

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 322**

51 Int. Cl.:

**H01M 2/02** (2006.01)

**H01M 2/08** (2006.01)

**H01M 2/30** (2006.01)

**H01M 2/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2014 PCT/US2014/020537**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14164098**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2014 E 14780024 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2973778**

54 Título: **Baterías ingeribles de forma segura**

30 Prioridad:

**13.03.2013 US 201361778928 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.11.2018**

73 Titular/es:

**BRIGHAM AND WOMEN'S HOSPITAL, INC.**  
**(50.0%)**

**75 Francis Street**  
**Boston, MA 02115, US y**  
**MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY**  
**(50.0%)**

72 Inventor/es:

**LAULICHT, BRYAN;**  
**FREILICH, JANET;**  
**KARP, JEFFREY, M. y**  
**LANGER, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 691 322 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

Baterías ingeribles de forma segura

5 **Antecedentes**

Esta divulgación se refiere a las baterías. En particular, esta divulgación se refiere a baterías con un revestimiento que sirve como un revestimiento de seguridad y proporciona conducción sensible a presión.

10 Los mil millones de baterías de botón (también conocidas como pilas de botón) se venden cada año para alimentar dispositivos electrónicos portátiles que incluyen, por ejemplo, pequeños PDA, tarjetas de felicitación musicales, glucómetros, relojes, dispositivos de mascotas virtuales, audífonos y punteros láser. Por ejemplo, la solicitud de patente de Estados Unidos US 2012/0321937 A1 divulga un casquillo de extremo de la batería de botón para limitar el flujo de corriente de una batería. El casquillo de extremo de la batería incluye un terminal del casquillo, comprendiendo el terminal de casquillo una superficie conductora externa y una superficie conductora interna. El casquillo de extremo de la batería incluye además un interruptor sensible a presión, en la que cuando el casquillo de extremo de la batería se instala en una batería, el interruptor sensible a presión se configura para empujar la superficie conductora interna del terminal del casquillo para estar en comunicación eléctrica con una fuente eléctrica de la batería. Trágicamente, la ingesta accidental de estas baterías pequeñas ha causado que más de 40.400 niños menores de 13 años visiten las salas de emergencia del hospital, con 14 muertes relacionadas con baterías en niños de 7 meses a 3 años de edad entre 1997 y 2010 en los Estados Unidos solamente. Puesto que los fabricantes crean baterías de botón más potentes en carcasas más pequeñas, la ingesta y lesión de las baterías de botón está en aumento, y el aumento de la potencia de la batería produce un aumento correspondiente en la gravedad de las lesiones y mortalidad resultantes de la ingesta de baterías de botón. Aunque las normas de seguridad ahora regulan compartimentos de baterías bloqueados en los juguetes, un desarrollo tecnológico mínimo ha tenido lugar a nivel de baterías para limitar la lesión, especialmente las baterías en el formato mayor o igual a 20 milímetros que se reconocen como causas de las complicaciones más importantes si se ingieren. Además de los niños, especialmente aquellos por debajo de cinco años, un número creciente de personas mayores ingieren baterías de botón después de confundir las baterías de botón con píldoras, particularmente puesto que las baterías de botón son omnipresentes en los dispositivos utilizados con frecuencia por personas mayores, tales como audífonos. Por otra parte, un sinnúmero de mascotas ingieren baterías de botón cada año.

35 La obstrucción gastrointestinal (GI) suele ser el primer síntoma clínico de la ingesta de baterías de botón. Sin embargo, la ingesta de baterías de botón es más grave que la ingesta de objetos de tamaño similar, tales como monedas, debido a los daños causados por las corrientes de cortocircuito. El flujo de corriente en los fluidos GI conductores puede causar electrólisis, generar iones hidróxido, y crear daño tisular a largo plazo en el tracto digestivo. El cortocircuito de las baterías de botón ingeridas ha causado lesiones agudas incluyendo esofágicas y perforaciones gastrointestinales, fístulas traqueales, fístulas esofágicas, fistula artero-esofágica que conduce a la muerte, estenosis/estrechez esofágica, quemaduras químicas, así como la parálisis de las cuerdas vocales. Estudios de casos han demostrado que la perforación gastrointestinal en humanos puede ocurrir tan pronto como cinco horas después de la ingesta de la batería. En mascotas, el daño gastrointestinal severo se produce de forma más rápido, con informes de necrosis transesofágica en la primera después de la ingesta en perros y en dos a cuatro horas en gatos.

45 Además, la corriente de cortocircuito puede dañar la junta de polímero que separa el ánodo y el cátodo. Una vez que la junta se deteriora o se ve comprometida, el contenido de la batería de botón, incluyendo los metales tóxicos tales como cadmio, plomo, mercurio y litio, pueden liberarse en el cuerpo. La liberación de los contenidos de la batería de botón plantea riesgos para la salud tanto agudos como a largo plazo asociados con la ingesta de metales pesados. El documento US 2003/0035994 A1 divulga una batería de seguridad que un cátodo y cubierta unida que encierra un ánodo. La cubierta incluye una vía para proporcionar acceso al ánodo. El ánodo está protegido por medio de aislamiento penetrable. La batería se utiliza para alimentar la joyería iluminada para labios, lengua u orejas, sin peligro de descarga o quemar al usuario, incluso si se ingiere accidentalmente. Además, el documento EP 2230704 A1 divulga una batería de botón que comprende un alojamiento que incluye un sello que aísla un cuenco de celda y una cubierta de celda uno contra el otro. Una sección de alojamiento similar a un manto está parcialmente provisto de un revestimiento eléctricamente conductor y de un revestimiento eléctricamente no conductor. El revestimiento conductor incluye un metal noble como el níquel, y una conexión conductora que incluye calcogenuro, nitruro de titanio o carburo. El revestimiento no conductor incluye vidrio y cerámica y compuesto de metal de transición o metal no conductor. Un área de rebordeado se cubre por el revestimiento eléctricamente no conductor.

60 **Sumario de la invención**

Teniendo en cuenta los diversos problemas descritos anteriormente si las baterías se ingieren, existe la necesidad de una batería mejorada. En particular, existe la necesidad de una batería que, si se ingiere, pueda limitar las corrientes electrolíticas externas responsables de daños en el tejido intestinal, así como de inhibir la entrada de materiales peligrosos en el cuerpo.

- De acuerdo con la invención como se define en la reivindicación 1, se proporciona una batería que se ingiere de manera segura en un cuerpo. La batería divulgada supera los inconvenientes antes mencionados proporcionando una batería ingerible con revestimiento conductor sensible a presión o cerrado a presión para evitar daños en el tejido intestinal y para evitar que la batería libere os contenidos nocivos en el cuerpo si se ingiere. En particular, un revestimiento de material compuesto resistente al agua, sensible a presión, de túnel cuántico (QTCC) puede servir como una barrera eléctricamente aislante en el entorno intestinal bajo la tensión aplicada de un tracto digestivo sin dejar de ser conductora en alojamientos de batería estándar en los que la tensión aplicada a la batería en el alojamiento es superior a la tensión aplicada en el tracto digestivo.
- De acuerdo con un aspecto, una batería se divulga para su uso en dispositivos electrónicos. La batería se puede ingerir de forma segura en un cuerpo (por ejemplo, un cuerpo humano) que ejerce una tensión aplicada predeterminada en un tracto digestivo del cuerpo. La batería incluye un ánodo, un cátodo, y un revestimiento sensible a presión. El revestimiento sensible a presión cubre al menos uno del ánodo y el cátodo y proporciona propiedades conductoras sensibles a presión que incluyen un umbral de tensión de compresión. Cuando una tensión por encima del umbral de tensión de compresión se aplica a la capa sensible a presión, el revestimiento sensible a presión se coloca en un estado eléctricamente conductor. Con el fin de evitar el daño si la batería se ingiere, el umbral de tensión de compresión para la conducción es mayor que la tensión aplicada predeterminada asociada con (es decir, aplicada por) el tracto digestivo del cuerpo.
- El revestimiento sensible a presión es un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico. Cuando una tensión por encima del umbral de tensión de compresión se aplica al revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico, el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico se puede colocar en un estado conductor en la que los electrones son capaces de atravesar a través del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico. Cuando no ninguna tensión o una tensión por debajo del umbral de tensión de compresión se aplica al revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico, el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico se puede decir que estar en un estado de aislamiento en la que los electrones son incapaces de atravesar el túnel cuántico a través del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico.
- El revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico puede incluir una matriz de polímero con micropartículas conductoras suspendidas en el mismo. Colectivamente, la matriz de polímero y las micropartículas conductoras proporcionan las propiedades conductoras sensibles a presión para el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico. La matriz de polímero es elásticamente deformable para alterar la separación de las micropartículas conductoras en suspensión unas con respecto a otras. En un estado sin tensión, las micropartículas conductoras están suficientemente separadas entre sí, de manera que no se produce conducción entre las micropartículas, ya sea a través de los túneles o conducción directa. Sin embargo, bajo una tensión aplicada que coloca la matriz de polímero en un estado de tensión, la matriz de polímero se deforma al menos temporalmente elásticamente con el fin de alterar la separación de las micropartículas unas en relación con otras. Esta disminución en la separación entre las micropartículas permite el efecto túnel de los electrones a través de la matriz de polímero de tal manera como para hacer que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico conductor - al menos tan largo como la tensión necesaria se aplique en exceso de la tensión de umbral para permitir el efecto túnel. En una forma, la matriz de polímero puede ser un caucho de silicona y las micropartículas conductoras pueden ser de plata. Las micropartículas conductoras pueden incluir una superficie con una rugosidad a nanoescala que mejora un gradiente de campo eléctrico de manera que, cuando las micropartículas conductoras se separan en menos de 1-5 nm de distancia, los electrones son capaces de atravesar la matriz de polímero, conduciendo así corriente a través de la misma. La matriz de polímero del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico puede proporcionar una capa continua e estanco. El revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico puede tener forma de disco y construirse a partir de una lámina de material compuesto de efecto túnel cuántico.
- La batería incluye además una junta que aísla y separa el ánodo y el cátodo. El revestimiento sensible a presión es un revestimiento impermeable al agua que se extiende hasta la junta y cubre completamente el al menos uno del ánodo y el cátodo para no dejar superficies expuestas. Sin embargo, en casos en los que el revestimiento sensible a presión no cubre completamente el ánodo o el cátodo (de tal manera que porciones del ánodo o el cátodo quedarían de otro modo expuestas), un sello estanco al agua adicional se extiende además entre el revestimiento sensible a presión y la junta. Por consiguiente, el revestimiento sensible a presión con un sello estanco al agua adicional opcional se puede utilizar para inhibir el cortocircuito de batería en un fluido conductor por debajo del umbral de tensión de compresión. El sello estanco al agua puede ser impermeable al agua y comprender un material de polidimetil siloxano y un agente de reticulación. Además, se contempla que, en algunas formas, si un sello estanco al agua está presente entre el revestimiento sensible a presión o el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico y una junta, que el material de la matriz de polímero del revestimiento sensible a presión o revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico y el material del sello estanco al agua puede ser el mismo material y/o estos materiales pueden integrarse uno con el otro.
- La batería se puede ingerir de forma segura en el cuerpo debido a que la tensión aplicada predeterminada asociada con el tracto digestivo del cuerpo está por debajo del umbral de tensión de compresión de la capa sensible a presión. Debido a que la tensión o presión requerida para iniciar la conducción no se aplica por el tracto digestivo, si

se ingiere, la batería no conducirá corriente y, por lo tanto, el daño a los tejidos intestinales y la liberación de los contenidos nocivos de la batería en el cuerpo se evita. En algunas formas de la batería, a fin de proporcionar un margen de seguridad, el umbral de tensión de compresión necesario para la conducción del revestimiento puede ser al menos el doble de la tensión aplicada predeterminada asociada con el tracto digestivo del cuerpo.

5 Un adhesivo conductor se puede situar entre el revestimiento sensible a presión y el ánodo y/o cátodo en la que se recibe el revestimiento sensible a presión. En algunas formas, el adhesivo conductor puede comprender un material de plata conductor.

10 Para ser suficientemente alto como para exceder las tensiones aplicadas convencionales por el tracto digestivo, el umbral de tensión de compresión puede tener un valor entre  $15,5 \text{ N/cm}^2$  y  $19,4 \text{ N/cm}^2$ .

El revestimiento sensible a presión puede ser un revestimiento cerrado a presión, proporcionando una respuesta de voltaje relativamente discreta y repentina a una tensión de compresión particular.

15 La batería puede ser una batería de botón. Sin embargo, se contempla que los conceptos divulgados en la presente memoria pueden aplicarse a otros estilos y tipos de baterías y, en particular aquellas que podrían ingerirse o verse sometidas a entornos líquidos eléctricamente conductores.

20 De acuerdo con otro aspecto, otra batería se divulga para su uso en dispositivos electrónicos en los que la batería se diseña para ingerirse de forma segura. La batería incluye un ánodo, un cátodo y un revestimiento sensible a presión. El revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico cubre al menos uno del ánodo y el cátodo y proporciona propiedades conductoras sensibles a presión que incluyen un umbral de tensión de compresión. La batería incluye además una junta, que separa una parte del ánodo y del cátodo. El revestimiento sensible a presión proporciona al menos una porción de un revestimiento impermeable al agua que se extiende hasta la junta y cubre completamente el al menos uno del ánodo y del cátodo para no dejar superficies expuestas, inhibiendo de este modo el cortocircuito de batería en un fluido conductor.

30 Una vez más, las características descritas anteriormente se pueden incluir en esta batería. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, se contempla que el umbral de tensión de compresión para la conducción/efecto túnel cuántico puede ser mayor que una tensión aplicada asociada con el tracto digestivo del cuerpo.

35 De acuerdo con otro aspecto, la presente invención divulga un método para construir una batería que tiene un ánodo y un cátodo para su uso en dispositivos electrónicos, como se define en la reivindicación 15. La batería se puede ingerir de forma segura en un cuerpo que ejerce una tensión aplicada predeterminada en su tracto digestivo. El método incluye la aplicación de un revestimiento sensible a presión en al menos uno del ánodo y el cátodo. El revestimiento sensible a presión proporciona propiedades conductoras sensibles a presión incluyendo un umbral de tensión de compresión. Por encima del umbral tensión de compresión, el revestimiento sensible a presión se coloca en un estado conductor en la que los electrones son capaces de conducir a través del revestimiento sensible a presión. Además, el umbral de tensión de compresión es mayor que la tensión aplicada predeterminada asociada con el tracto digestivo del cuerpo.

45 En algunas formas, el método puede incluir además las etapas de separar al menos una parte del ánodo y el cátodo con una junta y formar un sello estanco al agua entre el revestimiento sensible a presión y la junta. Un sello estanco al agua pleno y completo entre los dos puede inhibir el cortocircuito del ánodo y del cátodo de la batería en un fluido conductor por debajo del umbral de tensión de compresión, tal como puede ocurrir después de la ingesta de las baterías convencionales.

50 En algunas formas, el método puede incluir además la aplicación de un adhesivo conductor entre al menos uno del ánodo y el cátodo antes de la etapa de aplicar el revestimiento sensible a presión y fijar con adhesivo el revestimiento sensible a presión al ánodo y/o cátodo a través del adhesivo conductor.

55 Estas y aún otras ventajas de la invención serán evidentes a partir de la descripción detallada y los dibujos. Lo que sigue es meramente una descripción de una realización preferida de la presente invención. Para evaluar el alcance completo de la invención, las reivindicaciones deben considerarse como la realización preferida que no pretende ser la única realización dentro del alcance de las reivindicaciones.

#### Breve descripción de los dibujos

60 la Figura 1 es una vista lateral en sección transversal de una batería de botón convencional;  
 la Figura 2 es una vista lateral en sección transversal de una batería de botón con un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (QTCC);  
 la Figura 3 es una vista superior de la batería de botón QTCC de la Figura 2;  
 la Figura 4 es un esquema de un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico en un estado de aislamiento de acuerdo con la presente invención en la que no se ha cumplido el umbral de tensión de compresión para la conducción;

la Figura 5 es una vista en perspectiva de un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico en un estado conductor en la que el umbral de tensión de compresión para la conducción se ha cumplido por la tensión aplicada;

5 la Figura 6a es una vista en sección transversal lateral de la batería de botón QTCC comprimida por debajo de un umbral de tensión de compresión del QTCC;

la Figura 6b es una vista en sección transversal lateral de la batería de botón QTCC comprimida por encima del umbral tensión de compresión del QTCC;

10 la Figura 6c es una vista lateral comparando la batería de botón QTCC comprimida por debajo del umbral de tensión de compresión del QTCC con la batería de botón QTCC comprimida por encima del umbral tensión de compresión del QTCC;

la Figura 7a es un gráfico de la posición trazada frente a la tensión y voltaje de la batería de botón convencional que muestra el umbral de tensión de compresión al que la batería alcanza la primera conducción en un entorno seco;

15 la Figura 7b es un gráfico de la posición trazada frente a la tensión y voltaje de la batería de botón convencional que muestra una reducción en el voltaje de conducción debido a una corriente de cortocircuito que se ha filtrado a través de un fluido conductor (fluido intestinal simulado) que conecta un ánodo y el cátodo como una vía de conducción alternativa en el entorno fluido conductor;

la Figura 8a es un gráfico de la posición trazada frente a la tensión y voltaje de la batería de botón QTCC que muestra que se alcanza un voltaje máximo y es igual al voltaje máximo de la batería de botón convencional de la Figura 7a en el entorno seco;

20 la Figura 8b es un gráfico de la posición trazada frente a la tensión y voltaje de la batería de botón QTCC que muestra que la batería de botón QTCC requiere niveles similares del umbral de tensión de compresión para lograr la conducción en comparación con la batería de botón convencional de la Figura 7b en el entorno de fluido intestinal simulado;

25 la Figura 9 es una vista en perspectiva lateral de una pastilla ingerible por vía oral que se utiliza para determinar el umbral de tensión de compresión de la batería de botón QTCC;

la Figura 10 es un gráfico de barras que muestra los umbrales de tensión de compresión requeridos con el fin de inducir el flujo de corriente para una batería de botón convencional, una batería de botón QTCC en el entorno seco, y una batería de botón QTCC en el entorno de fluido conductor;

30 la Figura 11 es un esquema que ilustra la batería de botón convencional en el esófago de un cuerpo en la que la batería se cortocircuita y causa electrólisis al tejido del esófago;

la Figura 12 es un esquema que ilustra la batería de botón QTCC en el esófago del cuerpo que se ingiere de manera segura;

35 la Figura 13a es una imagen que ilustra un lumen del esófago con daño tisular causado por la fuga del contenido de la batería de botón convencional dentro de las condiciones de fluido conductoras del esófago después de la ingesta de la batería de botón convencional;

la Figura 13b es una imagen microscópica de la Figura 13a que ilustra una necrosis e infiltrado neutrofílico del tejido del esófago causados por la fuga del contenido de la batería de botón convencional dentro del esófago después de la ingesta de la batería de botón convencional;

40 la Figura 13c es una imagen que ilustra el lumen del esófago libre de daño a los tejidos dentro de las condiciones de fluido conductoras del esófago después de la ingesta de la batería de botón QTCC;

la Figura 13d es una imagen microscópica de la Figura 13c ilustra el lumen del esófago que no tiene daños en los tejidos después de que la batería de botón QTCC hay sido ingerida de forma segura; y

45 la Figura 14 es una serie de imágenes endoscópicas adquiridas en intervalos de tiempo de 30 minutos de la batería de botón convencional y la batería de botón QTCC en el esófago *in vivo*.

### Descripción detallada de la realización preferida

Haciendo referencia primero a la Figura 1, una batería de botón convencional 10 se muestra en sección transversal tomada a través del eje central de la batería. La batería de botón convencional 10 incluye un ánodo 14 que tiene generalmente forma cilíndrica y un cátodo 16 tiene también forma generalmente cilíndrica. El ánodo 14 y el cátodo 16 están separados por un separador 20. El separador 20 crea una barrera entre el ánodo 14 y el cátodo 16 que les impide tocarse, permitiendo al mismo tiempo que la carga eléctrica fluya libremente entre los mismos a través de un electrolito. Una junta 18 separa también una parte del ánodo 14 y una parte del cátodo 16. La junta 18 puede ser un anillo eléctricamente aislante, normalmente polimérico, que forma un sello en una parte del ánodo 14 y una parte del cátodo 16. En la forma ilustrada, la junta 18 forma un anillo alrededor del ánodo 14.

Aunque no se ilustra específicamente en los esquemas de la batería en las Figuras 1 a 3, que se simplifican un poco, se apreciará que en una batería de botón comercial hay normalmente también una parte superior de celda en el ánodo 14 y un cuenco de celda sobre el cátodo 16 para proporcionar un alojamiento exterior de la batería. El cuenco de celda se extiende normalmente hasta los lados exteriores cilíndricos de la batería de botón 10 hasta la parte superior de la junta 18, mientras que la parte superior de celda se recibe en el lado interior de la junta en forma de anillo 18. La parte superior de celda y el cuenco de celda son alojamiento conductores finos que cubren y contienen los materiales del ánodo 14 y del cátodo 16. Con el fin de evitar cortocircuitos, el cuenco de celda y la parte superior de celda no están en contacto directo entre sí, sino más bien se separan también de y están eléctricamente aislados entre sí por la junta intermedia 18.

Se contempla que los materiales de cátodo-ánodo de la batería 10 pueden ser cualquiera de un número de sistemas electroquímicos incluyendo, pero sin limitarse a, dióxido de manganeso-zinc, plata-óxido de zinc, oxígeno-zinc, dióxido de manganeso-litio, carbono monofluoruro-litio, y óxido de cobre-litio. Por supuesto, otros materiales de cátodo o de ánodo se pueden utilizar y diversos materiales de electrolitos se pueden utilizar con el fin de proporcionar la salida eléctrica deseada cuando la batería de botón 10 se coloca en un dispositivo eléctrico para su uso.

Haciendo referencia a continuación a las Figuras 2 y 3, se ilustra una batería de botón mejorada 12 con un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (QTCC) 22 que modifica la estructura de la batería convencional 10 ilustrada en la Figura 1. La batería de botón QTCC 12 abarca los riesgos potenciales después de la ingesta de la batería de botón convencional 10. La batería de botón QTCC 12 es un diseño de batería de botón estanco sensible a presión que añade un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 a la batería de botón convencional 10. Como con la batería convencional 10, en la forma ilustrada, la batería de botón QTCC 12 incluye un ánodo 14 que tiene generalmente forma cilíndrica y un cátodo 16 que tiene generalmente forma cilíndrica. El ánodo 14 y el cátodo 16 están de nuevo separados por un separador 20, y una junta 18 separa una parte del ánodo 14 y una parte del cátodo 16.

Además de la estructura de batería de botón convencional, la batería de botón mejorada 12 incluye un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 que cubre al menos una porción de al menos uno del ánodo 14 y el cátodo 16 con el fin de impartir propiedades conductoras sensibles a presión a la batería de botón QTCC 12. En la forma ilustrada, el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 cubre una porción del ánodo 14; sin embargo, en otros diseños, el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 puede cubrir al menos una porción del cátodo 16 o puede cubrir al menos una porción de tanto del ánodo 14 como del cátodo 16. El revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 puede tener forma de disco, como se muestra en las Figuras 2 y 3, y construirse de láminas de material compuesto de efecto túnel cuántico, que se describirán en detalle a continuación. Debido a que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico es selectivamente conductor por encima de un umbral de tensión aplicado (se describirá con mayor detalle a continuación), debe disponerse sobre una superficie externa de la batería 12 en la que se puede aplicar presión cuando la batería se utiliza.

Como se ilustra, un adhesivo o pasta conductora 28 fija el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 al ánodo 14 (o el casquillo de celda correspondiente del ánodo 14). Si el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 cubre el cátodo 16, entonces el adhesivo conductor 28 puede también situarse entre el cátodo 16 y el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22. Sin embargo, debido a que el adhesivo conductor 28 no es un conductor sensible a presión (y siempre es capaz de conducir corriente), el adhesivo conductor no debe colocar el ánodo 14 y el cátodo 16 en comunicación eléctrica entre sí, evitando de este modo la creación de un cortocircuito directo entre el ánodo 14 y el cátodo 16. El adhesivo conductor 28 puede ser un material de plata conductor para facilitar el transporte de electrones desde el ánodo 14 o el cátodo 16 hasta el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 recibido sobre el mismo.

Además, un sello estanco al agua 30 se extiende entre el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 y la junta 18, separando de este modo una parte del ánodo 14 y el cátodo 16 para que la batería de botón QTCC 12 no cortocircuite en un fluido conductor (tal como los fluidos intestinales) por debajo de un umbral de tensión de compresión requerido para que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 realice la conducción. El sello estanco al agua 30 puede ser un sello impermeable al agua de silicona que es una silicona transparente eléctricamente aislante, tal como poli(dimetil siloxano) (PDMS). Otros revestimientos posibles para el sello estanco al agua 30 podrían incluir, pero no se limitan a, siloxanos, cauchos de butilo, o polímeros termoplásticos o termoestables duros.

Haciendo referencia a continuación a las Figuras 4 y 5, el material del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 se muestra esquemáticamente en un estado de aislamiento y un estado de conducción, respectivamente. El revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 comprende micropartículas conductoras 24 suspendidas en una matriz de polímero 26 (generalmente representadas como el llenado del volumen 26). En una forma, las micropartículas conductoras 24 pueden ser de plata y la matriz de polímero 26 puede ser un PDMS aislante. Las representaciones de las Figuras 4 y 5 son, evidentemente, muy exageradas a efectos de esquematizar y se apreciará que muchas más micropartículas separarán un lado del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 del otro lado.

Tal como se representa en la Figura 4, cuando una tensión aplicada ( $\sigma$ ) es cero o es menor que el umbral de tensión de compresión ( $\sigma_c$ ) para la conducción del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22, las micropartículas conductoras 24 están suficientemente separadas para evitar el efecto de túnel cuántico de los electrones a través de la matriz de polímero 26. Por consiguiente, cuando insuficiente tensión o presión se aplica al revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 (es decir, los electrones son incapaces de atravesar a través del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22), el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 es incapaz de conducir corriente a través del mismo y está en un estado aislante.

Sin embargo, como se representa en la Figura 5, cuando una tensión aplicada ( $\sigma$ ) es igual o supera el umbral de tensión de compresión ( $\sigma_c$ ) para la conducción del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22, las micropartículas conductoras 24 están en proximidad suficientemente cercana para permitir el efecto de túnel cuántico de electrones a través de la matriz de polímero 26. Cuando los electrones son capaces de atravesar a través del revestimiento 22, el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 es capaz de conducir la corriente y puede decirse que estar en un estado de conducción.

Por consiguiente, el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 se puede transformar selectiva y reversiblemente de un estado de aislamiento (Figura 4) a un estado de conducción (Figura 5), o viceversa, por la aplicación de tensión o presión que deforma elásticamente la matriz de polímero 26 y altera la separación de las micropartículas 24 una en relación con otras. Este mecanismo permite que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 sea aislante por debajo y conductor por encima del umbral de tensión de compresión al que la batería de botón QTCC 12 alcanza el voltaje máximo, sin dejar de ser impermeable al agua.

Además, se contempla que la presión a la que la batería de botón QTCC 12 realiza la conducción es directamente proporcional al espesor del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 para una densidad dada de micropartículas conductoras 24. Por ejemplo, cuando las micropartículas conductoras 24 tienen una mayor separación media a tensión cero, se requiere una mayor compresión axial para llevar las micropartículas conductoras 24 en estrecha proximidad suficiente para lograr la conducción. Puesto que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 se puede fijar al alojamiento rígido de la batería de botón QTCC 12, la compresión se limita a la dirección axial. Por lo tanto, la presión requerida para la conducción de la batería de botón QTCC 12 no es dependiente del diámetro, y se puede aplicar a una batería de botón de cualquier diámetro sin modificación de diseño significativo. Por otro lado, puesto que la conducción es directamente proporcional al espesor del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 y a la densidad de las micropartículas conductoras 24, existe una capacidad de ajuste significativa para activar la conducción de la batería de botón QTCC 12.

Las micropartículas conductoras 24 pueden tener una rugosidad a nano-escala presente en la superficie que mejora aún más el gradiente de campo eléctrico de manera que, cuando las micropartículas conductoras 24 entran en contacto cercano (por ejemplo, menos de 1-5 nm), los electrones pueden atravesar la matriz de polímero 26 que separa las micropartículas conductoras 24 con el fin de conducir la corriente, que se muestra en la Figura 5. Puesto que túnel cuántico no requiere contacto entre las micropartículas conductoras 24, la matriz de polímero 26 puede permanecer continua y, por lo tanto, estanco.

Se contempla que otros materiales puedan utilizarse también para hacer revestimientos de conducción sensibles a presión tales como el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22. Por ejemplo, en lugar de plata, las micropartículas se pueden realizar de partículas de oro, partículas de carbono, u otras micropartículas conductoras. Del mismo modo, la matriz de polímero no necesita necesariamente ser PDMS. Sin embargo, se apreciará que la selección de materiales contribuirá a la separación requerida con el fin de crear las propiedades de conducción sensibles a presión selectivas del revestimiento, así como establecer la presión de umbral de compresión requerida para la conducción a través de la capa o revestimiento.

Haciendo referencia a continuación a las Figuras 6a, 6b y 6c, el umbral de tensión de compresión ( $\sigma_c$ ) en la que las baterías de botón QTCC 12 alcanzan su voltaje máximo ( $V = V_{max}$ ) se muestra. Con el fin de determinar el umbral de tensión de compresión al que la batería de botón QTCC 12 alcanza su voltaje máximo, la carga y el voltaje se miden continuamente entre un electrodo aislante 38 y un electrodo de tierra 40, mantenido en un baño de agua. La tensión de compresión y el voltaje se miden en tiempo real. La batería de botón QTCC 12 se comprime por debajo y por encima del umbral de tensión de compresión ( $\sigma_c$ ), y cuando el circuito se completa se consigue el voltaje máximo ( $V_{max}$ ). Por debajo del umbral tensión de compresión ( $\sigma_c$ ), el componente QTCC 22 de la batería de botón QTCC 12 permanece en un estado aislado y no conductor, como se ilustra en la Figura 6a y la configuración más a la izquierda de la Figura 6c. Por encima del umbral tensión de compresión ( $\sigma_c$ ), las micropartículas conductoras 24 dentro del QTCC 22 están en un estado conductor, como se ilustra en la Figura 6b y la configuración más a la derecha de la Figura 6c.

Se apreciará además que la matriz de polímero 26 y el sello estanco al agua 30 pueden cubrir completamente una de las superficies del ánodo 14 o cátodo 16 para impermeabilizarla de modo que el respectivo ánodo 14 o cátodo 16 no tenga superficies expuestas. Esto quizás se ilustra mejor en el esquema de la Figura 2 en la que el sello estanco al agua 30 se extiende totalmente desde el extremo del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico 22 hasta la junta 18. La creación de este sello estanco al agua elimina las trayectorias de corriente de cortocircuito del ánodo 14 al cátodo 16 si la batería 12 está sumergida, mientras que todavía permite que la batería de botón QTCC sensible a presión 22 transmita su diferencia de potencial total ( $V_{max}$ ) bajo tensiones o presiones suficientemente grandes (incluso en la presencia de un fluido conductor).

Haciendo referencia a continuación a las Figuras 7a a 8b, registros de tensión y voltaje simultáneos de las baterías de botón convencionales 10 (Figuras 7a y 7b) y de las baterías de botón QTCC 12 (Figuras 8a y 8b) se muestran. Las Figuras 7a y 8a muestran pruebas realizadas en entornos secos, mientras que las Figuras 7b y 8b representan

pruebas realizadas con las baterías sumergidas en fluido intestinal simulado.

En la Figura 7a, en la que una batería convencional se prueba en un entorno seco, incluso bajo una tensión aplicada mínima (aproximadamente  $1 \text{ N/cm}^2$ , destacado por la línea discontinua), la batería convencional logra la conducción. Esta tensión se corresponde con la tensión para la formación de un contacto suficiente con el ánodo y el cátodo y se obtiene inmediatamente la conducción al máximo voltaje de salida  $V_{\text{max}}$  de 1,5 V.

En la Figura 7b, la misma batería de botón convencional se coloca en fluido intestinal simulado. La batería de botón convencional muestra una reducción de aproximadamente 20 por ciento en el voltaje de conducción debido a la corriente de corto-circuito que se ha filtrado a través del fluido conductor conectando ahora eléctricamente el ánodo y el cátodo como una vía de conducción alternativa.

Sin embargo, haciendo referencia a continuación a las Figuras 8a y 8b, las baterías de botón QTCC 12 requieren una mayor tensión de compresión con el fin de crear la conducción. De hecho, la tensión de compresión necesaria para iniciar la conducción es de aproximadamente 50 veces la de las baterías de botón convencional 10, lo que se pueden mostrar mediante la comparación de la Figura 7a a 8A, en un entorno seco. Como se muestra en la Figura 8a, el voltaje máximo ( $V_{\text{max}}$ ) se alcanza de forma sostenible y consistente a aproximadamente  $58 \text{ N/cm}^2$  por una batería de botón QTCC 12 en el entorno seco.

Incluso cuando la batería de botón QTCC 12 se prueba en el fluido intestinal simulado, como se muestra en la Figura 8b, una vez que se cumple el umbral de tensión de compresión, la batería de botón QTCC 12 realiza a conducción con el mismo voltaje que la batería de botón convencional 10 en un entorno seco o la batería de botón QTCC en el entorno seco. Además, el voltaje máximo ( $V_{\text{max}}$ ) alcanzado es indistinguible diferente de aquel en el entorno seco, como se muestra en la Figura 8a, debido al diseño estanco de la batería de botón QTCC 12. Esto establece que en la batería de botón QTCC 12 produce poca o ninguna fuga de corriente. Por tanto, si la batería de botón 12 se ingiere, la generación de corrientes electrofólicas externas puede evitarse.

Lo anterior demuestra que la incorporación del QTCC 22 que comprende la batería de botón QTCC 12 no compromete el estado de conducción de baterías de botón. Además, una vez revestida con QTCC 22, la batería de botón QTCC 12 retiene la capacidad de alimentar un dispositivo y a través de la presión diferencial, la activación de la transmisión de corriente puede modularse. A diferencia de las baterías de botón convencionales 10, las baterías de botón QTCC 12 conservan su tensión y corriente de salida cuando se sumergen en un fluido conductor, aumentando su seguridad si se ingirieren en el cuerpo y la expansión de su campo de aplicación para incluir entornos fluidos conductores.

Con el fin de diseñar la batería de botón 12 QTCC que podría ingerirse de forma segura en el cuerpo, una tensión aplicada predeterminada desde el tracto digestivo del cuerpo (es decir, un tracto gastrointestinal (GI) humano) necesita identificarse. Sin embargo, se carece de las mediciones directas de la resistencia al aplastamiento GI. Por lo tanto, valores de resistencia al aplastamiento extrapolados ( $\sigma^*$ ) de estudios publicados sobre la fuerza de aplastamiento GI de humanos y caninos se han utilizado.

Además de cuantificar la fuerza de aplastamiento GI, pastillas ingeribles oralmente fabricados, mostradas en la Figura 9, compuestas de micropartículas de Teflon® axialmente comprimidas dentro de moldes cilíndricos a través del espesor de las pastillas se utilizan. A medida que aumenta la fuerza de compresión aplicada (F), las micropartículas se funden en una proximidad más cercana produciendo pastillas más fuertes. La tensión de compresión aplicada ( $\sigma$ ) se calculó dividiendo la fuerza de compresión reportada (F) entre el área de sección transversal (A) de la pastilla. La deformación inducida ( $\epsilon$ ) se calculó dividiendo el cambio reportado en el espesor de la pastilla ( $\Delta t$ ) a medida que fuerza de compresión se aumentó entre el espesor inicial de la pastilla 36 ( $t_0$ ). A partir de los valores calculados de tensión y deformación, el módulo de Young (E) de la pastilla se pudo calcular dividiendo la tensión entre la deformación ( $E = \sigma/\epsilon$ ).

La determinación de la tensión aplicada predeterminada (es decir, la resistencia al aplastamiento GI) y la comparación del umbral de tensión de compresión ( $\sigma_c$ ) batería de botón QTCC 12 al que se consigue el voltaje máximo se realizó utilizando una prueba de la fuerza de aplastamiento de la pastilla utilizando la pastilla fabricada 36, ilustrado en la Figura 9.

La prueba de fuerza ( $F^*$ ) de aplastamiento de la pastilla se realizó en la dirección longitudinal a lo largo del diámetro de las pastillas 36, como se muestra en la Figura 9. Para calcular el área rectangular ( $A^*$ ) alrededor de la que  $F^*$  estaba actuando durante la fractura de la pastilla 36, la pastilla 36 se supone que es homogénea. Por lo tanto, el módulo de Young en el punto de fractura de pastilla ( $E^*$ ) puede expresarse como

$$E^* \approx \frac{F^* l_0}{2t \sqrt{\frac{l_0 \Delta l^*}{2} \Delta l^*}} \quad ,$$

donde  $\Delta l^*$  es la cantidad de compresión de la pastilla sometida a un fallo,  $l_0$  es el diámetro de la pastilla,  $t$  es el espesor de la pastilla 36. Solución para rendimientos  $\Delta l^*$

5

$$\Delta l^* \approx \sqrt[3]{\frac{F^* l_0}{2t^2 E^*}} \quad .$$

Habiendo calculado  $\Delta l^*$ , utilizando el teorema de Pitágoras la mitad de la anchura ( $a^*$ ) de la porción rectangular aplanada de la circunferencia de la pastilla 36 puede calcularse:

10

$$a^{*2} = \left(\frac{l_0}{2}\right)^2 - \left(\frac{l_0}{2} - \frac{\Delta l^*}{2}\right)^2 \quad .$$

Teniendo en cuenta que  $\Delta l^*$  es pequeña en relación con  $l_0$ , el termino  $\Delta l^{*2}$  puede considerarse insignificante, por lo tanto, la ecuación se simplifica a

15

$$a^* \approx \sqrt{\frac{l_0 \Delta l^*}{2}} \quad .$$

Por tanto  $A^*$  puede calcularse:  $A^* = 2a^*t$ . Por último, la resistencia al aplastamiento de las pastillas se puede calcular como  $\sigma^* \approx F^*/A^*$ .

20

En humanos, las pastillas 36 con una resistencia al aplastamiento ( $\sigma^*$ ) de aproximadamente 15,5 N/cm<sup>2</sup> fueron aplastadas, mientras que aquellas con una resistencia al aplastamiento de aproximadamente 24,2 N/cm<sup>2</sup> permanecieron intactas. En caninos, las pastillas 36 con una resistencia al aplastamiento ( $\sigma^*$ ) de 19,4 N/cm<sup>2</sup> fueron aplastadas, mientras que aquellas con una resistencia al aplastamiento de 23,4 N/cm<sup>2</sup> permanecieron intactas. Puesto que las pastillas 36 fueron similares en tamaño y forma a las baterías de botón, los valores calculados sirven como estimaciones fiables de la tensión aplicada predeterminada (es decir, máxima resistencia al aplastamiento) que el GI podría imponer en una batería de botón ingerida. La tensión aplicada predeterminada que se aplica por los tractos GI de humanos y perros es inferior a las tensiones requeridas para crear la conducción en la batería de botón QTCC 12.

30

Haciendo referencia a continuación a la Figura 10, las baterías de botón QTCC 12 se ilustran como requiriendo umbrales de tensión de compresión significativamente más altos estadísticamente para inducir un flujo de corriente en comparación con las baterías de botón convencionales 10 en entornos secos y en el fluido intestinal simulado. Además, la Figura 10 ilustra que las baterías de botón QTCC 12 requieren aproximadamente un orden de tensión de compresión de mayor magnitud en comparación con los medidos en el esófago para alcanzar la conducción. Debido a que las baterías de botón convencional 10 realizan la conducción en fluido intestinal simulado, mientras que las baterías de botón QTCC sensibles a presión 12 requieren tensión en exceso de aquella experimentada en el GI de humanos adultos, incluso en raros trastornos de motilidad espásticos, las baterías de botón QTCC 12 pueden disminuir drásticamente o incluso eliminar el cortocircuito de la batería de botón después de la ingesta. Por otro lado, las baterías de botón QTCC 12 pueden mantener su integridad incluso cuando se han expuesto a fluido intestinal simulado, mientras que las baterías de botón convencionales 10 conducen suficiente corriente electrolítica para degradar las juntas de baterías convencionales conllevando a liberación de los contenidos de la batería.

35

40

La Figura 10 ilustra además las resistencias límites de pastillas 36 de diferentes módulos para humanos y perros. La línea primera discontinua 41 representa las pastillas 36 con la resistencia límite más alta que el esófago humano fue capaz de aplastar. La segunda línea discontinua 42 representa las pastillas 36 con la resistencia límite más alta que el tracto gastrointestinal humano (GI) fue capaz de aplastar. La tercera línea discontinua 44 representa las pastillas 36 con la resistencia límite más alta que el tracto gastrointestinal canino fue capaz de aplastar. La cuarta línea discontinua 46 representa las pastillas 36 que eran lo suficientemente fuerte para sobrevivir a la digestión en seres humanos y perros mientras permanecían intactas. Notablemente, el umbral de tensión de compresión media de las baterías de botón QTCC 12 es aproximadamente dos veces la resistencia límite de las pastillas 36 que se

50

mantuvieron intactas durante la digestión de perros o humanos, lo que indica que las baterías de botón QTCC 12, a diferencia de las baterías de botón convencionales 10, no conducirá corriente (asumiendo que también son estancos para evitar cortocircuitos después de la ingesta).

5 Haciendo referencia a continuación a la Figura 11, se muestra un esquema de una batería de botón convencional ingerida 10 que lastima el esófago 48. Cuando las baterías de botón convencionales 10 se ponen en contacto o se presionan contra los tejidos de la mucosa GI del esófago 48 o el intestino delgado 49, por ejemplo, su corriente de cortocircuito y la electrólisis causan lesión en el tejido circundante. Sin embargo, como se muestra en la Figura 12, las baterías de botón QTCC 12 (y por las razones detalladas anteriormente) no cortocircuitan o bien en contacto con,  
10 o como resultado de la presión producida por la motilidad GI, aumentando así la seguridad si se ingiere.

Además de los riesgos de salud agudos de corriente de cortocircuito en el GI, el potencial para la absorción de los contenidos de metales pesados de las baterías de botón convencionales 10 posee consecuencias de salud a largo plazo. Esto es de particular importancia en la comunidad pediátrica, donde la ingesta de baterías de botón se presenta con mayor frecuencia y puede comprometer el desarrollo neurológico. Las baterías de botón QTCC 12 permanecen intactas en condiciones de fluido conductoras después de 48 horas sin mostrar indicación de la pérdida de corriente de cortocircuito o de expulsión de contenidos tóxicos.  
15

Las Figuras 13a, 13b, 13c, y 13d ilustran adicionalmente la batería de botón QTCC 12 que permanece intacta en condiciones de fluido conductoras dentro del esófago 48, mientras que la batería de botón convencional 10 presenta fugas durante un modelo de retención de batería en el esófago *in vivo*. Tanto la batería de botón QTCC 12 como la batería de botón convencional 10 se evaluaron varias veces endoscópicamente a través del uso de un sobretubo esofágico (no mostrado) para asegurar que las baterías se mantuvieron estacionarias, aproximando así la retención de la batería de esófago. La batería de botón convencional 10 y la batería de botón QTCC 12 se desplegaron en el esófago 48 con el ánodo situado en la cara posterior del esófago 48 del animal en posición supina.  
20  
25

Como se muestra en la Figura 13a, la batería de botón convencional 10 muestra la fuga de ácido de batería en el transcurso de 2 horas durante la evaluación endoscópica. Microscópicamente, como se muestra en la Figura 13b, el tejido esofágico expuesto a la batería de botón convencional 10 durante 2 horas exhibió necrosis, como se evidencia por la descamación y la escasez de núcleos en el epitelio del esófago. La descamación y la escasez de núcleos se muestra dentro de la línea discontinua 50 en la Figura 13b. Además, el tejido esofágico expuesto a la batería de botón convencional 10 exhibió infiltrado de neutrófilos, como se evidencia por las flechas 52 en la Figura 13b. En contraste, como se muestra en las Figuras 13c y 13d, el esófago 48 continuamente expuesto a la batería de botón QTCC 12 parece normal tanto macroscópica como microscópicamente, indicando de este modo ningún daño tisular.  
30  
35

Además, la Figura 14 muestra las imágenes endoscópicas adquiridas cada 30 minutos de la batería de botón convencional 10 y de la batería de botón QTCC 12 en el esófago 48 *in vivo*. Como se muestra en la sección superior de la Figura 14, la batería de botón convencional 10 demuestra fuga de su contenido que empiezan en el punto de tiempo de 30 minutos y continúa con la fuga de su contenido hasta un punto de tiempo de 120 minutos. Sin embargo, la batería de botón QTCC 12, como se muestra en la sección inferior de la Figura 14, parece permanecer intacta durante todo el periodo de prueba de 0 minutos a 120 minutos.  
40

La batería de botón QTCC anterior 12 tiene varias ventajas. Los materiales utilizados para la construcción de baterías de botón QTCC 12 son de bajo coste y fácilmente escalable para su producción en masa. Además, la batería de botón QTCC 12 es una batería del botón estanco, sensible a presión que es aislante en el entorno intestinal y conductora en alojamientos de batería estándar. Es importante destacar que, la batería de botón QTCC 12 permite que los dispositivos existentes se accionen sin modificación, puesto que estos dispositivos son normalmente capaces de proporcionar una tensión de compresión por encima del umbral de tensión de compresión para la conducción.  
45  
50

Además, la caracterización electromecánica demuestra que las baterías de botón QTCC 12 pueden requerir aproximadamente dos veces la tensión aplicada predeterminada suministrada por el tracto gastrointestinal adulto para realizar la conducción, proporcionando un margen de seguridad suficiente, dada la variabilidad potencial de los tractos digestivos. Mientras que las baterías de botón convencionales 10 que están inmersas en el entorno de fluido conductor dañan fácilmente el tejido intestinal y liberan rápidamente contenidos nocivos incluyendo cadmio, plomo, mercurio y litio que pueden absorberse, la inmersión de las baterías de botón QTCC 12 en las mismas condiciones siguen siendo estancos y no producen electrólisis o daños en los tejidos después de la inmersión.  
55

**REIVINDICACIONES**

1. Una batería (12) para su uso en dispositivos electrónicos y que se ingiere de manera segura en un cuerpo que ejerce una tensión aplicada predeterminada en un tracto digestivo del cuerpo, comprendiendo la batería:

5 una parte superior de celda en un ánodo (14);  
 un cuenco de celda en un cátodo (16);  
 un revestimiento sensible a presión que comprende un compuesto de efecto túnel cuántico que cubre al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) y que proporciona propiedades conductoras sensibles a presión incluyendo un umbral de tensión de compresión de tal manera que, cuando una tensión por encima del umbral de tensión de compresión se aplica al revestimiento de material compuesto de efecto túnel (22), el revestimiento de material compuesto de efecto túnel (22) se coloca en un estado conductor en el que los electrones son capaces de atravesar el revestimiento de material compuesto de efecto túnel (22); y  
 10 una junta (18) que aísla y separa la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16),  
 en donde el umbral de tensión de compresión es mayor que la tensión aplicada predeterminada asociada al tracto digestivo del cuerpo, y  
 en donde o bien:

- (i) la batería (12) comprende además un sello estanco al agua (30) que se extiende entre el revestimiento sensible a presión y la junta (18), inhibiendo de este modo la batería (12) de cortocircuitar en un fluido conductor por debajo del umbral de tensión de compresión, o
- (ii) el revestimiento sensible a presión es un revestimiento impermeable al agua que se extiende hasta la junta (18) y que cubre completamente la al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) para no dejar ninguna superficie expuesta.

2. La batería de la reivindicación 1, en la que, cuando ninguna tensión o una tensión por debajo del umbral de tensión de compresión se aplica al revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22), el revestimiento de material compuesto de efecto túnel (22) está en un estado de aislamiento en el que los electrones son incapaces de desplazarse por efecto túnel cuántico a través del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22).

3. La batería de la reivindicación 1, en la que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22) comprende una matriz de polímero (26) con micropartículas conductoras (24) suspendidas en su interior que, colectivamente, proporcionan las propiedades conductivas sensibles a presión para el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22).

4. La batería de la reivindicación 3, en la que la matriz de polímero (26) comprende un caucho de silicona y las micropartículas conductoras (24) comprenden plata.

5. La batería de la reivindicación 3, en la que las micropartículas conductoras (24) incluyen una superficie con una rugosidad a nanoescala que mejora un gradiente de campo eléctrico de manera que, cuando las micropartículas conductoras (24) están separadas menos de 1-5 nm, los electrones son capaces de atravesar la matriz de polímero (26), conduciendo así corriente a través de la misma.

6. La batería de la reivindicación 1, en la que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22) tiene forma de disco y está construida a partir de una lámina de material compuesto de efecto túnel cuántico.

7. La batería de la reivindicación 1, en la que:

si la batería (12) comprende además un sello estanco al agua (30) que se extiende entre el revestimiento sensible a presión y la junta (18), inhibiendo de este modo el cortocircuito de la batería (12) en un fluido conductor por debajo del umbral de tensión de compresión, entonces el sello estanco al agua (30) es impermeable al agua y comprende un material de poli-dimetil siloxano y un agente de reticulación.

8. La batería de la reivindicación 1, en donde la batería (12) se puede ingerir de forma segura en el cuerpo debido a que la tensión aplicada predeterminada asociada al tracto digestivo del cuerpo se encuentra por debajo del umbral de tensión de compresión del revestimiento sensible a presión, lo que inhibe el daño al tejido intestinal e inhibe la liberación de los contenidos nocivos de la batería en el cuerpo.

9. La batería de la reivindicación 1, en la que el umbral de tensión de compresión para que el revestimiento sensible a presión realice la conducción es al menos el doble de la tensión aplicada predeterminada asociada al tracto digestivo del cuerpo.

10. La batería de la reivindicación 1, que comprende además un adhesivo conductor situado entre el revestimiento sensible a presión y la al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) en el que está recibido el revestimiento sensible a presión, en la que el adhesivo conductor comprende un material de plata conductor.
- 5
11. La batería de la reivindicación 1, en la que el revestimiento sensible a presión proporciona también una capa continua y estanca al agua sobre al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16).
- 10
12. La batería de la reivindicación 1, en la que el umbral de tensión de compresión tiene un valor de entre 15,5 N/cm<sup>2</sup> y 19,4 N/cm<sup>2</sup>.
13. La batería de la reivindicación 1, en la que el revestimiento sensible a presión es un revestimiento cerrado a presión.
- 15
14. La batería de la reivindicación 1, en donde la batería es una batería de botón.
15. Un método para construir una batería (12) que tiene una parte superior de celda en un ánodo (14) y un cuenco de celda en un cátodo (16) para su uso en dispositivos electrónicos y que se ingiere de manera segura en un cuerpo que ejerce una tensión aplicada predeterminada en un tracto digestivo del cuerpo, comprendiendo el método las etapas de aplicar un revestimiento sensible a presión que comprende un revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22) en al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) en el que el revestimiento sensible a presión proporciona propiedades conductoras sensibles a presión, incluyendo un umbral de tensión de compresión por encima del que el revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22) se coloca en un estado conductor en el que los electrones son capaces de desplazarse a través del revestimiento de material compuesto de efecto túnel cuántico (22), y separar con una junta (18) al menos una parte de la parte superior de celda en el ánodo (14) y del cuenco de celda en el cátodo (16), en donde el umbral de tensión de compresión es mayor que la tensión aplicada predeterminada asociada al tracto digestivo del cuerpo, y
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- en donde o bien:
- (i) el método comprende además la formación de un sello estanco al agua (30) entre el revestimiento sensible a presión y la junta (18), inhibiendo el sello estanco al agua (30) el cortocircuito de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) de la batería (12) en un fluido conductor por debajo del umbral de tensión de compresión, o
  - (ii) el revestimiento sensible a presión es un revestimiento impermeable al agua que se extiende hasta la junta (18) y que cubre completamente la al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) para no dejar superficies expuestas.
16. El método de la reivindicación 15, que comprende además la etapa de: aplicar un adhesivo conductor entre al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) antes de la etapa de aplicar el revestimiento sensible a presión; y fijar con adhesivo el revestimiento sensible a presión a la al menos una de la parte superior de celda en el ánodo (14) y el cuenco de celda en el cátodo (16) a través del adhesivo conductor.

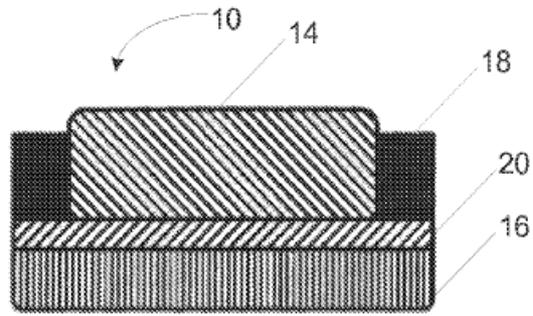


FIG. 1

TÉCNICA ANTERIOR

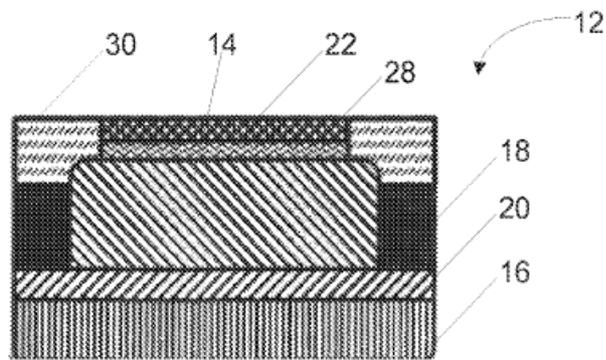


FIG. 2

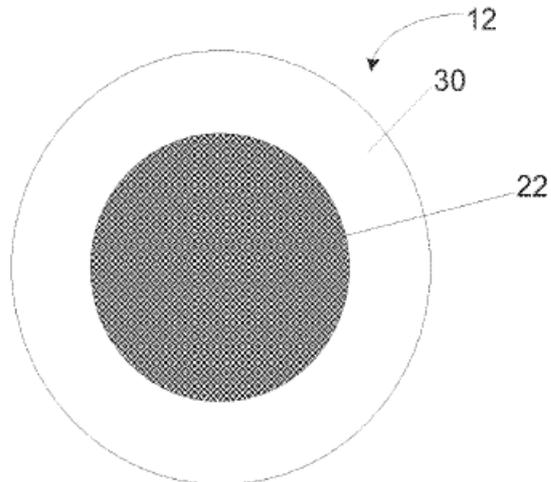


FIG. 3

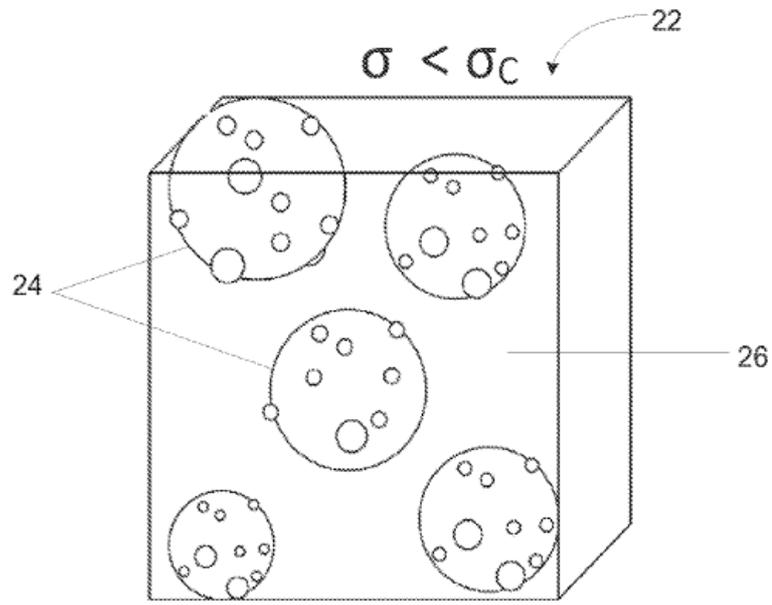


FIG. 4

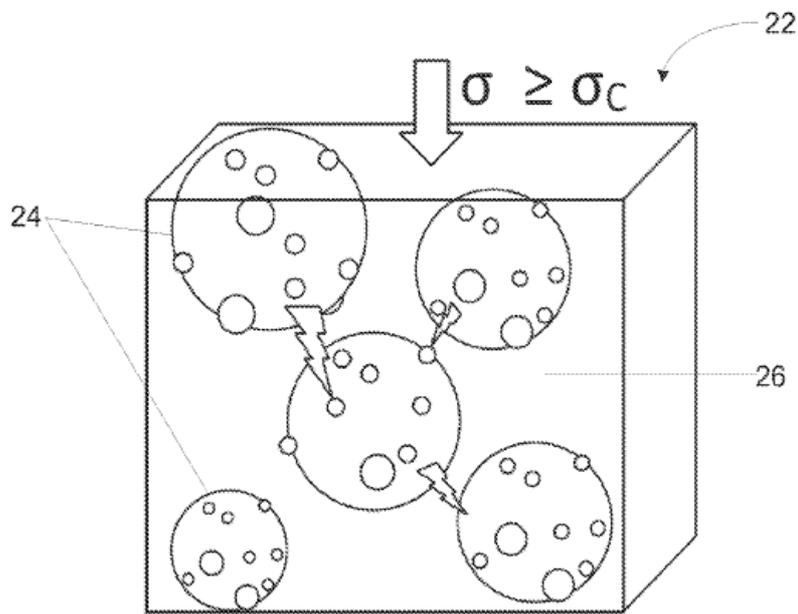
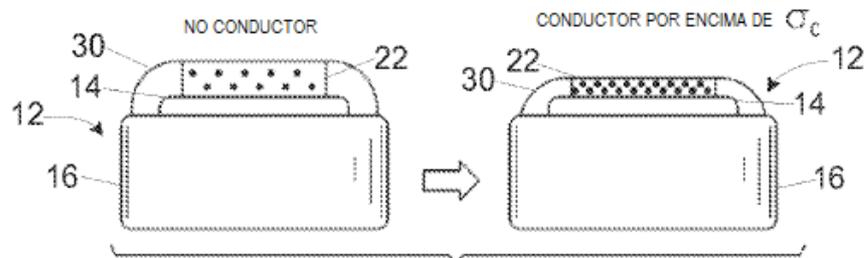
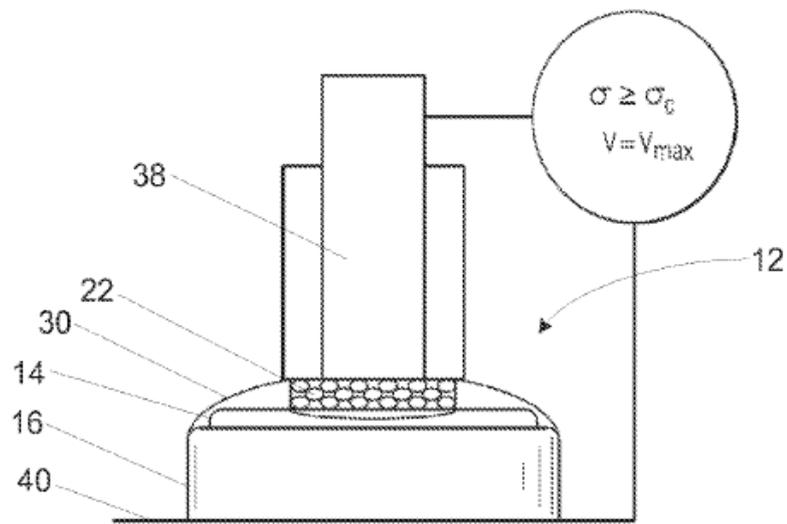
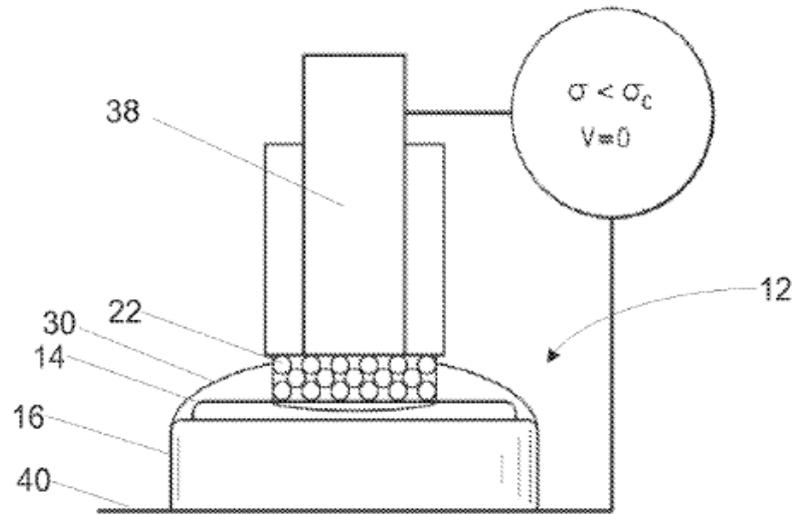


FIG. 5



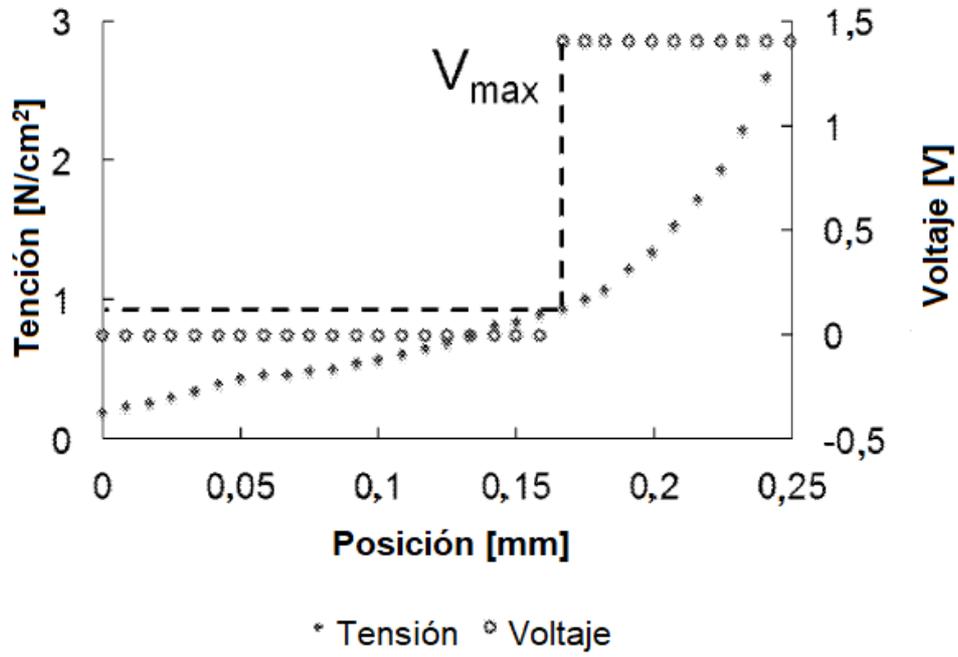


FIG. 7a

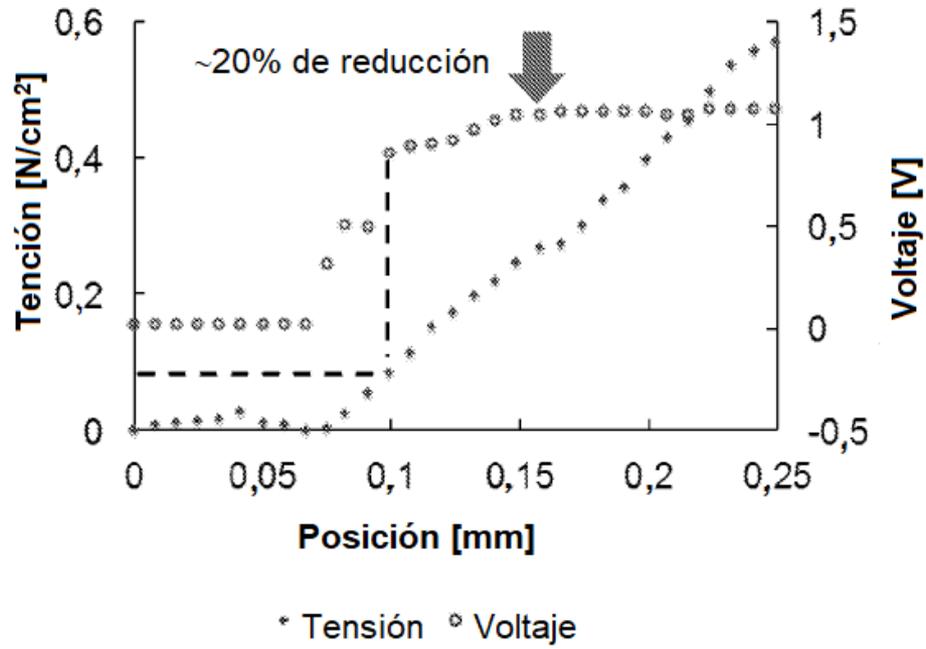


FIG. 7b

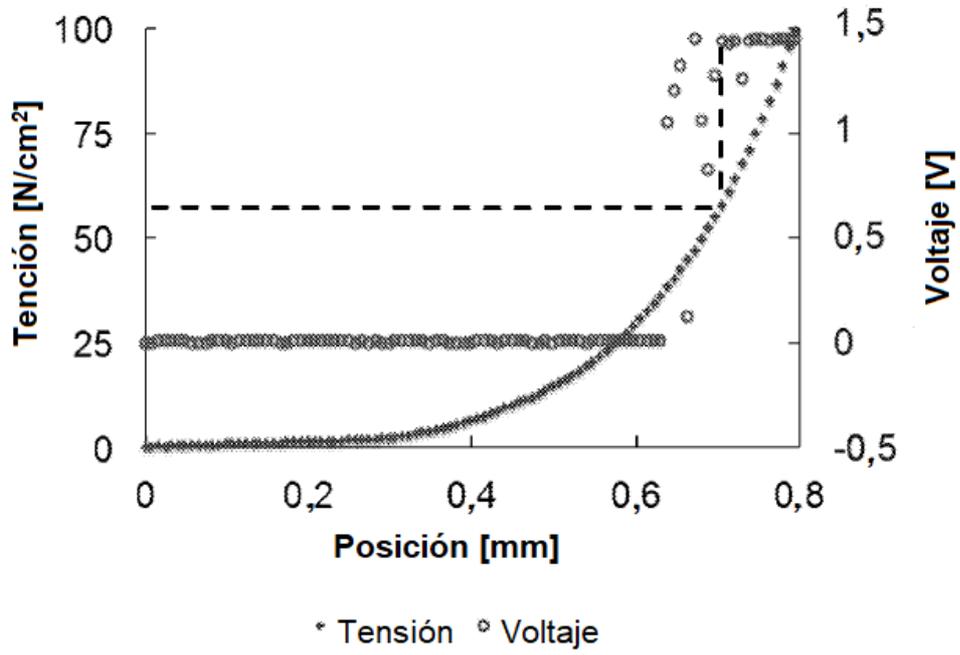


FIG. 8a

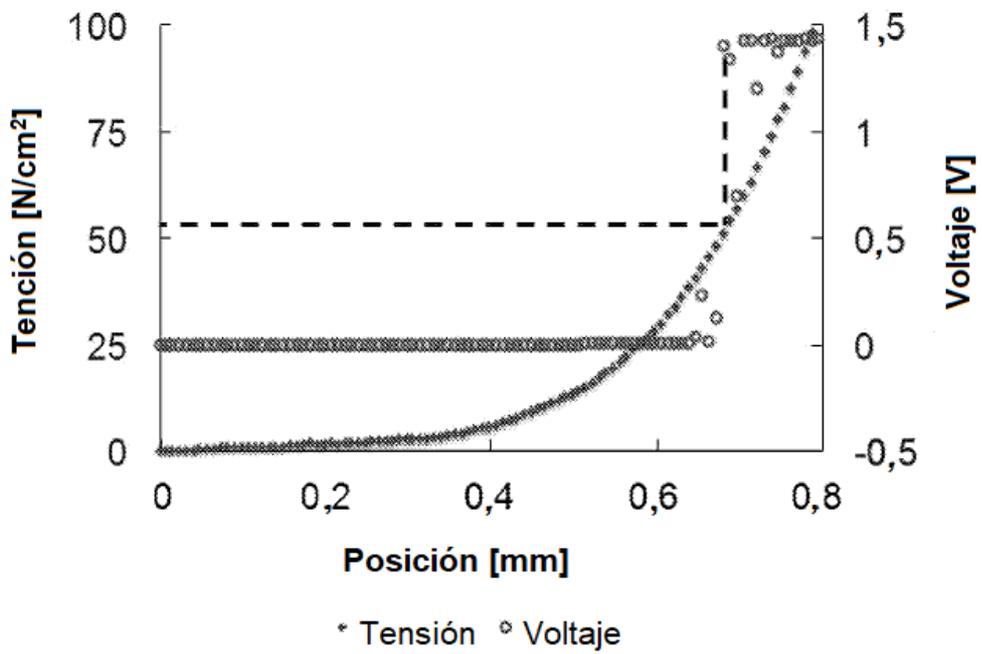


FIG. 8b

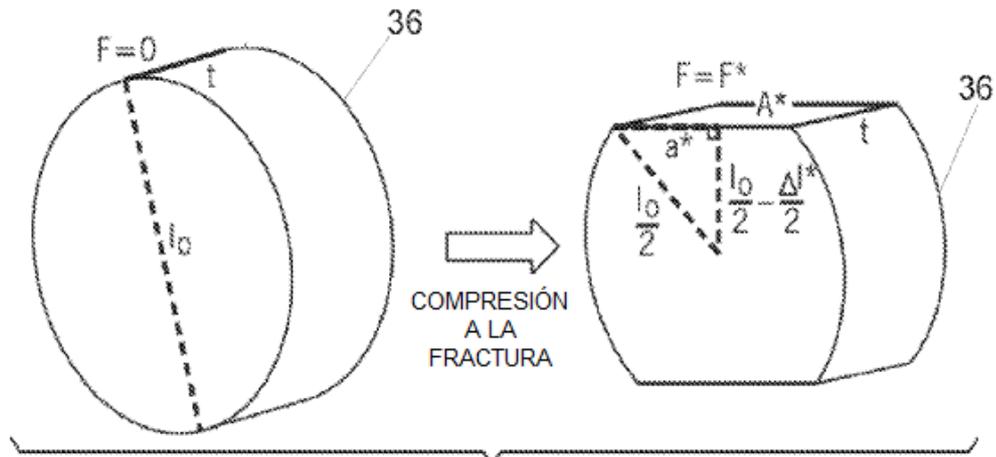


FIG. 9

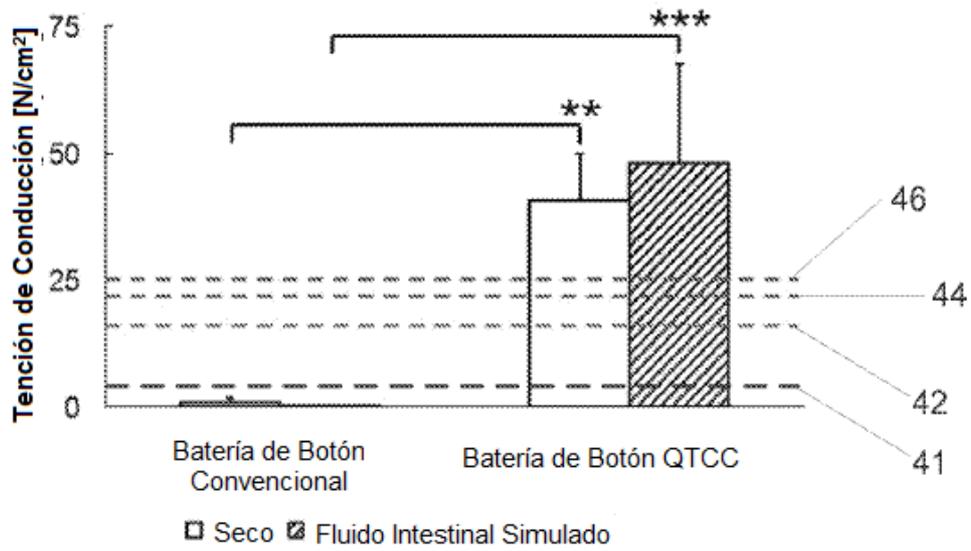


FIG. 10

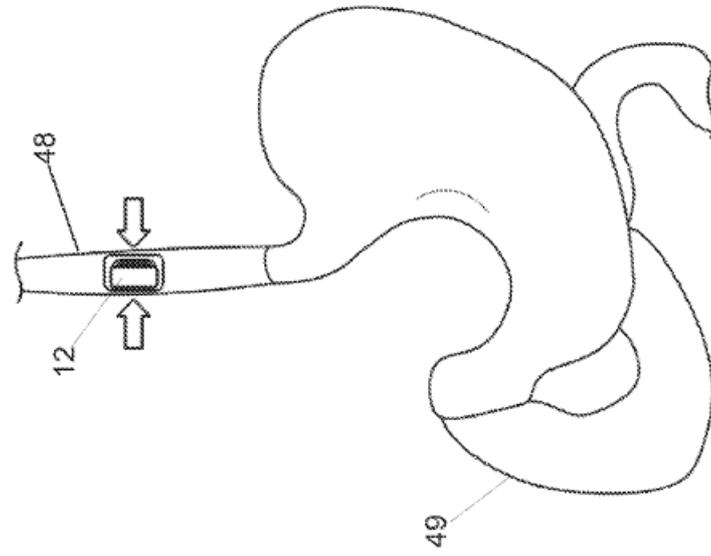


FIG. 11

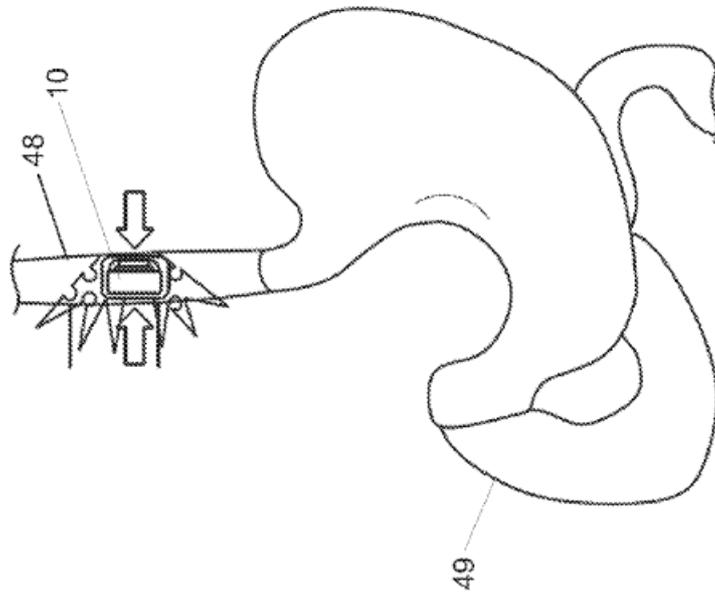


FIG. 12

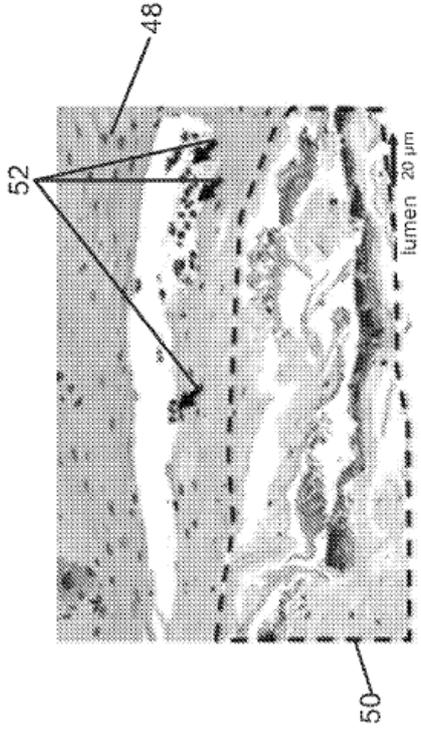


FIG. 13b

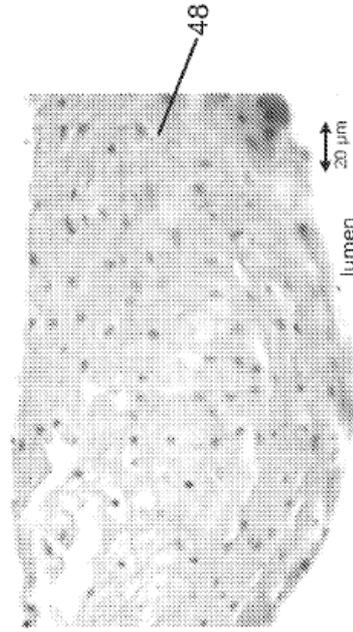


FIG. 13d

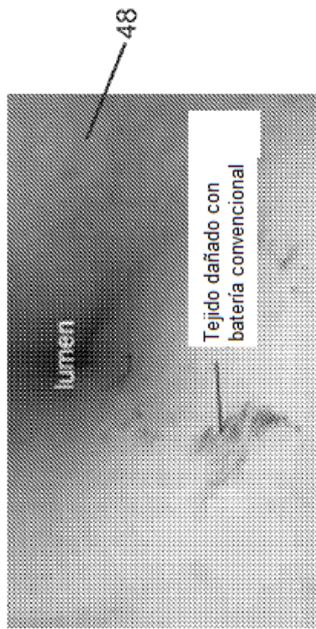


FIG. 13a

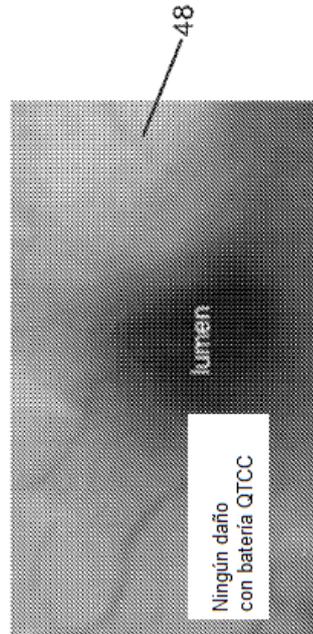


FIG. 13c

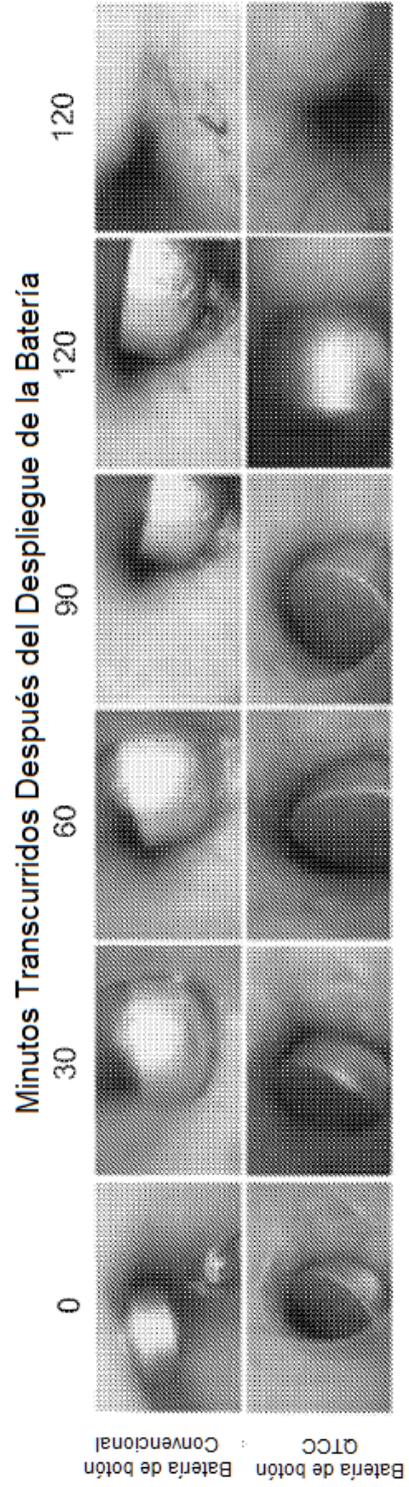


FIG. 14