de un polímero u otro material que tenga propiedades de atenuación de la vibración para el manguito 108 de la pieza de mano 104 puede dar como resultado también una señal más limpia impidiendo que las ondas de tensión se propaguen hacia arriba a la carcasa 132 de la pieza de mano 104. En una realización ejemplar, puede usarse PTFE como el manguito 108. En otra realización, puede usarse polioximetileno para el manguito 108. El PTFE y el polioximetileno son utilizables en autoclave y de una capacidad de amortiguación suficientemente alta para amortiguar las ondas de tensión desde el objeto 112. El material del manguito 108 puede tener generalmente  
40 una capacidad de amortiguación tal como se representa por su coeficiente de pérdidas, que varía desde aproximadamente, por ejemplo, 0,03 a aproximadamente 0,2, y más por ejemplo, dentro del intervalo desde aproximadamente 0,06 a aproximadamente 0,1. En una realización ejemplar, el coeficiente de pérdidas puede ser de aproximadamente 0,08. El PTFE tiene también la ventaja de ser un lubricante sólido que reduce la fricción entre el manguito 108 y la barra de golpeteo 120 cuando la barra de golpeteo 120 se traslada adelante y atrás durante el  
45 procedimiento de medición.

Con la punta 116 aplanada y la pestaña 120 del manguito 108 que se auto alinea a sí misma con el objeto 112, el operador es ayudado a mantener la pieza de mano 104 aproximadamente horizontal respecto al terreno y aproximadamente ortogonal a la superficie del objeto 112 que se somete a medición. La pieza de mano 104 puede tener también un indicador de nivel 140 fijado a la carcasa 132 de la pieza de mano 104 para ayudar adicionalmente  
50 al operador a mantener la pieza de mano 104 aproximadamente horizontal durante el ensayo. En una realización de la presente invención, el indicador de nivel 140 puede incluir una burbuja de aire 144 atrapada en un líquido contenido en una carcasa transparente. El usuario mantiene simplemente la burbuja de aire 144 centrada entre dos marcas 148 y 152 en la mitad de la carcasa transparente para asegurar que la pieza de mano 104 está en una posición aproximadamente horizontal.  
55

60

Volviendo de nuevo a la FIG. 1, la pieza de mano puede ser parte del sistema que incluye un mecanismo 160 de accionamiento que puede incluir un sensor 160a de fuerza piezoeléctrico, un sistema de hardware 164, por ejemplo, un ordenador 164 que tenga capacidad de adquisición de datos a alta velocidad que pueda ser efectuada por una tarjeta de adquisición de datos a alta velocidad. En una realización, puede usarse un canal analógico a digital de dieciséis bits en la tarjeta de adquisición de datos alojada en el ordenador 164. En otra realización, puede usarse un canal puramente digital. En la FIG. 1a, el mecanismo 160 de accionamiento puede incluir un transformador 160b diferencial variable lineal para la detección y medición del desplazamiento de la herramienta de aplicación de energía tal como la barra de golpeteo 120, tal como se muestra en la FIG. 1 y 1a, antes, durante y después de la aplicación de la energía. El transformador 160b diferencial variable lineal puede ser un sensor lineal sin contacto. El sensor puede utilizar tecnología inductiva y por ello capaz de detectar cualquier objetivo metálico.

En una realización, el proceso de aplicación de la energía de la pieza de mano 104 puede activarse a través de un mecanismo mecánico, tal como mediante un mecanismo de interruptor 140, por ejemplo, tal como se muestra en la FIG. 1, un interruptor de dedo colocado en una localización conveniente sobre la pieza de mano para una activación fácil por parte del operador.

En otra realización, el proceso de aplicación de la energía de la pieza de mano 104 puede activarse a través de un control de pie.

En una realización adicional, el proceso de aplicación de la energía de la pieza de mano 104 puede activarse, por ejemplo, a través de un control de voz. El control de voz puede acoplarse a un dispositivo de control eléctrico. El dispositivo de control eléctrico puede incluir un microprocesador y un interruptor tal como un interruptor electromecánico o un interruptor de estado sólido. Puede usarse una tecnología de circuito electrónico de control por voz, similar a la tecnología usada en dispositivos electrónicos tales como juguetes, teléfonos celulares, automóviles y otra electrónica de consumo, para activar el proceso de aplicación de la energía. En aún una realización adicional, el proceso de aplicación de la energía de la pieza de mano 104 puede activarse a través de un control remoto inalámbrico. El control remoto inalámbrico puede acoplarse al mecanismo de interruptor 140 que puede incluir un microprocesador y un interruptor tal como un interruptor electromecánico o un interruptor de estado sólido. El interruptor puede activarse por medio de radiación infrarroja o por medio de señales de radio inalámbricas o por medio de luz de la parte visible del espectro electromagnético.

En una realización ejemplar, para comenzar el ensayo de un objeto 112, la punta 116 del manguito 108 de la pieza de mano 104 se coloca contra el espécimen 112 y la barra de golpeteo 120 en el interior de la pieza de mano 104 se activa con la pulsación de un interruptor de dedo 124 localizado en la pieza de mano 104, tal como se muestra en la FIG. 1.

Tras la activación del interruptor 124 de dedo u otros interruptores de la pieza de mano 104, un control de pie, control por voz o inalámbrico, se acciona una barra de golpeteo 120 móvil mediante la bobina 156 de propulsión a través de un orificio en el manguito 108 para impactar en el objeto 112, por ejemplo, dieciséis veces en cuatro segundos. Cuando se mueve la barra de golpeteo 120, un imán 157 localizado en la barra de golpeteo 120 se desplaza con respecto a una bobina 158 de medición. Puede medirse la aceleración de la barra de golpeteo 120 por el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico, o puede detectarse el desplazamiento de la barra de golpeteo 120 y medirse por el transformador 160b diferencial variable lineal. Durante la operación, después de la aplicación de la energía, tal como el golpeteo con la barra de golpeteo, cuando se está realizando la medición por el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico, las señales que corresponden a la onda de choque resultantes de dicho impacto se recogen y envían al ordenador 164, tal como se muestra en la FIG. 1. En una realización, puede usarse un sensor 160a de fuerza piezoeléctrico para producir señales correspondientes a la onda de choque resultante de cada impacto. En un aspecto, puede usarse un canal de convertidor analógico a digital de dieciséis bits en una tarjeta de adquisición de datos alojada en un ordenador 164. En dichas realizaciones, el ordenador 164 funciona con una tasa de muestreo de al menos aproximadamente 800 kHz; aunque en otras realizaciones, el ordenador 116 puede operar con una tasa de muestreo de al menos aproximadamente 600 kHz; más por ejemplo, puede usarse una tasa de muestreo de al menos aproximadamente 500 kHz. Las señales generadas por el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico pueden proporcionarse a una tarjeta de adquisición de datos alojada en el ordenador 164 través de cualquier interfaz de instrumentación. En un aspecto, las señales pueden transmitirse desde el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico al ordenador 164 través de un cable coaxial 168 a la tarjeta de adquisición de datos de alta velocidad. En otro aspecto, la interfaz de instrumentación puede incluir un acondicionador de señal y una fuente de alimentación independiente. En otro aspecto más, puede incorporarse una realización modificada de la interfaz de instrumentación dentro del ordenador 164.

El software almacenado en el ordenador 164 adquiere y analiza, por ejemplo, de diez a dieciséis impactos para determinar cuantitativamente las características estructurales, por ejemplo, capacidad de amortiguación u otras características anteriormente listadas del objeto 112 o su entorno o base a la que está fijado. Típicamente, son suficientemente adecuados seis a diez impactos para el muestreo del coeficiente de pérdidas para un objeto dado, por ejemplo. Por ejemplo, en una realización, la barra de golpeteo 120 impacta en el objeto 112 aproximadamente dieciséis veces en un período de cuatro segundos. En otras realizaciones, se usan tasas de repetición de impacto más rápidas o más lentas. En una realización ejemplar, la barra de golpeteo 120 se acciona mediante una o más bobinas 156 de propulsión activadas electrónicamente por un interruptor de dedo (no mostrado), aunque las bobinas

156 de propulsión pueden activarse remotamente en otras realizaciones, como se ha hecho notar anteriormente.

5 Cuando la barra de golpeteo 120 impacta en el objeto 112, algo de la energía cinética de la barra de golpeteo 120 se convierte en energía mecánica que se propaga a través del objeto 112 como una onda de tensión. La mayor parte del resto de la energía cinética se convierte (disipa) en calor, como es dictado por el coeficiente de pérdidas y estructura del objeto 112. Una parte de la energía mecánica propagada se refleja de vuelta a la barra de golpeteo 120, en donde puede detectarse por un sensor 160a de fuerza piezoeléctrico montado dentro de la carcasa 106. El sensor 160a de fuerza piezoeléctrico produce señales que corresponden a la energía mecánica reflejada resultante del impacto entre la barra de golpeteo 120 y el objeto 112.

10 En una realización ilustrada, el ordenador 164 puede incluir software de instrumentación virtual capaz de analizar las señales recibidas desde el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico. Puede usarse una amplia variedad de diferentes tipos de software de adquisición de datos para recibir datos desde el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico. En una realización, puede usarse software de adquisición de datos personalizado desarrollado usando el entorno de programación LabVIEW, disponible en National Instruments (Austin, Texas), aunque pueden usarse otros entornos de programación en otras realizaciones.

15 Después de que se reciban las señales desde el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico, el software de procesamiento de datos es capaz de medir cuantitativamente las características deseadas, por ejemplo, la capacidad de amortiguación del objeto 112, que puede expresarse frecuentemente en términos de coeficiente de pérdidas 17. Para una serie de impactos, como se ha descrito anteriormente, pueden realizarse varios cálculos de la capacidad de amortiguación. Por ejemplo, en una realización la barra de golpeteo 120 impacta en el objeto 112 dieciséis veces, y la capacidad de amortiguación del objeto 112 puede calcularse para diez de los dieciséis impactos. En dichas realizaciones, puede calcularse la desviación estándar de la medición de capacidad de amortiguación, proporcionando de ese modo al usuario una indicación de la precisión de las mediciones. Específicamente, si la pieza de mano 104 no está apropiadamente alineada con el objeto 112, o si se introduce otra fuente de error dentro del proceso de medición, este error se manifestará probablemente a sí mismo en la forma de una desviación estándar elevada de una serie de mediciones de capacidad de amortiguación. Las diversas realizaciones de cualquier parte del sistema, tal como el manguito con la pestaña y/o características citadas anteriormente pueden usarse en la realización de cualquier ensayo o medición de cualquier característica estructural de cualquiera de los objetos previamente explicados.

30 Como se ha hecho notar anteriormente, la presente invención tiene aplicaciones también en la detección de daños internos tales como microfisuras, fracturas, microfracturas y deslaminación en estructuras de compuesto y otros materiales de ingeniería. Los compuestos son generalmente más susceptibles al desarrollo de daños que metales sin reforzar, particularmente cuando están sometidos a tensiones que se aproximan a la resistencia a la tracción del material. La presente invención es útil para la detección de daños a través de un ensayo no destructivo de materiales y estructuras de compuesto.

35 La FIG. 9 muestra un diagrama de flujo 300 de una realización ejemplar de procedimiento de software. Después de que el programa se cargue y ejecute 304 la siguiente etapa 308 determina si es necesaria una calibración. Si se debe implementar una configuración de ensayo familiar, entonces el programa carga valores de calibración previamente determinados, almacenados en un archivo 312. Puede elegirse un archivo de calibración de entre los muchos archivos de calibración previos almacenados en la memoria. Si se está usando una nueva configuración de ensayo, entonces se completa un procedimiento 316 de calibración y los nuevos valores de calibración se almacenan en un nuevo archivo antes de que se implementen los nuevos valores de calibración en la etapa 320. En la siguiente etapa 324, el programa acepta la señal desde el sensor de fuerza piezoeléctrico 324, convierte la señal en datos de energía 328, visualizando los datos de energía en forma gráfica y de texto sobre el monitor del ordenador 332, calculando, por ejemplo, el coeficiente neto de pérdida 336; y/o calculo de la desviación estándar de las mediciones de coeficiente de pérdidas y el error de Ajuste Ideal Normalizado; y a continuación o bien descarta o bien guarda en un archivo, los datos energía dependiendo de la decisión discrecional del operador 340.

45 A continuación, el operador elige de entre tres opciones: hacer más mediciones en esa serie de mediciones 357; comenzar una nueva serie de mediciones 358, o salir del programa 359. En una realización del programa, una interfaz de usuario gráfica visualiza las tres opciones anteriores a partir de las que puede elegir el operador. Esa interfaz se refleja por la caja 356 dibujada en el diagrama de flujo 300 que tiene tres trayectorias que conducen al exterior de la caja 357, 358 y 359.

55 Si se requieren más mediciones en la serie de mediciones 357, el programa vuelve hacia atrás a la etapa en donde el programa aceptó la señal del sensor de fuerza piezoeléctrico 324. Si no se requieren más mediciones en la serie de mediciones, pero se requiere en su lugar una nueva serie de mediciones, entonces el programa o bien descarta o bien guarda en un archivo los datos de energía dependiendo de la decisión discrecional del operador 352 antes de volver atrás a la etapa en la que el programa aceptó la señal del sensor de fuerza piezoeléctrico 324. Si no se requieren más mediciones en la serie de mediciones y no se requieren nuevas series de mediciones 359, el programa o bien descarta o bien guarda en un archivo los datos del coeficiente de pérdidas dependiendo de la decisión discrecional del operador 360 antes de finalizar el programa 366.

También, la energía mecánica asociada con un impacto contra un diente natural, por ejemplo, se disipa principalmente por el ligamento periodontal. Más específicamente, cuando se somete un diente a una fuerza de impacto, se transmite una onda de tensión a través del diente y al interior del ligamento periodontal, que funciona para conectar el diente al hueso subyacente. Debido a la manera en que se deforma, el ligamento periodontal actúa como un absorbente de choque, disipando mucha de la energía asociada con el impacto. Este proceso de amortiguación reduce ventajosamente la fuerza de impacto resultante transmitida al hueso circundante. Por el contrario, las prótesis de implante dental no tienen frecuentemente ningún mecanismo mediante el que disipar cantidades significativas de energía mecánica debido a la naturaleza de los materiales usados. Por ello, la energía mecánica tiende a pasar desde una estructura del implante al hueso subyacente con relativamente poca amortiguación. Esa diferencia de comportamiento mecánico puede ser particularmente crítico para gente que habitualmente rechina y/o aprieta sus dientes, dado que dicho comportamiento imparte fuerzas de impacto relativamente grandes sobre los dientes. Para una estructura física, tanto si se incorpora como si no material de amortiguación dentro de la estructura, la energía mecánica asociada con un impacto contra la estructura puede generar una respuesta diferente cuando hay una fisura, microfisura, fractura, microfractura, deslaminación, defecto o cualquier inestabilidad estructural que para una estructura sin una fisura, microfisura, fractura, defecto o cualquier inestabilidad estructural.

La extensión relativa a la que el material disipa energía mecánica elástica puede caracterizarse usando el coeficiente de pérdidas, como se ha explicado previamente. Los valores del coeficiente de pérdidas pueden determinarse para cualquiera de los objetos mencionados anteriormente incluyendo dientes naturales, así como para una amplia variedad de superestructuras de soporte de implante, tales como superestructuras fabricadas de compuestos de matrices de resina, aleaciones de oro, porcelana fundida con laminados de oro, todas las restauraciones cerámicas o cualquier otro material adecuado para su uso en la cavidad oral. La estructuras de soporte del implante disipan típicamente menos energía mecánica que sus contrapartes de diente natural. Sin embargo, la capacidad del implante para disipar energía mecánica depende del nivel de integración ósea alrededor del implante: una pobre integración ósea entre un implante y el hueso que lo rodea puede provocar anormalmente altos niveles de disipación de energía. Por ello, la disipación de energía se incrementa inicialmente tras la colocación del implante, por ejemplo, debido al remodelamiento del hueso pero a continuación normalmente disminuye cuando progresa la integración ósea. Eventualmente, la capacidad de disipación de la energía (amortiguación) del implante se hace constante cuando el proceso de integración ósea progresa hasta finalizar. Como se ha hecho notar anteriormente, para dientes saludables normales, la energía de percusión generada por la masticación se atenúa por el ligamento periodontal en la interfaz hueso-diente natural saludable. Cuando un diente natural se daña o enferma, un implante lo reemplaza, pero probablemente, y puede ser definitivo, habiéndose perdido el ligamento generalmente. En la mayor parte de los casos, en un implante integrado con éxito, no hay ligamento. Por ello, el implante puede transmitir las fuerzas de percusión directamente al interior del hueso. Para compensar esta pérdida, el uso de, por ejemplo, algunos compuestos, circonio y otros similares, para fabricar el pilar del implante se ha mostrado que es efectivo en numerosos estudios. El instrumento de la presente invención puede servir a ayudar a la construcción o fabricación de, y/o selección de, un material para una estructura anatómica, por ejemplo, un implante. La medición de la respuesta dinámica a la carga de dichos materiales de pilar puede usarse para dichas finalidades y puede ser útil para predecir la idoneidad del material de restauración para el implante previamente al implante o previamente a la restauración.

Dado que la carga bucal es el tipo más peligroso de tensión encontrado, la capacidad para correlacionar resultados del ensayo con la respuesta real cuando se implanta es otro aspecto de la presente invención. En general, el apriete oclusal induce relativamente bajas tensiones, el movimiento de trabajo y/o no trabajo puede producir cargas laterales y puede inducir tensiones mucho más altas que pueden generar altas concentraciones de tensión en la superficie interna y por debajo del margen esmalte - cemento. Por ello, diagnósticos de percusión cuantitativos, usando el sistema de la presente invención, pueden ayudar a la selección del mejor material o diseño de construcción en o para un implante.

La determinación del coeficiente de pérdidas puede realizarse de acuerdo con lo que se describe en la Patente de Estados Unidos N.º 6.120.466. Las FIGS. 14 y 15 muestran fórmulas usadas para el cálculo del coeficiente de pérdidas y la 16a muestra un ejemplo de una medición del coeficiente de pérdidas.

Otras determinaciones, tales como medición, durante un intervalo de tiempo, de la energía reflejada desde el objeto como resultado del golpeteo o aplicación de energía, lo que puede incluir creación de un perfil tiempo - energía basándose en la energía reflejada desde el objeto durante el intervalo de tiempo, y/o puede determinarse la evaluación del perfil de energía - tiempo para determinar la capacidad de actuación del objeto, tal como se divulga en la Patente de Estados Unidos N.º 6.997.887 y 7.008.385.

Por ejemplo, tal como se ilustra también en la FIG. 1, el ordenador 164 puede incluir adicionalmente registros de memoria, tal como la respuesta de percusión respecto al tiempo, por ejemplo, puede registrarse la cantidad de energía reflejada por el objeto 112 en varios puntos a lo largo de un periodo de tiempo discreto. En dichas realizaciones, la energía devuelta desde el objeto 112 puede trazarse como una función del tiempo en una pantalla adjunta al ordenador 164. Esta configuración permite al usuario ver y analizar el perfil tiempo-energía de la energía reflejada desde el espécimen 114.



Además de la generación de un perfil tiempo-energía, pueden realizarse también otros análisis sobre las señales devueltas desde el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico. Por ejemplo, puede evaluarse la cantidad de trabajo asociado con el impacto mediante la integración de la fuerza aplicada a la barra de golpeteo 120 con respecto al desplazamiento del espécimen. La fuerza aplicada a la barra golpeteo 120 durante su impacto con el objeto 112 puede medirse usando el sensor 160a de fuerza piezoeléctrico. Tras el impacto, la cantidad de trabajo depende parcialmente de la cantidad de defectos presentes en el objeto 112. En particular, defectos en el objeto 112 disipan la energía cinética de la barra 120 cuando impacta en el objeto 112, reduciendo de ese modo la cantidad de energía elástica disponible para ser devuelta a la barra de golpeteo 120.

En una realización, puede usarse una comparación de la energía elástica devuelta a la barra de golpeteo 120 y el trabajo total asociado con el impacto para determinar la cantidad y naturaleza de los defectos estructurales presentes en el objeto 112. En otra realización, un pico de distribución gaussiana u otro pico deducido matemáticamente, puede ajustarse a la respuesta de percusión medida tales como datos de energía, tensión o fuerza. El residuo o error medio puede usarse para determinar cómo de cerca son representativos los datos medidos de un objeto 112 libre de defectos.

La FIG. 16b muestra ejemplos de la forma de la respuesta de tiempo respecto a percusión, por ejemplo, perfiles tiempo-energía generados sobre el diente. Para un diente normal, se genera una curva suave, bien conformada, tal como se muestra. Para un diente anormal, se genera una curva que tiene varias formas, por ejemplo, perfil asimétrico o perfil de picos múltiples, tal como se muestra. Incluso aunque los perfiles mostrados son en referencia a un diente, los perfiles pueden generalizarse a cualesquiera otros objetos mencionados anteriormente, tanto anatómicos como industriales o físicos.

El dispositivo y sistema de la presente invención puede usarse también en otras mediciones del factor de amortiguación tales como las divulgadas en las Patentes de Estados Unidos N.º 5.476.009 y 5.614.674; la determinación no invasivamente de la pérdida de densidad de una pieza discreta de tejido biológico, tal como la que se divulga en la Patente de Estados Unidos N.º 5.836.891 y 5.402.781; un factor de amortiguación modal de una estructura, tal como el que se divulga en la Patente de Estados Unidos N.º 5.652.386; para la detección de una imperfección incipiente en un objeto mediante la medición de la capacidad de amortiguación específica del objeto, tal como se divulga en la Patente de Estados Unidos N.º 4.231.259; ensayos no destructivos, tal como se divulga en la Patente de Estados Unidos N.º 4.519.245; instrumentos usados para provocar liberación y analizados mediante transformada de Fourier, tal como se divulga en la patente de Estados Unidos N.º 5.951.292; para la detección de la estabilidad del diente en la encía o un implante en el cuerpo, tal como se divulga en la Patente de Estados Unidos N.º 6.918.763; para la determinación de la movilidad de un diente o implante dental, tal como se divulga en la Patente de Estados Unidos N.º 5.518.008; o cualesquiera otras mediciones que usen un instrumento de percusión para la generación de vibración en un objeto.

Los dientes saludables y los implantes bien integrados presentan un nivel bajo de disipación de energía con un perfil de tiempo-energía elástica suave, simétrico, bien conformado, tal como se muestra en la curva superior de la FIG. 16b. Como se usa en este contexto, la expresión "energía elástica" se refiere a la energía cinética impartida a la barra 120 del instrumento de percusión 100. La energía elástica  $E_e$  viene dada por  $E_e = kF^2$ , en la que la constante  $k$  varía inversamente con el módulo elástico efectivo de la barra de golpeteo 120 y en la que la fuerza  $F$  es proporcional tanto a la masa de la barra de golpeteo 120 como a la desaceleración máxima de la barra de golpeteo 120 como resultado de la onda de tensión creada a partir del impacto.

A diferencia de los implantes bien integrados, los implantes que padecen de pobre integración ósea, pérdida ósea, defectos internos, o una estructura dañada pueden presentar típicamente un perfil de respuesta tiempo respecto a percusión no uniforme. Por ejemplo, la FIG. 27 ilustra un perfil 200 de respuesta tiempo respecto a percusión "normal" para un implante saludable, así como un perfil 210 de respuesta tiempo respecto a percusión "anormal" para una estructura de implante que no está bien integrada, como se muestra también en la FIG. 16b para un implante normal y anormal. Como se ha ilustrado, el perfil 200 de respuesta tiempo respecto a percusión para el diente saludable tiene una forma suave, simétrica, bien conformada, mientras que el perfil 210 de respuesta tiempo respecto a percusión para la estructura de implante anormal es no suave y asimétrico, o puede tener un máximo 212 secundario. La forma del perfil de respuesta tiempo respecto a percusión para la estructura de implante anormal indica que hay presentes defectos, tales como tornillos sueltos, estructura interna dañada, pérdida ósea en la interfaz hueso/implante, o pobre integración ósea. Además del máximo secundario, otras anomalías en la forma del perfil de respuesta tiempo respecto a percusión que son indicativas de defectos estructurales, incluyen datos dispersos, asimetrías y formas irregulares.

Un ejemplo adicional de este principio se proporciona en la FIG. 28, que ilustra un perfil 300 de respuesta tiempo respecto a percusión "normal" de un implante bien integrado, así como un perfil 310 de respuesta tiempo respecto a percusión "anormal" para una estructura de implante que no está bien integrada. Ambas de estas estructuras de implante se localizan, por ejemplo, en la boca de un paciente anciano de función fuertemente desviada. Como se ha explicado previamente, la presencia del máximo 312 secundario indica que están presentes en el lugar de implante defectos tales como tornillos perdidos, una estructura interna dañada, pérdida ósea en la interfaz hueso/implante, o pobre integración ósea.

Los ejemplos precedentes ilustran que el análisis del perfil de respuesta tiempo respecto a percusión de una estructura dental puede proporcionar información acerca de la integridad y estabilidad de esa estructura. Estas técnicas de análisis proporcionan a los médicos clínicos una herramienta precisa, rápida y simple que proporciona información sobre la estabilidad de las estructuras dentales naturales y protéticas sin requerir ningún procedimiento invasivo. La pestaña y/o característica se añade a la repetitividad de estas mediciones y por ello produce desviaciones estándar más pequeñas.

Para estructuras compuestas, el instrumento de la presente invención descrito anteriormente puede usarse también en campos distintos de la odontología. Por ejemplo, dicha instrumentación puede usarse en la evaluación de la capacidad de amortiguación local de estructuras compuestas, tales como compuestos de paneles de abeja en capas o cualesquiera otras estructuras. En particular, el uso de dicha instrumentación en el ensayo de estructuras compuestas permite ventajosamente que se evalúe la capacidad de amortiguación de estas estructuras sin dañar las estructuras. La instrumentación divulgada en el presente documento es también ligera, portátil, fácil de usar, rápida y barata en comparación con aparatos convencionales para la evaluación de la capacidad de amortiguación.

Debido a que la capacidad de amortiguación mide la capacidad de un material para absorber y aislar vibración, la capacidad de amortiguación es de interés particular con respecto a materiales usados para aislamiento acústico, tales como en los campos aeroespaciales, de navegación, puentes, estructuras en arco, ingeniería civil e ingeniería de automoción. De ese modo se busca frecuentemente ensayar la capacidad de amortiguación de los materiales bajo desarrollo, así como materiales convencionales después de un uso sostenido.

Como un ejemplo, las estructuras de paneles de abeja en capas tienen una capacidad de amortiguación relativamente alta, y por ello se usan frecuentemente como aisladores acústicos en estos campos. Las estructuras típicas de paneles de abeja en capas tienen dos caras relativamente delgadas que tienen alta resistencia y rigidez. Las caras encierran una estructura de núcleo de paneles de abeja que es relativamente gruesa, pero ligera y con alta resistencia en la dirección perpendicular a las caras. Por ejemplo, la estructura del núcleo de panel de abeja puede incluir una estructura de pared de abeja Nomex®, disponible en E.I. du Pont de Nemours and Company (Wilmington, Del.). Las caras y el núcleo se unen generalmente, o bien mecánicamente o con adhesivos (tal como, por ejemplo, con una resina fenólica u otro adhesivo estructural o reactivo), dando así a la estructura propiedades de compuesto. En la estructura de compuesto, las caras pueden soportar las tensiones de curvado, mientras que el núcleo soporta las tensiones cortantes. Cuando se expone a vibraciones acústicas durante un período prolongado, la degradación en las uniones entre las capas, así como en el núcleo de panel de abeja en sí, puede provocar una estructura de núcleo de panel de abeja en capas que haya disminuido su capacidad de aislamiento acústico.

En referencia ahora a la FIG. 29, se ilustra una realización ejemplar de un aparato configurado para la evaluación de la capacidad de actuación de estructuras compuestas. El aparato incluye una realización del sistema 100 de la presente invención montado dentro de un soporte 150 de seguridad configurado para estabilizar el instrumento 100 te percusión. El sistema 100 puede equiparse opcionalmente con un nivel 152 para ayudar a la alineación del instrumento 100 sustancialmente perpendicular a un objeto o espécimen 112 que ha de ser ensayado. En una realización ejemplar, el espécimen 112 se monta en un tornillo en ángulo 154 que tiene un accionador de tornillo 156 ajustable manualmente, permitiendo de ese modo que el espécimen 112 se mantenga en compresión durante el ensayo. En una realización modificada, el tornillo en ángulo 154 puede equiparse con agarradores de caucho para reducir las fuentes externas de ruido de vibración que podrían detectarse por el sistema 100.

Aún en referencia a la FIG. 29, el sistema 100 se conecta electrónicamente a un ordenador 164 a través de una interfaz 168 de instrumentación. En dichas realizaciones, el ordenador 164 puede incluir una pantalla 180 capaz de presentar gráficamente datos generados por el sistema 100, tal como un perfil de respuesta tiempo respecto a percusión.

El aparato de ensayo ilustrado en la FIG. 29 puede usarse para evaluar la capacidad de amortiguación de una amplia variedad de materiales. Por ejemplo, en una aplicación, este aparato puede usarse para evaluar la capacidad de amortiguación de especímenes compuestos de panel de abeja en capas. En dicha aplicación, el espécimen 112 a ser ensayado se monta en el tornillo en ángulo 154, que se aprieta usando el accionador de tornillo 156 hasta un par de aproximadamente 0,2712 N·m (2765 g cm), aunque en otras realizaciones, el espécimen 112 puede cargarse con un par diferente.

En una realización ejemplar, el instrumento de la presente invención puede detectar diferencias de amortiguación entre diferentes materiales de restauración para ayudar a elegir el material más biomemético para proteger la boca de daños de impacto, tal como actividades de desviación normales, actividad de carga repetitiva y no limitada hasta justamente eventos extraordinarios. Además, puede emplearse también para evaluar qué tipo de restauración soportada por implantes (por ejemplo, resina de compuesto CAD/CAM y pilares de circonio combinados con resina de compuesto CAD/CAM y coronas e injertos cerámicos) responderían más biomeméticamente a carga dinámica relevante fisiológicamente, pueden emplearse mediciones de coeficiente de pérdidas. Después de que el conjunto de implante/pilar/restauración pueda fabricarse con un material elegido, el instrumento de la presente invención puede posicionarse perpendicularmente al tercio coronal de la superficie bucal de cada restauración. El diente puede mantenerse en un ángulo para mantener la sonda horizontal, tal como se muestra en la FIG. 26b. Las mediciones para un objeto o espécimen 112 elegido pueden usarse para predecir el material más adecuado a ser empleado

para el implante, restauración, etc. Por ejemplo, injertos de resina de compuesto unidos a pilares de implantes de circonio pueden presentar la respuesta dinámica más biomimética a la carga cuando se comparan con dientes en una estructura simulada de soporte de hueso.

5 En otras realizaciones ejemplares, el instrumento de la presente invención puede emplearse también para ensayar la flojedad de una estructura del diente tras el trabajo dental o implante dental. Cuando una estructura de diente está solamente suelta, sin defectos o fisuras como se ha indicado anteriormente, puede tener un perfil de respuesta de tiempo respecto a percusión relativamente plana, tal como se muestra en las FIGS. 19b, d y f, o en las FIGS. 20, 20a-b cuando solo se han aflojado previamente al trabajo dental y a continuación de un movimiento ortodóntico de los dientes. Después de permitir un tiempo para que el trabajo dental se asiente y el hueso sane alrededor de la nueva estructura y el posicionamiento ortodóntico de los dientes, un perfil normal bien conformado se muestra en las FIGS. 20c-e. Con otra realización ejemplar, la presente invención puede usarse por ortodontistas para medir la estabilidad de los dientes después del movimiento ortodóntico.

15 Además, perfiles bajos o planos con picos anormales o múltiples, tal como se muestra en las FIGS. 21b y 22a, pueden corresponder a movilidad extrema y un fallo de grieta estructural, que indique que el diente puede no ser restaurable.

20 En cualquiera de las mediciones anteriormente mencionadas, el manguito 108 de la presente invención puede ajustarse para otras piezas manuales comercialmente disponibles que no están adaptadas para el contacto con un objeto bajo medición, de modo que puedan alcanzarse también las ventajas de la presente invención. Puede usarse cualquier manera adecuada de fijación del manguito 108 a las piezas manuales disponibles para modificar las piezas manuales.

Como se ha hecho notar, en algunas realizaciones, el manguito 108 y/o partes de la carcasa 132 pueden incluir recubrimientos capaces de eliminar, impedir, retardar o minimizar el crecimiento de microbios, minimizando así el uso de procesos de autoclave a alta temperatura o productos químicos fuertes y puede incrementar la clase y número de materiales útiles como sustratos para la realización de dichas herramientas o instrumentos.

25 Los recubrimientos pueden incluir materiales o compuestos químicos antimicrobianos que sean capaces de ser unidos sustancialmente de modo permanente, al menos durante un período tal como la vida útil del manguito 108, o mantener sus efectos antimicrobianos cuando se recubren con la ayuda de agentes de recubrimiento, sobre las superficies expuestas del manguito 108. En un ejemplo, los productos químicos pueden depositarse sobre la superficie del manguito 108 mediante enlace o enlaces covalentes.

30 En otras realizaciones, los recubrimientos pueden incluir materiales o compuestos antimicrobianos químicos que pueden depositarse de una manera no permanente de modo que puedan disolverse, filtrarse o proporcionarse de otra forma sustancias antimicrobianas útiles a un campo; tal como la boca, durante el uso.

35 En otras realizaciones más, los recubrimientos pueden incluir fuentes de agentes antimicrobianos que pueden filtrarse y/o liberar agentes en un entorno húmedo o tras contacto con humedad. Estas fuentes pueden incorporarse dentro de materiales del sustrato usados para la fabricación del manguito, o incluirse en los recubrimientos depositados sobre las superficies expuestas del manguito 108. La incorporación de las fuentes es especialmente adecuada para sustratos poliméricos.

40 Los materiales o compuestos antimicrobianos químicos pueden incluir una variedad de sustancias que incluyen, pero sin limitarse a, antibióticos, antimicóticos, agentes antimicrobianos generales, materiales que generan iones metálicos, o cualesquiera otros materiales capaces de generar un efecto antimicrobiano. Los materiales o compuestos antimicrobianos químicos pueden seleccionarse también para, por ejemplo, minimizar cualquier efecto adverso o incomodidad al paciente.

El compuesto antimicrobiano puede incluir, pero sin limitarse a, antibióticos, cationes de amonio cuaternario, una fuente de iones metálicos, triclosán, clorhexidina, y/o cualquier otro compuesto apropiado o mezclas de los mismos.

45 En otras realizaciones más, la actividad antimicrobiana puede conseguirse mediante la utilización de las propiedades antimicrobianas de diversos metales, especialmente metales de transición que tienen poco o ningún efecto sobre los seres humanos. Los ejemplos pueden incluir fuentes de iones de plata libre, que pueden destacar por sus efectos antimicrobianos y pocos efectos biológicos sobre seres humanos. La actividad antimicrobiana del ion metálico puede crearse mediante una variedad de procedimientos que pueden incluir, por ejemplo, la mezcla de una fuente de un ion metálico con el material de un instrumento dental durante la fabricación, recubrimiento de la superficie mediante procedimientos tales como deposición por plasma, complicando en líneas generales la estructura de ion metálico mediante la afectación de la superficie del instrumento dental para formar lugares de afinidad o enlace mediante procedimientos tales como grabado o descarga coronal, y depósito de un metal sobre la superficie por medios tales como electroplateado, fotorreducción y precipitación. La superficie del manguito 108 puede liberar entonces lentamente iones metálicos libres durante su uso que pueden producir un efecto antimicrobiano.

55 En algunas realizaciones, la fuente de iones metálicos puede ser una resina de intercambio de iones. Las resinas de intercambio de iones son sustancias que transportan iones en lugares de enlace sobre las superficies del material.

Las resinas de intercambio de iones pueden impregnarse con especies de iones particulares para las que tienen una afinidad dada. La resina de intercambio de iones puede colocarse en un ambiente que contenga diferentes especies de iones para las que ha generado mayor afinidad, provocando que los iones impregnados se filtren al ambiente, siendo sustituidos por las especies de iones originalmente presentes en el entorno.

- 5 En una realización, un manguito puede incluir una resina de intercambio de iones que contiene una fuente de iones metálicos, tal como, por ejemplo, plata. Las resinas de intercambio de iones que contienen fuentes de iones metálicos pueden incluir, por ejemplo, Alphasan® (Milliken Chemical), que es una resina de intercambio de iones cerámica basada en fosfato de circonio que contiene plata. Una resina de intercambio de iones puede recubrirse sobre el manguito 108 o puede incorporarse dentro del material del manguito 108.
- 10 En otra realización más, el manguito 108 puede fabricarse de materiales de plantas naturales, recubrimientos de materiales naturales o mezclas de los mismos, que tienen efectos antimicrobianos inherentes. Dichos materiales incluyen materiales como el bambú, que se cree posee una actividad antimicrobiana debido a algún novedoso péptido de unión a quitina.

### Ejemplos

#### 15 **Ejemplos 1: Estudios in vitro de densidad ósea**

Los implantes usados para este estudio fueron cuatro geometrías de implante de titanio roscado de:

- 1 y 2: Nobel Biocare (recubierto con TiO<sub>2</sub>, de 13 mm de largo): Branemark Mark IV (diámetro máx. 4 mm); sustitución seleccionada cónica (diámetro máx. 4,3 mm);
- 20 3 y 4. Dentsply (13 mm de largo, diámetro máx. de 5,5 mm); Frialit-2 (diseño escalonado); XIVE (diseñado para carga intermedia).

Procedimientos:

- Se fabricaron bloques de espuma de 2,5 x 2,5 x 4 cm. Los implantes se colocaron “quirúrgicamente” por los fabricantes. Los orificios se taladraron manualmente en el bloque de hueso simulado, a continuación se colocaron los implantes con una llave de par. Se fijaron pilares de ensayo a los implantes y los bloques colocados en un tornillo con desplazamiento de montaje consistente. Se realizaron tres mediciones (30 percusiones) para cada espécimen.
- 25 Los resultados del ensayo se muestran en las FIGS. 10 y 10a para 1 y 2; y 11 y 11a para 3 y 4. Estas muestras habrían producido gráficos similares, ajustándolos con ligeras diferencias por los materiales en sí. Sin embargo, los gráficos mostraron diferencias, incluso aunque los objetos se prepararon idénticamente, pero con diferentes operadores o el mismo operador usando una ligera variación en la técnica, por ejemplo, podrían haberse taladrado orificios de diferente tamaño para el montaje del objeto. Estas diferencias fueron recogidas por el instrumento, mostrando la diferencia en los gráficos, que muestran que las diferencias en el entorno circundante fueron rebeladas por el instrumento de la presente invención.
- 30

#### **Ejemplo 2: Evaluación de la importancia de la carga de percusión bucal**

- La carga de percusión bucal, como se ha mencionado anteriormente, es típicamente la más peligrosa forma de carga. En general, la carga oclusal induce relativamente pocas tensiones. El movimiento de trabajo y/o no trabajo produce cargas laterales e induce tensiones mucho más altas que pueden generar una elevada concentración de tensión en las superficies externa e interna y margen inferior. Por ello, una realización de la presente invención se usó para realizar el ensayo a continuación.
- 35

Procedimiento:

- 40 Se realizaron mediciones usando el sistema de la presente invención, con cargas tales como las mostradas en la FIG. 12. Se usó en general la carga del instrumento de una fuerza máxima de 1-15 newtones, con cargas máximas elegidas dependiendo del objeto o espécimen. La barra de golpeteo flotó libremente. Se controló la energía cinética. La velocidad de impacto fue de 60 mm/s.

- El instrumento de la presente invención se colocó sobre el objeto, como se representa en la FIG. 26b. Usando los cálculos representados en la FIG. 13, la barra de golpeteo tenía una masa de 8 gramos. La energía de entrada, U, fue de 0,5 mv<sup>2</sup>, es decir, la energía cinética de la barra de golpeteo. Se usó la fuerza máxima (F) para determinar la energía disipada (D). La desaceleración, a, se midió y se calculó la energía devuelta, ER=U-D. La respuesta dinámica medida tras el impacto del objeto con el instrumento de la presente invención se realizó y representó en la FIG. 16. Se produjeron los gráficos de respuesta de coeficientes de pérdida y retorno de energía respecto a percusión usando las ecuaciones representadas en las FIGS. 14 y 15. Los gráficos resultantes, como se muestra en la FIG. 16b, representan lo que es normal y anormal. Para la estructura normal, se obtuvo un gráfico suave, casi bien conformado. Para una estructura anormal, que podría tener cualquiera de los defectos o fisuras, como se ha hecho notar anteriormente, se generó un gráfico irregular.
- 45
- 50

**Ejemplo 3: Análisis por Elementos Finitos**

Este procedimiento de análisis implicó el uso de modelos numéricos para simular el ensayo real usando el sistema y procedimiento de la presente invención.

5 Se usaron estructuras en capas en el presente experimento, una estructura sin ningún defecto en la capa de compuesto laminada (FIG. 24) y una con un defecto en el centro de la capa laminada de compuesto (FIG. 24b).

10 La FIG. 23 midió el tiempo de residencia de la barra de golpeteo contra un objeto. Se usó una barra de vidrio o cilindro para simular una estructura de diente para la medición mostrada en la FIG. 23. El gráfico de la FIG. 23 mostró las posiciones relativas de la barra de golpeteo y barra de vidrio con el tiempo. Cuando la barra de golpeteo golpeó la superficie de la barra de vidrio, sus posiciones respectivas coinciden en el inicio. Según progresa el tiempo, la barra de golpeteo se mueve gradualmente a separarse de la superficie de la barra de vidrio y a 250  $\mu$ s, se separaron, indicando el tiempo de residencia de la barra de golpeteo sobre la superficie que es de 250  $\mu$ s.

15 Usando este tiempo de residencia, se realizó un análisis sobre las placas de compuesto de las FIGS. 24 y 24b. Los resultados se muestran en las FIGS. 24a y 24c, respectivamente. El gráfico de la FIG. 24c confirmó el efecto de las capas de compuesto, una deslaminación de las capas en la estructura de compuesto. Se realizó una medición repetida y los resultados se muestran en las FIGS. 25 y 25a. Por ello, puede usarse el análisis para simular el sistema y procedimiento de la presente invención.

**Ejemplo 4: Para valorar el Coeficiente de pérdidas para la determinación del material más biomeméticamente compatible para su uso en implantes, restauraciones, etc.**

20 Para evaluar el coeficiente de pérdidas de dientes humanos extraídos y evaluar qué tipo de restauración soportada por implantes (resina de compuesto CAD/CAM y pilares de circonio combinados con resina de compuesto CAD/CAM e injertos y coronas cerámicas) respondería más biomeméticamente a cargas dinámicas relevantes fisiológicamente, se usó el instrumento de la presente invención, tal como se muestra en la FIG. 27b para medir el coeficiente de pérdidas (LC) de algunos materiales. Los materiales más adecuados generaron gráficas bien conformadas similares al gráfico superior de la FIG. 16b, mientras que los materiales menos adecuados generaron gráficos irregulares similares al del gráfico inferior de la FIG. 16b o demostraron un valor de LC que fue muy inferior al que se halló en un diente natural, facilitando así la elección de materiales previamente a la restauración sin tener que basarse en prueba y error, que puede requerir tiempo y es costoso si se indica el retratamiento, mientras se expone a los pacientes a incomodidades y peligros potenciales de recibir más daños.

**Ejemplo 5: Sensibilidad y precisión del instrumento de la presente invención para medir fisuras, defectos, etc.**

30 Se usaron en este estudio dientes humanos reales dentro de la boca. La información de las FIGS. 17 y 17a-h se generó sobre el mismo diente. Las FIGS. 17 y 17a muestran radiografías de un diente de paciente que no muestra patología. La FIG. 17b muestra una imagen de una restauración de aleación antigua que tampoco muestra ninguna patología. De ese modo las radiografías y la inspección visual mostraron ambas que el diente era normal, es decir, sin defectos o fisuras. Basándose en estos procedimientos de ensayo usuales, se esperaba un perfil o gráfico de respuesta de tiempo respecto a percusión simétrico o bien conformado (o uno similar a la curva sombreada ligera en la FIG. 17c, calculada basándose en la fórmula de las FIGS. 13, 14 y 15).

35 Sin embargo, en el mismo día, se realizó un gráfico de respuesta de tiempo respecto a percusión usando el instrumento de la presente invención tal como se muestra en las FIGS. 1 y 16, usando el manguito con una pestaña, tal como se muestra en la FIG. 27d. La FIG. 17c mostró que el mismo diente que en las FIGS. 17 y 17a, mostró un gráfico de respuesta de tiempo respecto a retorno de energía de percusión anormal indicando alguna anomalía. El gráfico anormal indicó que el diente tenía fisuras en diferentes lugares dentro de la estructura del empaste antiguo, tal como se indicó por las flechas en la FIG. 17c, con una curva asimétrica o no bien conformada. Se realizaron numerosas mediciones y todas ellas mostraron la misma forma irregular, así como la reproducibilidad de las mediciones. Por ello, el instrumento de la presente invención fue capaz de detectar cualquier anomalía. Los picos secundarios anormales que se indican por flechas en la FIG. 17f, también muestran fisuras.

40 La FIG. 17d muestra una imagen del mismo diente que la FIG. 17 durante la retirada del empaste de aleación antigua, mostrando una fisura significativa en el empaste de aleación que había desarrollado microfiltraciones y una caries extendida por debajo del empaste. El empaste de aleación fracturado se filtró y permitió que se desarrollara caries bajo el viejo empaste. Esto confirmó la anomalía detectada por el instrumento de la presente invención.

45 Las FIGS. 17e y 17f muestran el mismo gráfico de respuesta de tiempo de pretratamiento respecto a percusión para la retirada de la aleación. La investigación mostró que las mediciones de la fisura fueron reproducibles, tal como se muestra en las FIGS. 17e-f.

50 La FIG. 17g muestra el gráfico de respuesta de tiempo respecto a percusión tomado en el mismo día que la FIG. 17e después de que se eliminaran la vieja aleación y caries y se colocara una nueva restauración de compuesto bien sellada. El gráfico de respuesta de tiempo respecto a percusión del diente fue de nuevo normal.

55

La FIG. 17h muestra la nueva restauración de compuesto que se ensayó como normal en la FIG. 17g después de que se sustituyera la vieja restauración de aleación anteriormente en el día. El drama de este ejemplo fue que el perfil de retorno de energía de las FIGS. 17f y 17g fueron para el mismo diente en el mismo día, siendo la diferencia que el empaste antiguo y caries se eliminó y se colocó la nueva restauración de compuesto unido, que fue la foto 17h.

Este experimento se repitió con otro diente. Los resultados se muestran en las FIGS. 18, 18a-f. La FIG. 18 mostró un diente sin ninguna patología mostrada en una radiografía. La FIG. 18a muestra un gráfico de respuesta tiempo respecto a percusión anormal para el diente mostrado en la FIG. 18 radiografiado. La FIG. 18b es una fotografía del diente evaluado en las FIGS. 18 y 18a no mostrando ninguna patología significativa tras inspección visual. Sin embargo, tras la retirada del empaste, estaba presente una profunda caries y microfiltraciones bajo el viejo empaste. Las FIGS. 18c y 18d y el mismo gráfico repetido mostraron el defecto previamente a la retirada de la vieja aleación. La FIG. 18e muestra un ERG normal para el mismo diente después de que se completó la restauración final. La FIG. 18f muestra el mismo diente mostrado en 18b con la nueva restauración que fue ensayada normalmente. Esto indicó de nuevo la precisión del instrumento de la presente invención.

Además, como se ha mencionado anteriormente, el sistema de la presente invención puede usarse también para detectar flojedad de una estructura de diente directamente tras el trabajo dental. Las FIGS. 19-19g muestran radiografías de pretratamiento y gráficos de respuesta tiempo respecto a percusión para tres diferentes dientes anteriores superiores.

Las FIGS. 19, 19a, c, e y g muestran nuevo trabajo dental con nuevos empastes, es decir, los puntos blancos representan empastes y una corona de oro. Los gráficos producidos con una realización del instrumento de la presente invención fueron normales, es decir simétricos, pero bajos, tal como se muestra en las FIGS. 19b, d y f, y la FIG. 20. El diente estaba suelto y no estable debido a que el paciente completó recientemente un movimiento ortodóntico de sus dientes, aunque estructuralmente sano.

Las FIGS. 20, 20a y 20b también muestran las curvas de respuesta de tiempo respecto a energía de retorno de percusión de dientes que estaban sueltos previamente al tratamiento. Las FIGS. 20c, 20d, 20e fueron gráficos de respuesta de tiempo respecto a percusión tras la restauración para los mismos dientes. La FIG. 20f muestra la foto final de los dientes restaurados y estructuralmente normales. Los gráficos fueron más altos en este caso debido a que los dientes estaban más estables en el hueso tras el tratamiento. El hueso había sido capaz de remodelarse posteriormente al tratamiento ortodóntico. Por ello, tras permitir un tiempo para que se asentara el trabajo dental y la estructura del diente se fijara más firmemente, resultó un perfil normal bien conformado con perfiles más altos.

Por otro lado, cuando se produjeron perfiles bajos o planos con picos anormales o múltiples, tal como se muestra en las FIGS. 21b y 22a, la extrema movilidad y fallo de grieta estructural fueron indicativos del hecho de que el diente no era restaurable. Las FIGS. 21 y 21a son rayos X del diente usado en la FIG. 21b, mostrando múltiples empastes en la FIG. 22 que muestran la caries extendida y profunda bajo esta vieja corona, profunda en la estructura de la raíz y este diente necesitó una extracción debido a una caries terminal extensiva. La FIG. 22a muestra el perfil tiempo energía realizado usando el sistema de la presente invención del mismo diente, mostrando una anomalía extrema en forma y altura.

Habiendo descrito la invención por las descripciones e ilustraciones anteriores, debería entenderse que estas son ejemplares de la invención y no han de ser consideradas como limitativas. En consecuencia, la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de determinación de características estructurales de un objeto que comprende:
  - una carcasa (132) de pieza manual con un extremo abierto y un eje longitudinal;
  - una herramienta de aplicación de energía montada en el interior de la carcasa para movimiento axial a lo largo del eje longitudinal de la carcasa, teniendo dicha herramienta de aplicación de energía una forma retraída y una forma extendida;
  - un manguito (108) que sobresale desde el extremo abierto (132a) de la carcasa en una distancia, adaptado dicho manguito para el contacto con dicho objeto con al menos una parte de su extremo abierto,
  - una pestaña (110) que se extiende desde una parte del manguito sustancialmente paralela al eje longitudinal de la carcasa y con un objeto en contacto superficial sustancialmente perpendicular a la parte de contacto del objeto del extremo abierto del manguito,
  - un mecanismo de accionamiento soportado en el interior de la carcasa, adaptado dicho mecanismo de accionamiento para el movimiento de la herramienta de aplicación de energía entre la forma retraída y extendida, en el que dicho mecanismo de accionamiento comprende un dispositivo de medición y/o detección posicionado dentro de dicha pieza de mano adaptada para la medición y/o detección del desplazamiento de la herramienta de aplicación de energía o la respuesta del objeto tras la aplicación de energía.
2. El dispositivo de la reivindicación 1 en el que dicho objeto comprende un objeto anatómico, un objeto industrial o físico, o combinaciones de los mismos.
3. El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, en el que dicho manguito (108) comprende un material amortiguador de vibraciones, un material amortiguador acústico, un material con un recubrimiento atenuador de la vibración, o combinaciones de los mismos.
4. El dispositivo de la reivindicación 1, 2 o 3, en el que dicha pestaña (110) comprende una característica (111) con una superficie sustancialmente ortogonal a la superficie de contacto del objeto de la pestaña (110), adaptada para ayuda adicional en el posicionamiento del dispositivo sobre el objeto.
5. El dispositivo de la reivindicación 1, 2, 3 o 4 en el que dicho dispositivo de medición y/o detección comprende un sensor de fuerza piezoeléctrico o un transformador diferencial variable lineal.
6. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que dicho manguito (108) comprende un recubrimiento antimicrobiano o un material con propiedades antimicrobianas.
7. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que dicho manguito (108) es extraíble.
8. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-7 en el que dicho manguito (108) y pestaña (110) son desechables o esterilizables.
9. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-8 en el que dicho mecanismo de detección se configura para detectar la respuesta de tiempo respecto a percusión reflejada desde el objeto o el desplazamiento de la herramienta de aplicación de energía a lo largo de un periodo de tiempo discreto después de que la herramienta de aplicación de energía impacte en el objeto.
10. Un sistema de determinación de características estructurales de un objeto, que comprende: un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1; y un ordenador acoplado a dicha pieza de mano adaptado para la determinación de características estructurales del objeto.
11. El sistema de la reivindicación 10, en el que dichas características estructurales del objeto comprenden densidades; densidades de hueso o un nivel de integración ósea; defectos, inherentes o en otra forma; fisuras, fracturas, microfracturas, microfisuras; pérdida de sellado de cemento; fallo del cementado; fallo de unión; microfiltraciones; lesiones; caries; fallo de cementado; fallo de unión; amortiguación de vibración; amortiguación acústica; deslaminación; o combinaciones de los mismos de dicho objeto o una base a la que dicho objeto se fija.
12. El sistema de la reivindicación 10, en el que dichas características estructurales comprenden información como la localización de defectos, inherentes o en otra forma, fisuras, fracturas, microfracturas, microfisuras, microfiltraciones, lesiones, caries, deslaminación; información sobre la compatibilidad o idoneidad de un material para su uso en trabajos dentales previamente al trabajo real; determinación de si una estructura de diente es restaurable antes del trabajo real; información de si un procedimiento de restauración tiene éxito; información sobre cuándo la estructura del diente que se sometió a cualquier procedimiento ha sido remodelada; información sobre la flojedad de la estructura del diente antes y después del trabajo dental; o combinaciones de los mismos.
13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 10-12 en el que dicho mecanismo de detección se configura para detectar energía, fuerza, tensión o aceleración reflejada desde el objeto o el desplazamiento de la herramienta de aplicación de energía a lo largo de un período de tiempo discreto después de que la herramienta de aplicación de

energía impacte en el objeto.

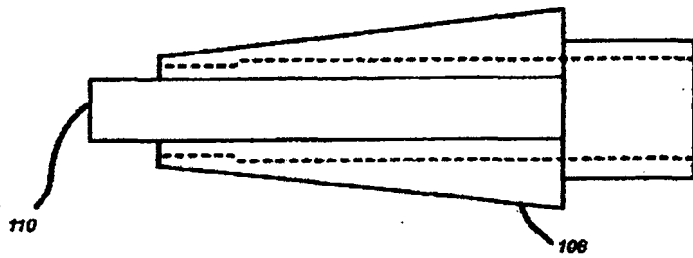
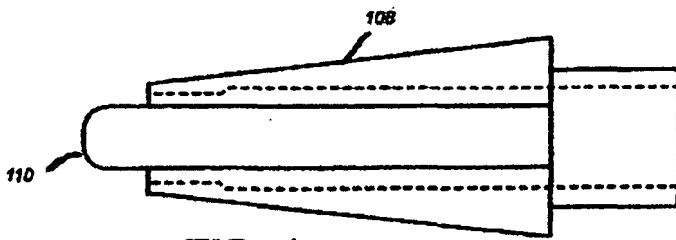
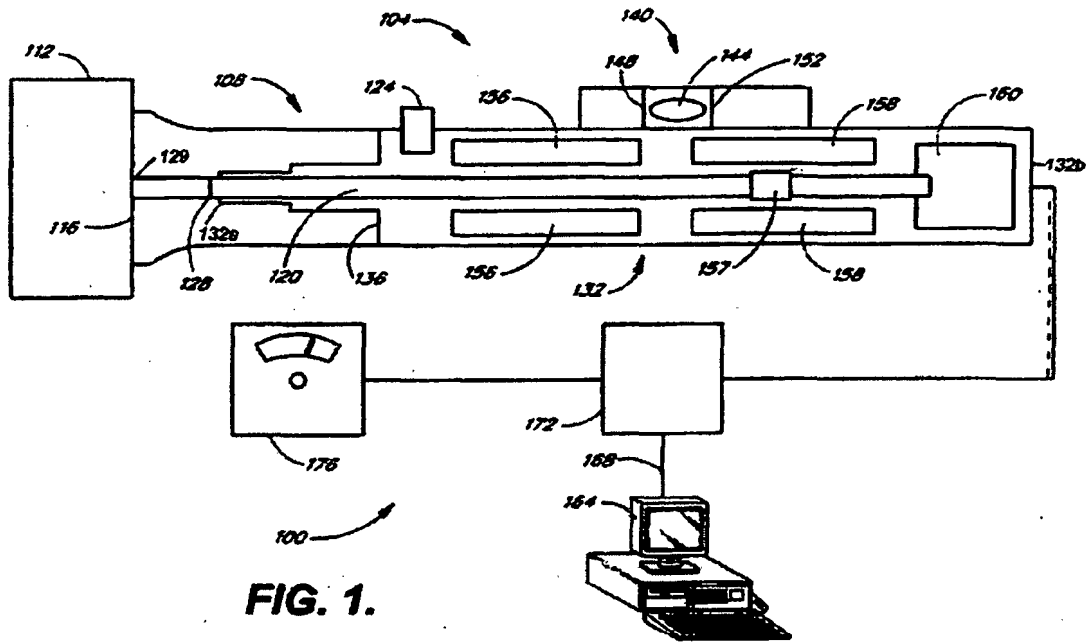
14. Un procedimiento de determinación de características estructurales de un objeto, que comprende:

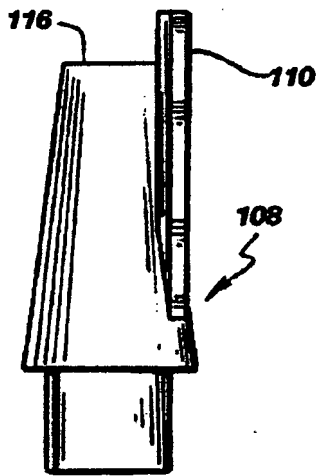
- 5 colocar un manguito que tenga una pestaña extendida desde el mismo de un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 directamente contra un objeto, manteniendo dicha pestaña y dicho manguito contra diferentes superficies del objeto que son sustancialmente perpendiculares entre sí;
- 10 aplicar energía a dicho objeto con la herramienta de aplicación de energía de dicho dispositivo;
- medir y registrar durante un intervalo de tiempo, la energía reflejada desde el objeto o el desplazamiento de la herramienta de aplicación de energía como resultado de la aplicación de energía;
- 15 crear un perfil de respuesta de tiempo respecto a percusión de la respuesta reflejada desde el objeto o el desplazamiento de la herramienta de aplicación de energía en función del tiempo; y
- evaluar una forma del perfil de respuesta de tiempo respecto a percusión para realizar una determinación en relación a las características estructurales del objeto.

15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que la forma de dicho perfil de respuesta de tiempo respecto a percusión es simétrica, asimétrica, compleja, de picos múltiples, o irregular.

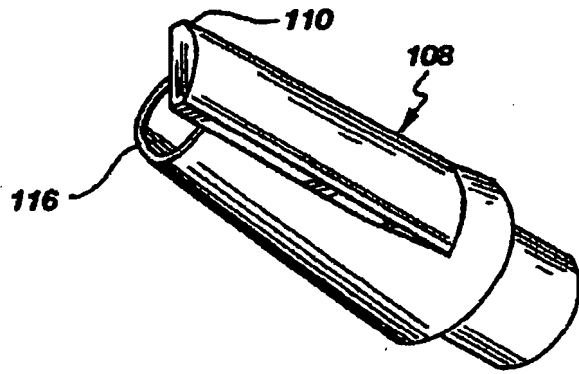
15



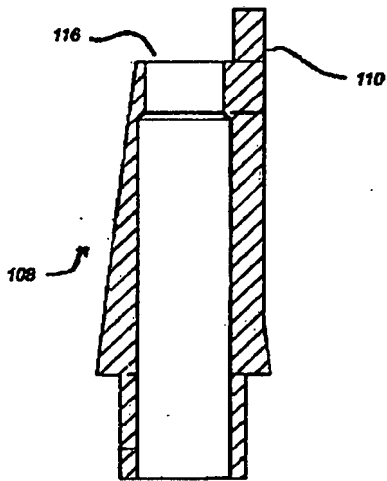




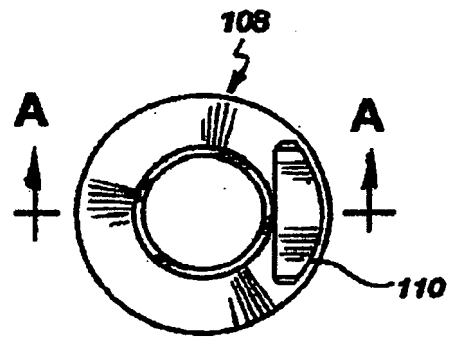
**FIG. 2a.**



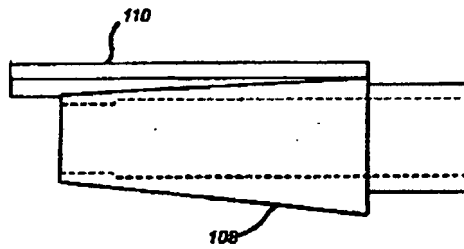
**FIG. 2b.**



**FIG. 2c.**



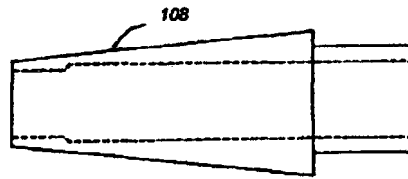
**FIG. 2d.**



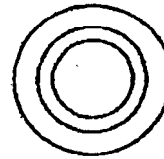
**FIG. 2e.**



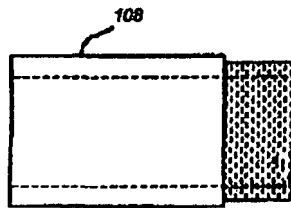
**FIG. 3.**



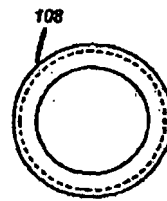
**FIG. 3a.**



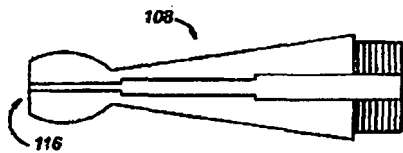
**FIG. 3d.**



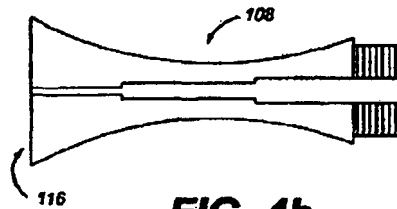
**FIG. 3b.**



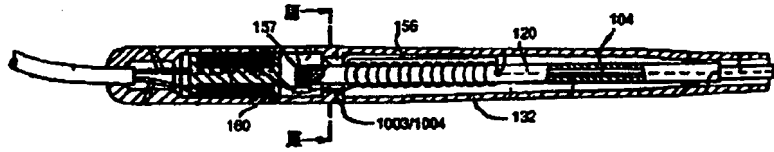
**FIG. 3c.**



**FIG. 4a.**



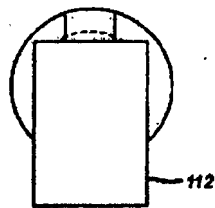
**FIG. 4b.**



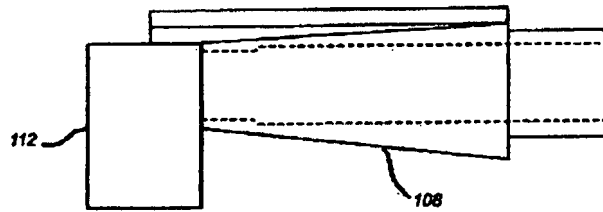
**FIG. 5.**



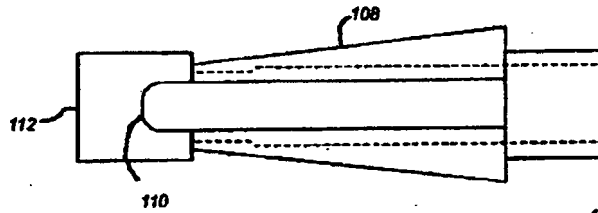
**FIG. 6.**



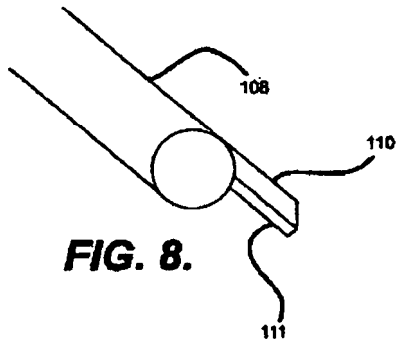
**FIG. 7c.**



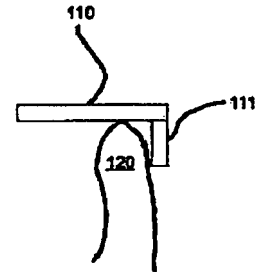
**FIG. 7a.**



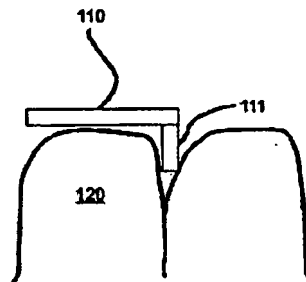
**FIG. 7b.**



**FIG. 8.**



**FIG. 8b.**



**FIG. 8a.**

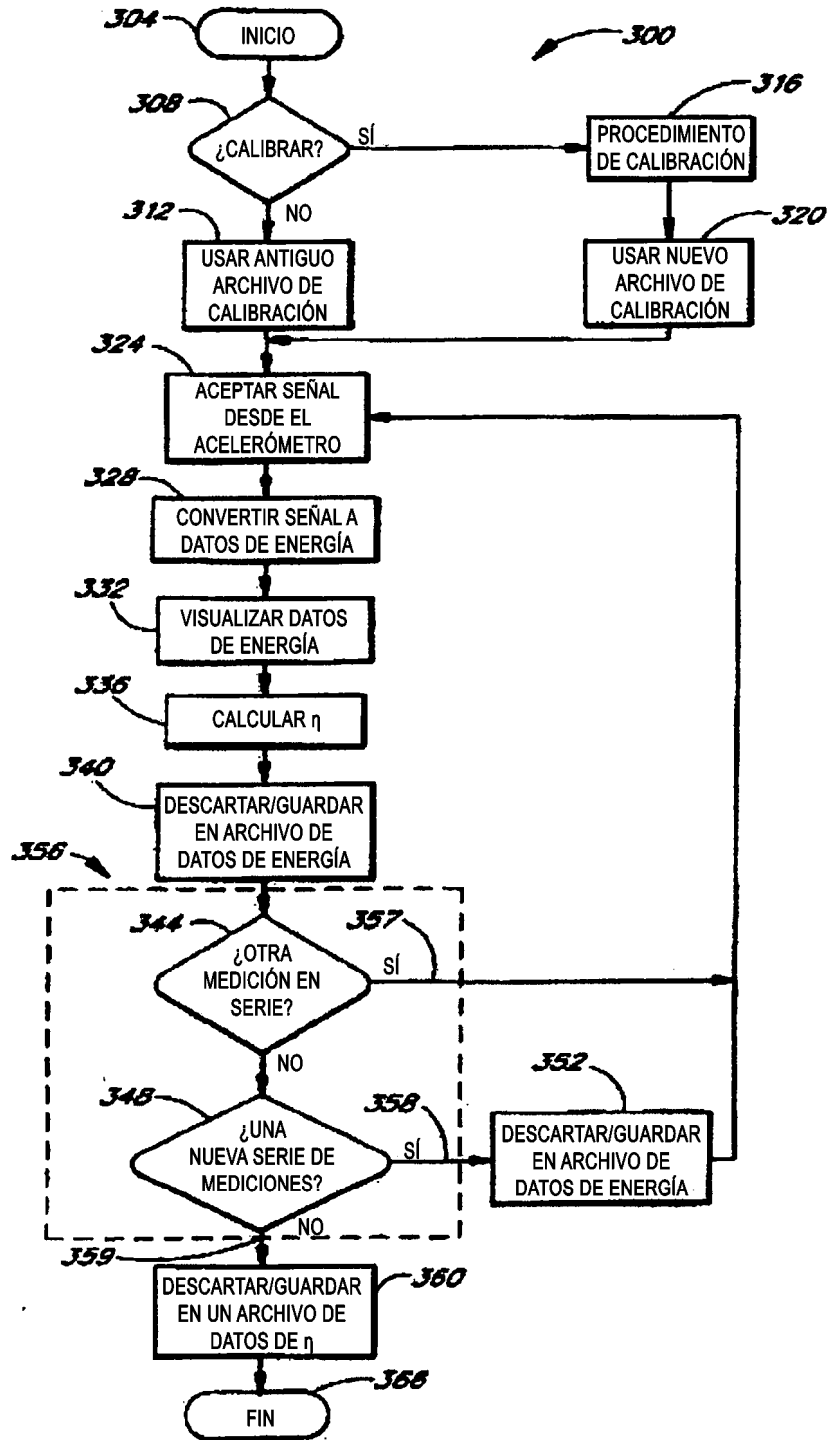
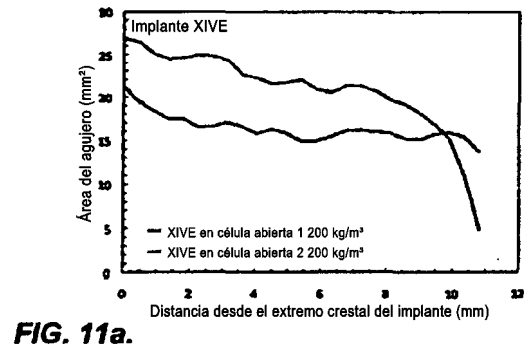
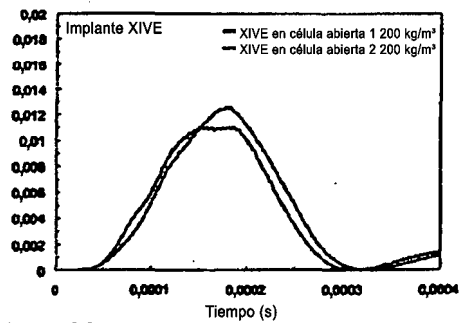
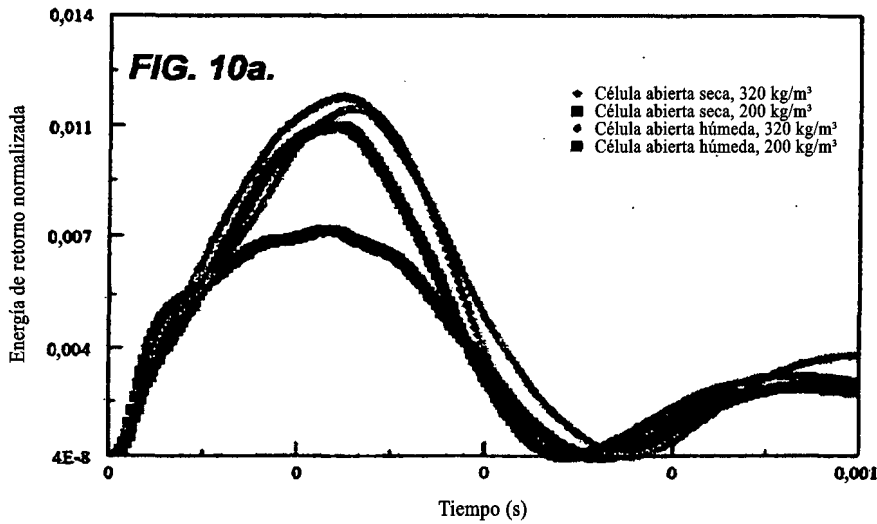
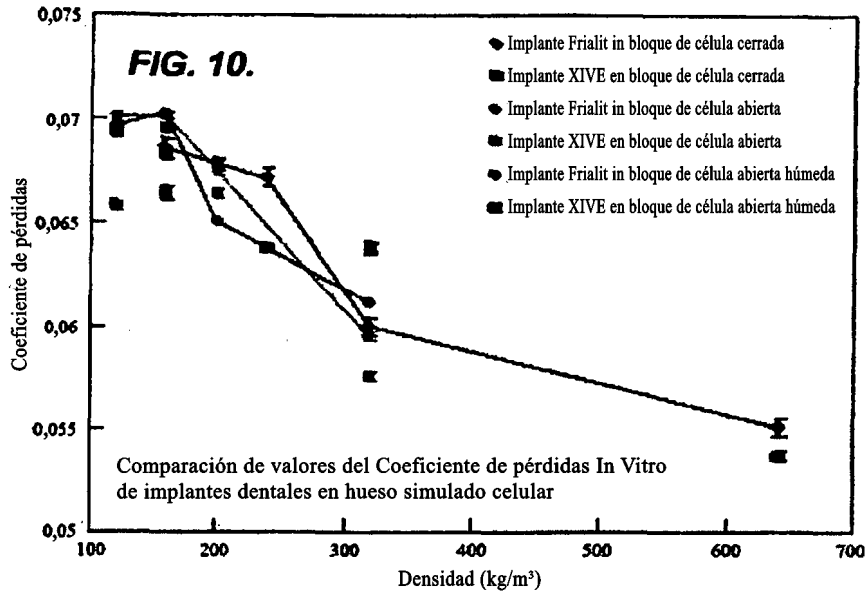


FIG. 9.



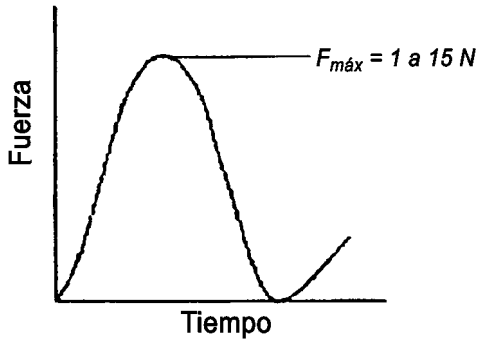


FIG. 12.

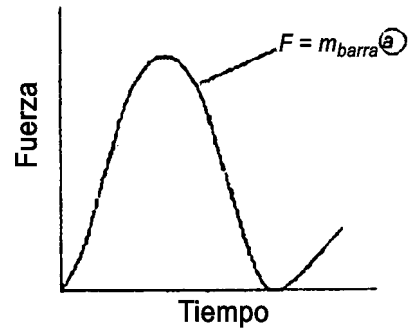
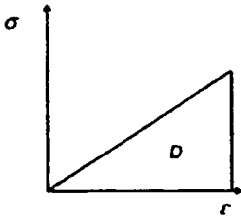


FIG. 13.



$$\circ D = \frac{-\pi \sigma^2}{E_{\text{pérdida}}} = \frac{-\pi F^2}{E_{\text{pérdida}} A_{\text{barra}}} = \frac{-\pi (m_{\text{barra}} a)^2}{E_{\text{pérdida}} A_{\text{barra}}} = -C_1 a^2$$

$$\circ E_{\text{pérdida}} \cdot A_{\text{barra}} \cdot m_{\text{barra}} \cong \text{constantes}$$

$$\circ D_{\text{int}} = D - D_{\text{ext}} \\ \Rightarrow D_{\text{int}} = C_1 a^2 - D_{\text{ext}} \cong -C_2 - C_1 a^2$$

FIG. 14.

Coeficiente de pérdidas:  $\eta = \frac{E_{\text{pérdida}}}{E_{\text{elástica}}} = \frac{D_{\text{int}}}{2\pi U} = -C'_2 - C'_1 a^2$

FIG. 15.

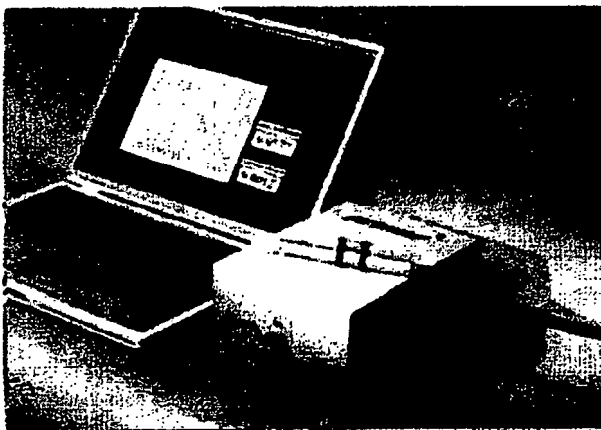


FIG. 16.

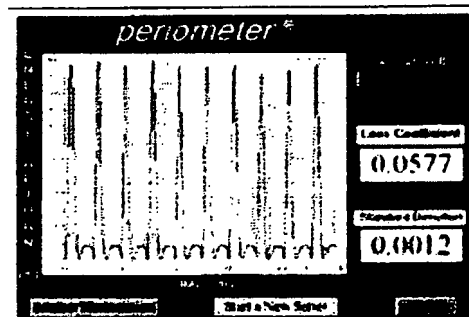


FIG. 16a.

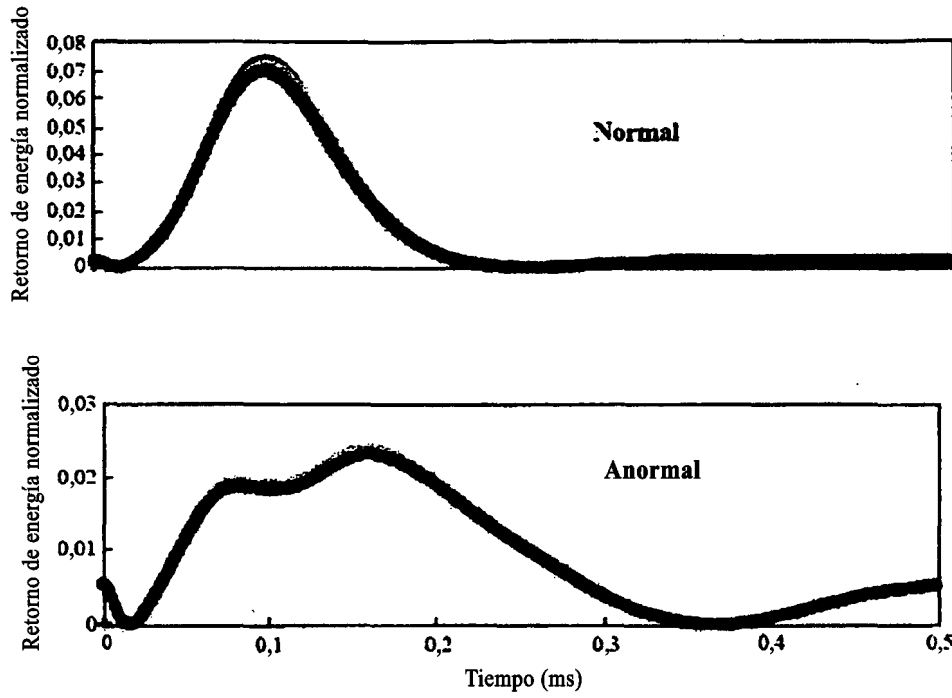


FIG. 16b.

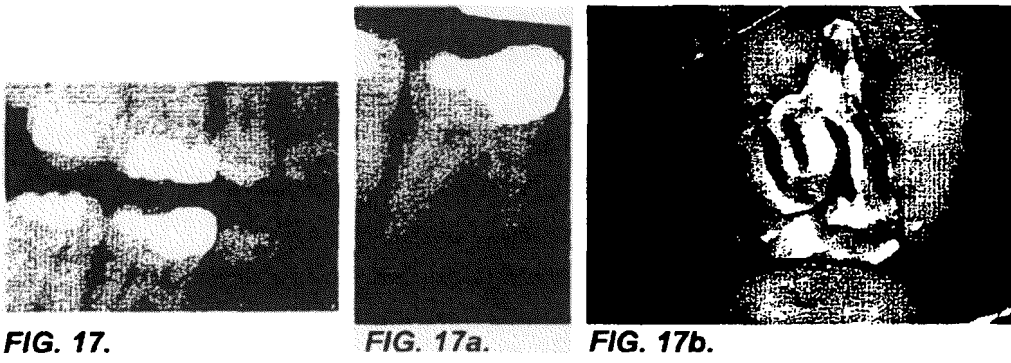


FIG. 17.

FIG. 17a.

FIG. 17b.

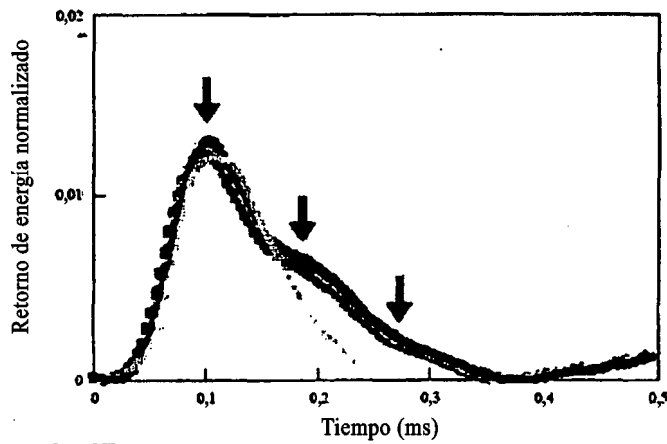


FIG. 17c.

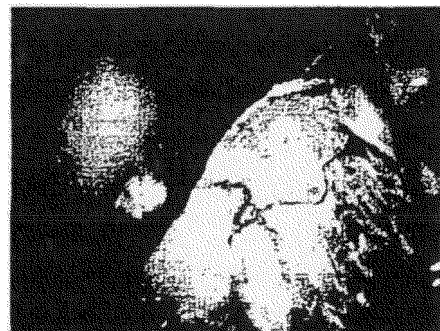


FIG. 17d.



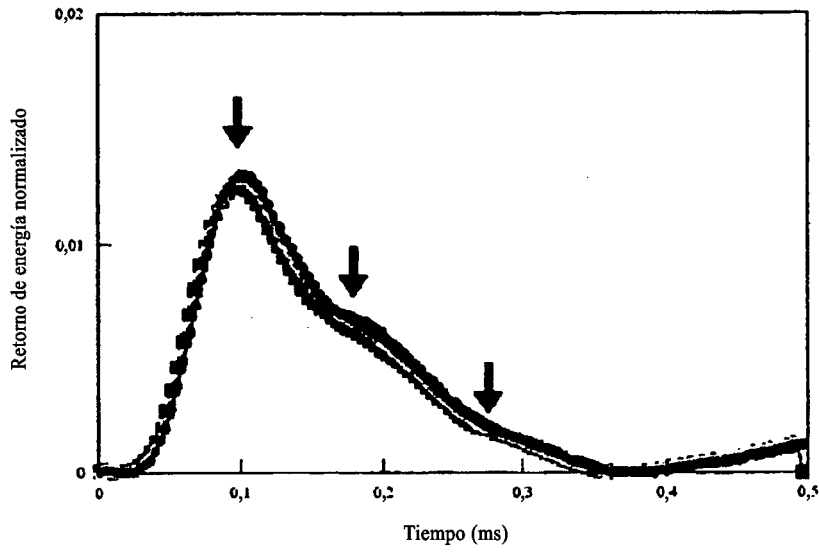


FIG. 17e.

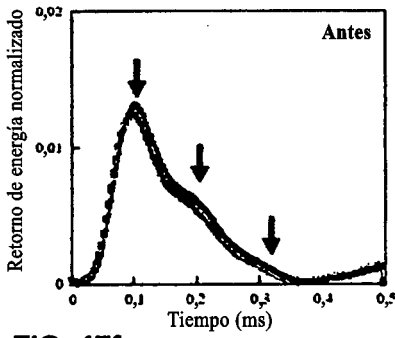


FIG. 17f.

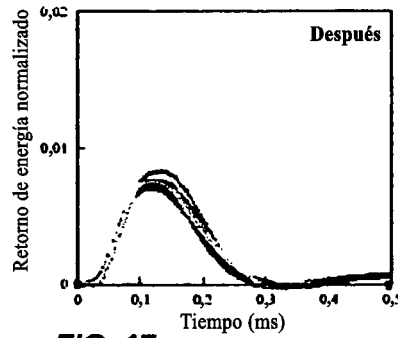


FIG. 17g.



FIG. 17h.



FIG. 18.

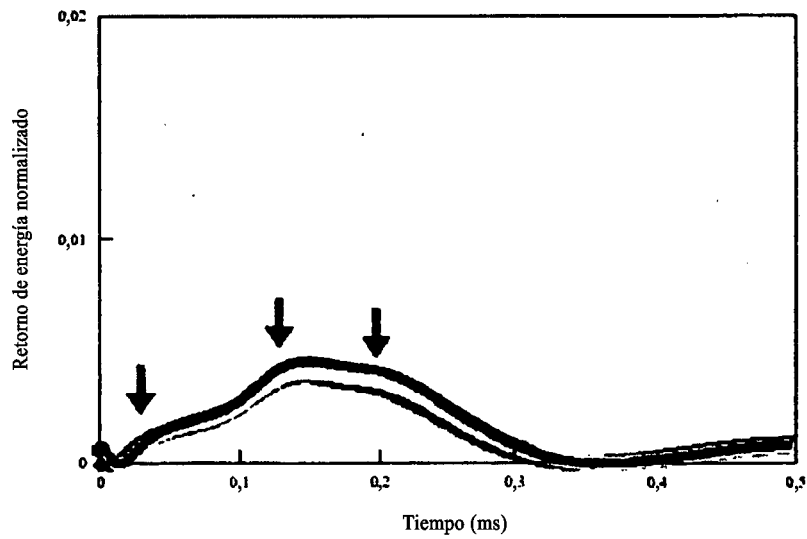


FIG. 18a.



FIG. 18b.

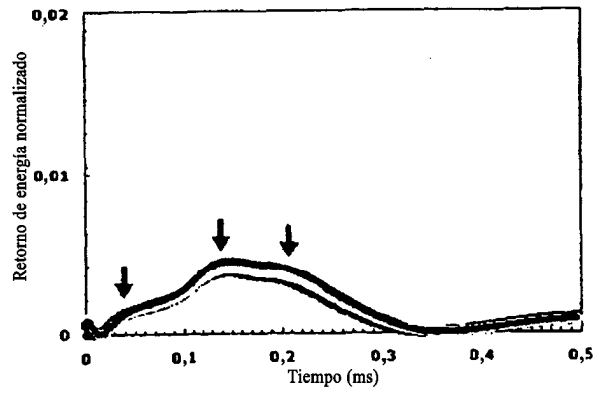


FIG. 18c.

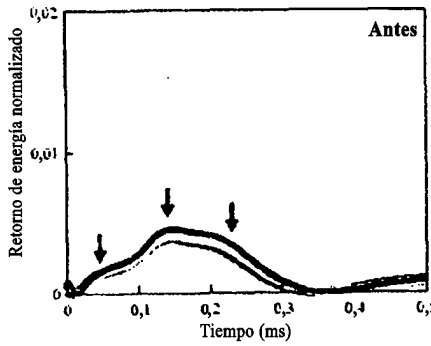


FIG. 18d.

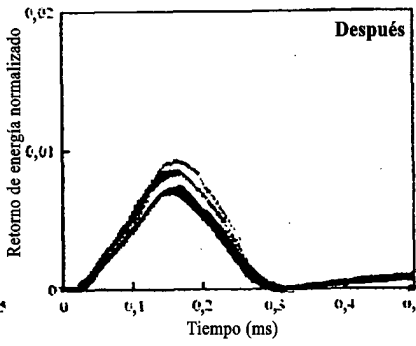


FIG. 18e.



FIG. 18f.

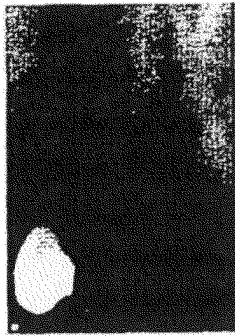


FIG. 19.



FIG. 19a.

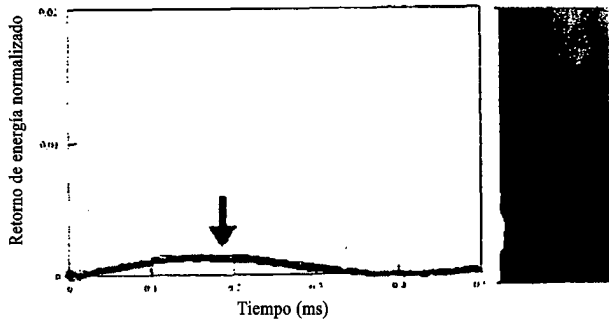


FIG. 19b.

FIG. 19c.

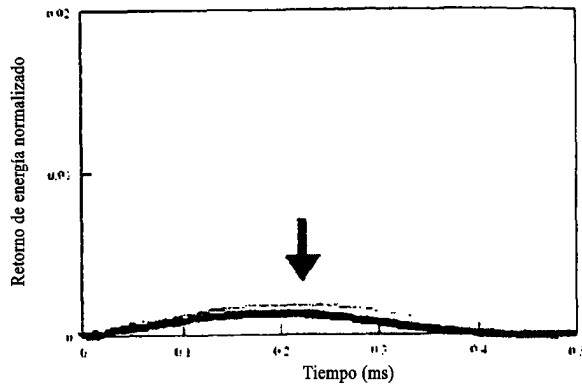


FIG. 19d.



FIG. 19e.

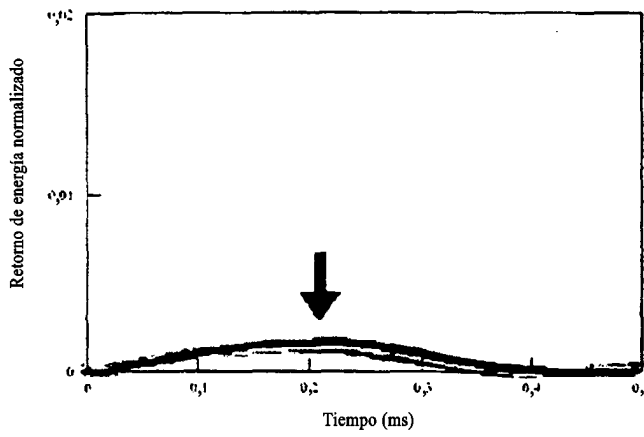


FIG. 19f.



FIG. 19g.

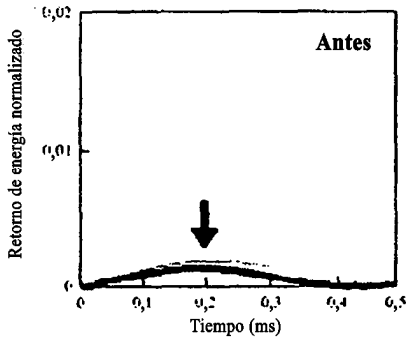


FIG. 20.

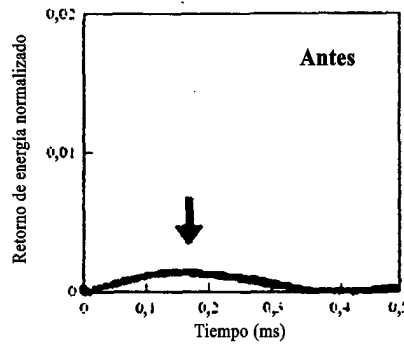


FIG. 20a.

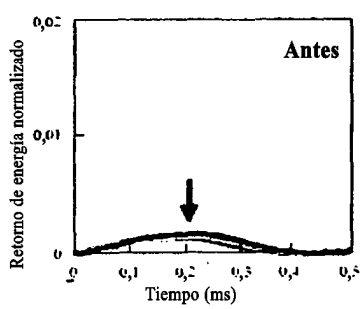


FIG. 20b.

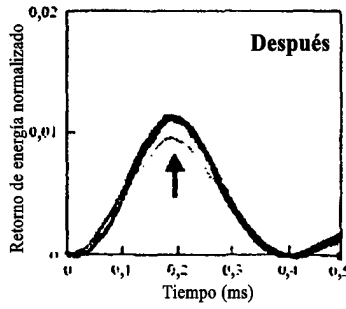


FIG. 20c.

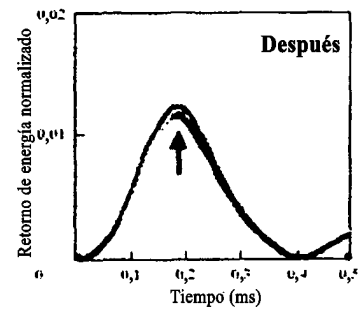


FIG. 20d.

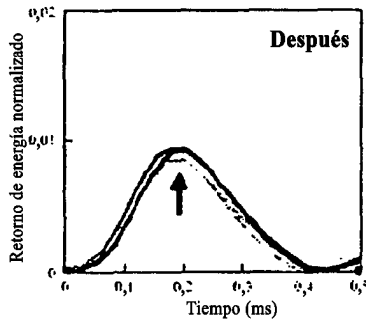


FIG. 20e.



FIG. 20f.

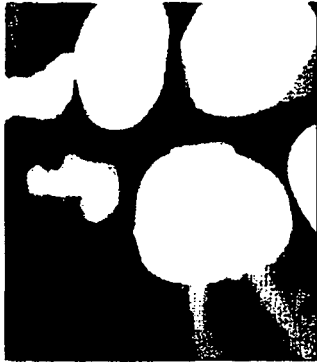


FIG. 21.



FIG. 21a.

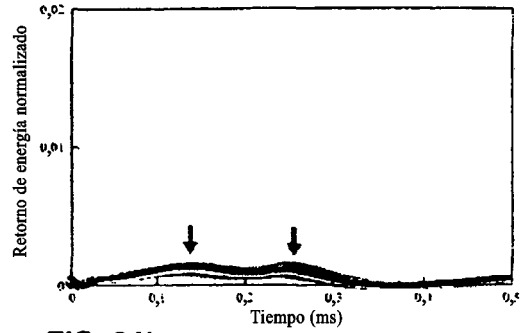


FIG. 21b.

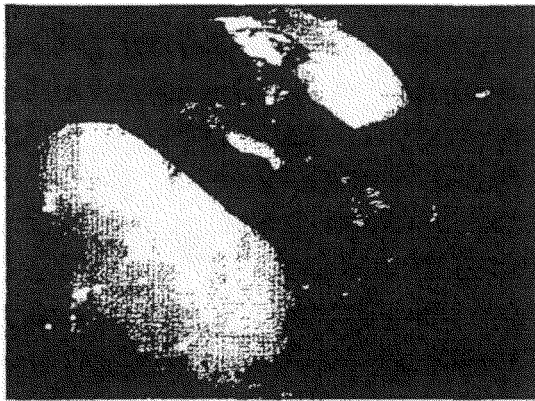


FIG. 22.

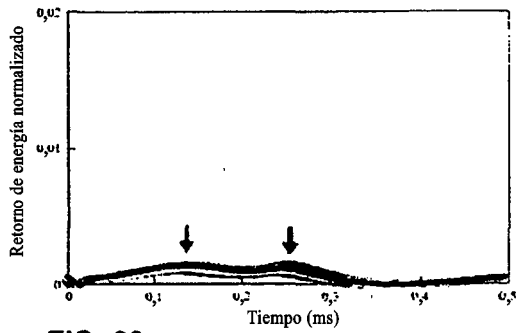


FIG. 22a.

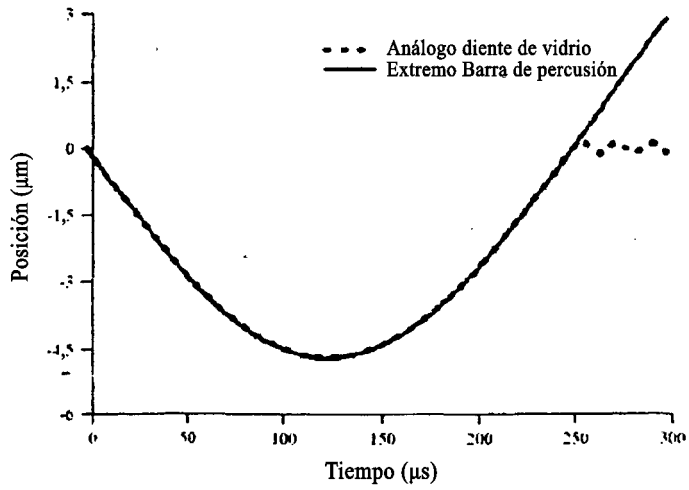


FIG. 23.

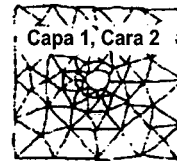


FIG. 24.

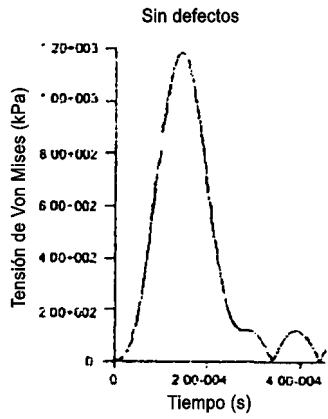


FIG. 24a.

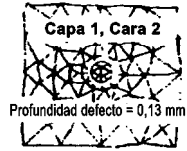


FIG. 24b.

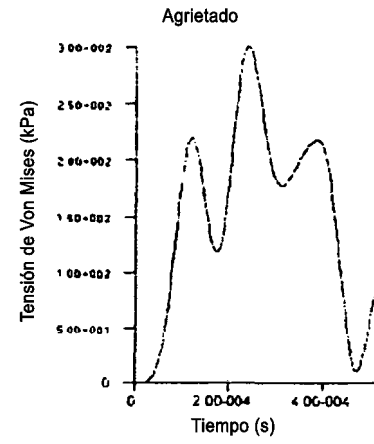


FIG. 24c.

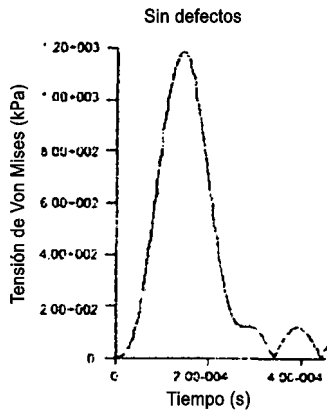


FIG. 25.

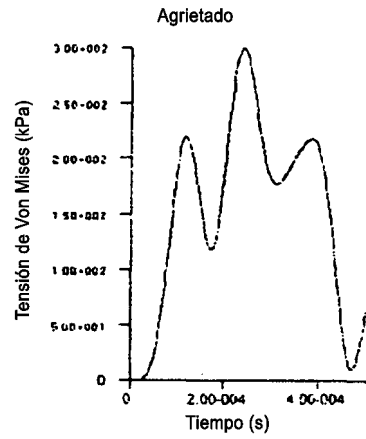


FIG. 25a.

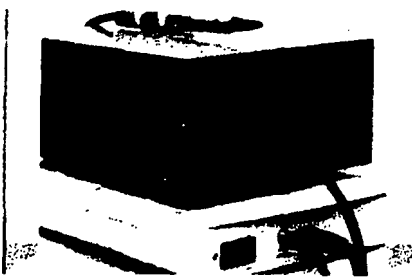


FIG. 26.

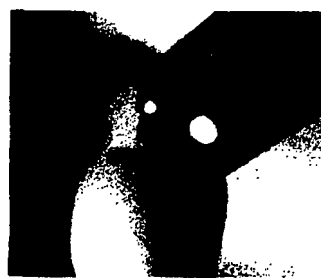


FIG. 26a.



FIG. 26b.

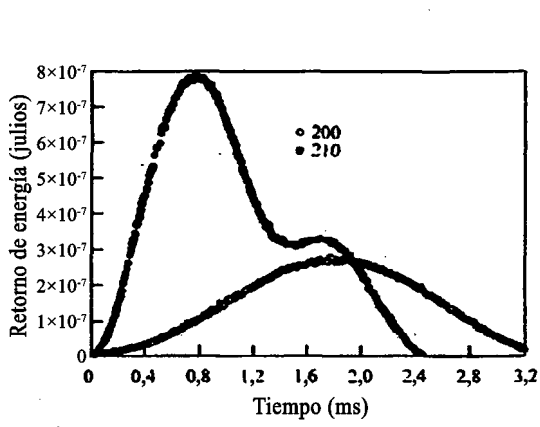


FIG. 27.

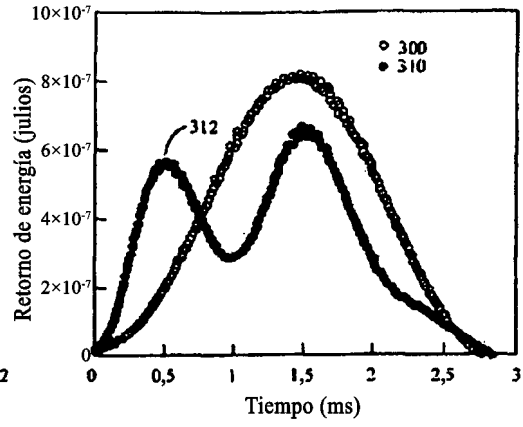


FIG. 28.

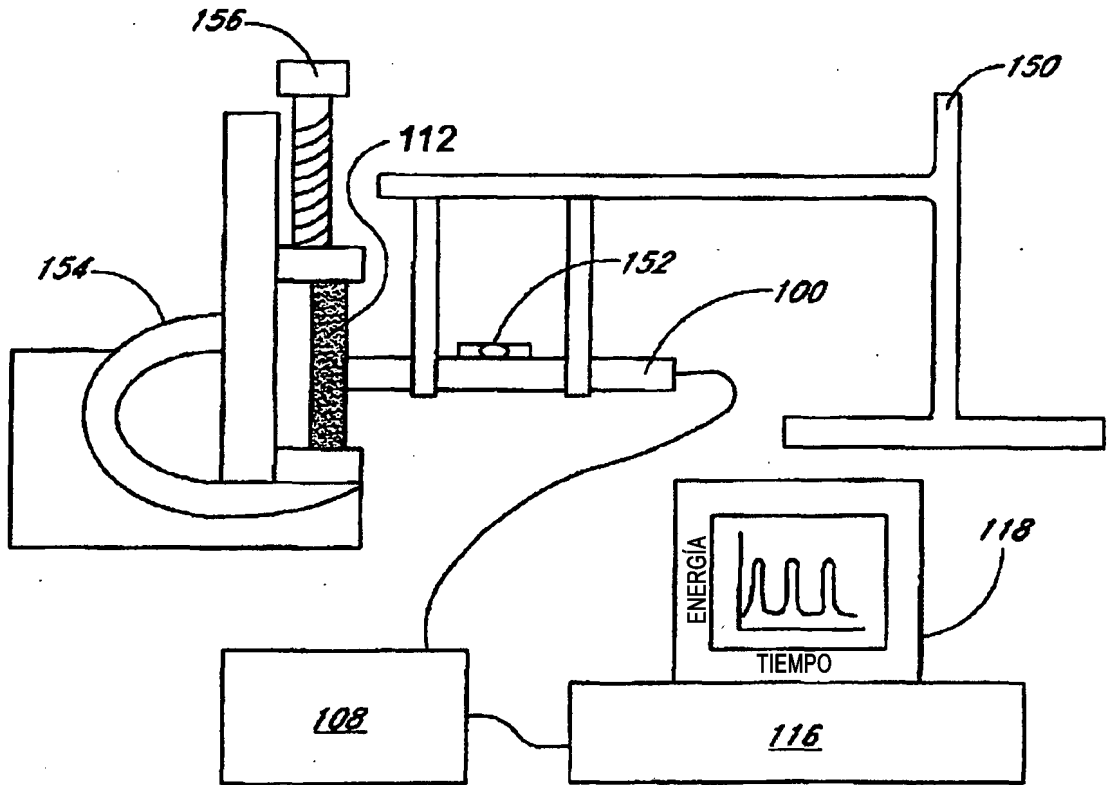


FIG. 29.