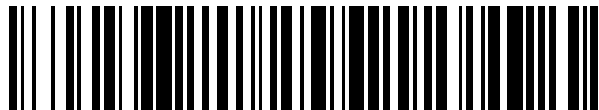


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 846**

51 Int. Cl.:

H01L 35/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2018 PCT/EP2018/086344**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019 WO19122215**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2018 E 18833875 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.02.2022 EP 3729527**

54 Título: **Generador de energía eléctrica, módulo generador de energía y circuito eléctrico**

30 Prioridad:

20.12.2017 WO PCT/EP2017/083786

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

06.06.2022

73 Titular/es:

**TERMO-IND S.A. (100.0%)
Corso San Gottardo 72
6830 Chiasso, CH**

72 Inventor/es:

**MAGAGNIN, LUCA;
IEFFA, SIMONA;
ACCOGLI, ALESSANDRA;
PANZERI, GABRIELE;
LIBERALE, FRANCESCO;
TIRELLA, VINCENZO;
GIBERTINI, EUGENIO;
SUCCA, LUCA y
BRUNETTI, SIMONE**

74 Agente/Representante:

RUO, Alessandro

ES 2 913 846 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

Generador de energía eléctrica, módulo generador de energía y circuito eléctrico

CAMPO DE LA INVENCION

5 [0001] La presente invención se refiere a un generador de energía eléctrica (GEE) que comprende un material activo, un módulo generador de energía (MGE) y un circuito eléctrico (CE).

ESTADO DE LA TÉCNICA

[0002] Es ampliamente conocido el uso de generadores de energía termoeléctricos y generadores de energía termoiónicos para la conversión de energía térmica directamente en energía eléctrica.

10 [0003] Los generadores de energía termoeléctricos son dispositivos basados en un efecto termoeléctrico, a saber, el efecto Seebeck, que implica interacciones entre el flujo de calor y el de electricidad entre cuerpos sólidos. Ejemplos de dichos dispositivos se dan a conocer en la patente EP 2521192 y en la solicitud de patente EP 2277209. En términos generales, los generadores de energía termoeléctricos constan de tres componentes principales: material termoeléctrico, módulos termoeléctricos y sistema termoeléctrico que interactúan con una fuente de calor.

15 [0004] Los materiales termoeléctricos generan energía directamente a partir del calor transformando diferencias de temperatura en tensión eléctrica. En concreto, estos materiales normalmente tienen tanto una alta conductividad eléctrica como una baja conductividad térmica. La baja conductividad térmica garantiza que, cuando un lado se calienta, el otro lado permanece frío. Esto ayuda a generar una gran tensión durante un gradiente de temperatura.

20 [0005] Un módulo termoeléctrico es un circuito que contiene materiales termoeléctricos que generan electricidad directamente a partir del calor. Un módulo consiste en dos materiales termoeléctricos distintos unidos en sus extremos, a saber, un semiconductor con carga negativa y un semiconductor con carga positiva. Fluirá una corriente eléctrica continua en el circuito cuando haya un gradiente de temperatura entre los dos materiales. Dicho gradiente lo proporciona el sistema termoeléctrico, que normalmente comprende intercambiadores de calor empleados a ambos lados en el módulo para suministrar respectivamente calor y frío.

25 [0006] Un generador de energía termoiónico, también denominado transformador de energía termoiónico, transforma el calor directamente en electricidad. Un generador de energía termoiónico comprende normalmente dos electrodos dispuestos en un contenedor. Uno de estos se eleva hasta una temperatura lo suficientemente alta para convertirse en un emisor de electrones termoiónico o «placa caliente». El otro electrodo se denomina colector, ya que recibe los electrones emitidos. El colector funciona a una temperatura significativamente menor. El espacio entre los electrodos puede estar vacío o alternativamente lleno de un gas vapor a baja presión. La energía térmica puede ser suministrada por fuentes químicas, solares o nucleares.

30 [0007] Los generadores de energía termoeléctricos, así como los generadores de energía termoiónicos, presentan muchos inconvenientes, entre ellos, la baja eficiencia de transformación y la necesidad de proporcionar un gradiente de temperatura. Además, dichos generadores requieren una fuente térmica relativamente constante.

35 [0008] Por lo tanto, el principal objetivo de la presente invención es proporcionar un generador de energía eléctrica capaz de transformar parte de la energía térmica en energía eléctrica y que permita superar los inconvenientes de los dispositivos de la técnica anterior.

40 [0009] En el documento WO2018/029139 A1 ya se describe un material activo capaz de aplicarse en un electrodo y de generar corriente cuando está comprendido entre al menos dos electrodos, sorprendentemente sin carga inicial y en dependencia de la temperatura. Concretamente, el material descrito en el documento WO2018/029139 A1 comprende al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Al₂O₃ y TiO₂, al menos un aditivo espesante seleccionado del grupo que consiste en agar-agar, goma xantana, metilcelulosa y goma arábiga, y al menos un aditivo plastificante, donde el tamaño de partícula del compuesto que contiene oxígeno presenta un diámetro medio específico. El documento EP 0 924 721 A1 describe una cerámica dieléctrica que comprende MgO, SiO₂, Al₂O₃ o CaO.

45 [0010] Los inventores descubrieron que los rendimientos del material activo eran peores en presencia de temperaturas superiores a 80 °C, y que la temperatura superior a 90 °C inducía la degradación del material activo, reduciendo los rendimientos del dispositivo y disminuyendo la estabilidad del dispositivo final.

[0011] Por lo tanto, otro objeto de la invención es proporcionar un generador eléctrico capaz de proporcionar energía eléctrica en un amplio intervalo de temperaturas.

50 [0012] Por consiguiente, otro objeto más de la invención es proporcionar un dispositivo eléctrico capaz de generar energía eléctrica que presente también una alta estabilidad a la temperatura.

SUMARIO DE LA INVENCION

55 [0013] Sorprendentemente, los inventores descubrieron que pueden proporcionar un nuevo material activo que puede aplicarse en un electrodo y generar corriente cuando está comprendido entre al menos dos electrodos sin carga inicial y en dependencia de la temperatura sin los inconvenientes de los dispositivos de la técnica anterior.

5 **[0014]** Por lo tanto, la invención según la reivindicación 1 se refiere a un generador de energía eléctrica (GEE) que comprende al menos dos electrodos, situados a una distancia adecuada entre sí y preferiblemente hechos de distinto material, comprendiendo entre dichos electrodos un material activo que comprende al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂, donde el tamaño de partícula del compuesto que contiene oxígeno presenta un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 µm y donde no hay presente un aditivo espesante seleccionado del grupo que consiste en agar-agar, goma xantana, metilcelulosa y goma arábiga, y donde el al menos un compuesto que contiene oxígeno o una mezcla de estos se encuentra en una cantidad en el intervalo del 50 % al 100 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.

10 **[0015]** En concreto, los inventores descubrieron que tenían que eliminar el aditivo espesante para superar los inconvenientes de los dispositivos del estado de la técnica. Por consiguiente, los inventores proponen un dispositivo sustancialmente nuevo en estado seco, como alternativa y mejora con respecto a los dispositivos de la técnica anterior.

15 **[0016]** En una forma de realización preferida, tampoco hay presente un compuesto de celulosa como agente espesante en el material activo de la invención. En otra forma de realización preferida y ventajosa, el al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂ o una mezcla de estos se encuentra en una cantidad en el intervalo de 50-80 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.

20 **[0017]** El material activo del GEE de la invención puede ser, por lo tanto, anhidro o puede contener una cierta cantidad de agua, como moléculas de agua coordinada al compuesto que contiene oxígeno, derivada del proceso de preparación del material activo: los inventores consideran que dicha agua coordinada en el material activo final puede mejorar los rendimientos de los dispositivos finales obtenidos incorporando el material activo. El compuesto que contiene oxígeno puede contener agua coordinada en el intervalo de 0,5 % en peso a 7,5 % en peso con respecto al compuesto que contiene oxígeno, preferiblemente de 0,5 % a 3,5 %, más preferiblemente de 0,5 % a 1,5 %.

25 **[0018]** Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que los aditivos espesantes utilizados en la técnica anterior son materiales orgánicos usados para aumentar la viscosidad de una dispersión líquida. Sin embargo, los inventores descubrieron que estos materiales tienen una baja estabilidad térmica intrínseca inducida por la reversibilidad del proceso de gelificación si se aplicó una temperatura superior a su temperatura de fusión. Por ejemplo, el agar-agar se gelifica y se funde respectivamente a 40 °C y 80 °C, y la metilcelulosa a 62 °C y 68 °C respectivamente.

30 **[0019]** En consecuencia, la exposición de estos materiales a temperaturas elevadas induce la degradación del material activo y, por lo tanto, empeora la estabilidad del dispositivo final.

[0020] Según la presente invención, el GEE es capaz de proporcionar energía eléctrica en un amplio intervalo de temperaturas.

[0021] La invención también proporciona un dispositivo eléctrico capaz de generar energía eléctrica que presenta también una alta estabilidad a la temperatura.

35 **[0022]** En una forma de realización preferida de la invención, el material activo comprende MgO, ZnO y ZrO₂ en polvo como compuestos que contienen oxígeno.

40 **[0023]** Por lo tanto, el GEE según la invención comprende compuestos que contienen oxígeno entre los al menos dos electrodos. Los electrodos están hechos de metales, aleaciones y/o materiales a base de carbono, como grafito. El grosor de los electrodos oscila preferiblemente entre 0,1 y 3000 µm, más preferiblemente entre 50 y 1000 µm, aún más preferiblemente entre 300 y 600 µm. En otra forma de realización de la invención, estos electrodos están hechos de polvos con un diámetro medio de partícula en el intervalo entre 10 nm y 40 µm, preferiblemente en el intervalo de 10 nm a 20 µm, más preferiblemente 10-100 nm. En una forma de realización preferida del GEE según la invención, los al menos dos electrodos están hechos de Al y grafito, en forma de lámina y polvo respectivamente. En caso de GEE flexible, tanto los materiales flexibles autónomos (entre los materiales anteriormente mencionados) como los polímeros metalizados pueden considerarse como electrodos.

[0024] Los inventores no excluyen la posibilidad de recargar el GEE aplicando un voltaje al GEE a una temperatura constante o durante una trayectoria térmica.

50 **[0025]** La presente invención se refiere también a un módulo generador de energía (MGE) según la reivindicación 19 que comprende una pluralidad de GEE que pueden estar conectados en serie o en paralelo sin poner en riesgo las características del GEE (tensión y corriente).

[0026] La presente invención también se refiere a un circuito eléctrico (CE) según las reivindicaciones 20 y 21 que comprende el MGE.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

55 **[0027]** Otras características y ventajas de la invención serán más evidentes a la luz de la descripción detallada del material activo y de las formas de realización preferidas del generador de energía eléctrica con la ayuda de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la Figura 1 muestra la estructura de un generador de energía eléctrica (GEE) según la presente invención;

- las Figuras 1A y 1B muestran respectivamente una primera forma de realización y una segunda forma de realización de un módulo generador de energía (MGE) que comprende una pluralidad de GEE según la presente invención;
- las Figuras 2A y 2B muestran un circuito eléctrico, en dos configuraciones operativas distintas, utilizado para la caracterización eléctrica de un GEE según la invención;
- 5 - la Figura 3 muestra un circuito eléctrico que puede usarse para la caracterización eléctrica de un MGE que comprende una pluralidad de GEE según la invención;
- la Figura 4 muestra un circuito eléctrico utilizado para la caracterización eléctrica del ejemplo 10;
- la Figura 5 muestra los resultados de la caracterización eléctrica del ejemplo 10;
- la Figura 6 muestra un circuito eléctrico utilizado para la caracterización eléctrica del ejemplo 11;
- 10 - la Figura 7 muestra los resultados de la caracterización eléctrica del ejemplo 11;
- las Figuras 8 y 9 muestran los resultados de la caracterización eléctrica del ejemplo 12;
- la Figura 10 muestra los resultados de la caracterización eléctrica del ejemplo 13;
- la Figura 11 muestra el circuito eléctrico utilizado para la caracterización eléctrica del ejemplo 14; y
- la Figura 12 muestra los resultados de la caracterización eléctrica del ejemplo 14.

15 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

[0028] Por consiguiente, la invención se refiere a un generador de energía eléctrica (GEE) que comprende al menos dos electrodos 10, situados a una distancia adecuada entre sí y preferiblemente hechos de distinto material, comprendiendo un material activo 20 entre dichos electrodos 10. En la Figura 1 se muestra la estructura de un GEE. Según la invención, dicho material activo comprende al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂, donde el tamaño de partícula del compuesto que contiene oxígeno tiene un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm y donde no hay presente un aditivo espesante seleccionado del grupo que consiste en agar-agar, goma xantana, metilcelulosa y goma arábiga.

[0029] En otra forma de realización preferida y ventajosa, el al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂ o una mezcla de estos se encuentra en una cantidad en el intervalo de 50 % a 100 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo, más preferiblemente 50-80 % (p/p).

[0030] El material activo del GEE de la invención podría comprender también al menos un aditivo plastificante. El al menos un aditivo plastificante se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en siloxanos, cera de carnauba, naftaleno, PVDF, parileno, PTFE, FEP, PDMS, polímeros de base acuosa y biopolímeros.

[0031] El material activo puede comprender también compuestos como aditivo, preferiblemente antraceno, materiales PZT y Si₃N₄.

[0032] Se piensa razonablemente que el uso combinado de estos materiales con los compuestos que contienen oxígeno de la invención podría aumentar el rendimiento del dispositivo o, al menos, mejorar los resultados obtenidos con regímenes particulares.

[0033] El material activo del GEE de la invención puede ser anhidro o puede contener una cierta cantidad de agua, como moléculas de agua coordinada, derivadas del proceso de preparación de este: los inventores consideran que dicha agua coordinada en el material activo final puede mejorar los rendimientos de los dispositivos finales obtenidos incorporando el material activo. El compuesto que contiene oxígeno puede contener agua coordinada en el intervalo de 0,5 % en peso a 7,5 % en peso con respecto al compuesto que contiene oxígeno, preferiblemente de 0,5 % a 3,5 %, más preferiblemente de 0,5 % a 1,5 %.

[0034] Las partículas de los compuestos a base de oxígeno del material activo presentan un diámetro medio en el intervalo de 5 nm a 40 μm, preferiblemente 15 nm-10 μm, más preferiblemente 20 nm-5 μm. En otro aspecto ventajoso y preferido de la invención, las partículas de los compuestos a base de oxígeno tienen un diámetro medio en el intervalo de 10-200 nm, más preferiblemente en el intervalo de 15-100 nm, aún más preferiblemente 20-40 nm.

[0035] El material activo del GEE de la invención comprende preferiblemente óxido de magnesio como compuesto que contiene oxígeno, más preferiblemente en el porcentaje en peso en el intervalo de 50 % a 100 % (p/p), preferiblemente de 50 % a 80 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.

[0036] El material activo comprende preferiblemente óxido de circonio como compuesto que contiene oxígeno, más preferiblemente en el porcentaje en peso en el intervalo de 50 % a 100 % (p/p), preferiblemente de 50 % a 80 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.

[0037] El material activo comprende preferiblemente MgO con ZrO₂ como compuestos que contienen oxígeno, más preferiblemente en el porcentaje en peso en el intervalo de 50 % a 100 % (p/p), aún más preferiblemente en el intervalo de 50 % a 80 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.

[0038] El material activo comprende preferiblemente MgO junto con ZnO y ZrO₂ como compuestos que contienen oxígeno, más preferiblemente cada uno en el porcentaje en peso en el intervalo de 50 % y 90% (p/p), aún más preferiblemente en el intervalo de 50 % y 80 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.

[0039] El GEE de la invención comprende el material activo entre los al menos dos electrodos.

- [0040] Los compuestos a base de oxígeno del material activo pueden situarse como polvo sobre al menos un electrodo y presionarse contra el otro electrodo de metal utilizando una máquina de prensado. Se pueden emplear técnicas alternativas ya conocidas en la materia, como, por ejemplo, sol-gel, impresión de inyección de tinta y pulverización catódica.
- 5 [0041] Los electrodos están hechos de metales, aleaciones y/o materiales a base de carbono, como grafito. El grosor de los electrodos oscila preferiblemente entre 0,1 y 3000 μm , más preferiblemente entre 50 y 1000 μm , aún más preferiblemente entre 300 y 600 μm . En una forma de realización preferida del GEE según la invención, los al menos dos electrodos están hechos de Cu y Al, preferiblemente en forma de placas o láminas sustancialmente paralelas. En caso de GEE flexible, tanto los materiales flexibles autónomos (entre los materiales anteriormente mencionados) como los polímeros metalizados pueden considerarse como electrodos.
- 10 [0042] En una forma de realización preferida del GEE 1 representado esquemáticamente en la Fig. 1, los al menos dos electrodos 10 tienen forma de placa. Las dos placas están dispuestas sustancialmente paralelas entre sí con el fin de definir un espacio relleno con el material activo 20 de la invención conforme a una «estructura de sándwich». La distancia de los electrodos 10 depende directamente del grosor deseado del material activo que se aplique.
- 15 [0043] La forma de los electrodos no es vinculante. En una forma de realización alternativa, por ejemplo, el GEE podría comprender dos electrodos cilíndricos coaxiales que definen un espacio anular relleno con el material activo según la invención. Según la invención, el GEE podría comprender más de dos electrodos, donde dos electrodos adyacentes definen un hueco relleno con el material activo.
- 20 [0044] Según una forma de realización preferida, los al menos dos electrodos están hechos de distinto material, preferiblemente de Cu y Al. Los al menos dos electrodos se someten preferiblemente a limpieza y grabado antes de su uso en el generador de energía eléctrica de la invención.
- [0045] El material activo del GEE de la invención se aplica preferiblemente en el electrodo, depositando el material activo en un grosor de 100 nm a 5 mm. Por otro lado, el grosor óptimo varía en función de las aplicaciones.
- 25 [0046] En otro aspecto, la invención se refiere a un módulo generador de energía (MGE) que comprende una pluralidad de GEE que pueden estar conectados en serie o en paralelo. En este sentido, la Figura 1A muestra un circuito que comprende un MGE donde los dos GEE están conectados en paralelo, mientras que la Figura 1B muestra un circuito que comprende un MGE que tiene dos GEE conectados en serie. Tanto los circuitos de las Figuras 1A como los de la 1B comprenden una resistencia de carga R_L . El voltaje relativo al MGE puede monitorizarse, por ejemplo, conectando un potenciómetro/galvanostato paralelo a la resistencia de carga R_L .
- 30 [0047] El material activo del GEE según la invención puede prepararse preferiblemente presionando los polvos del uno o más compuestos que contienen oxígeno que tienen el diámetro medio según la invención. Preferiblemente, la etapa de prensado puede llevarse a cabo directamente en uno de los dos electrodos del GEE de la invención.
- [0048] Alternativamente, el material activo puede depositarse como una composición sobre uno de los dos electrodos y someterse posteriormente a una etapa de horneado con el fin de obtener un producto sustancialmente seco.
- 35 [0049] Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación del material activo podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de tensión de circuito abierto (OCV), de acuerdo con la serie $\text{N}_2 > \text{Aire (húmedo)} > \text{Aire (seco)} > \text{O}_2 \text{ (seco)} > \text{CO}_2 \text{ (seco)}$.
- 40 [0050] En otro aspecto de la invención, los inventores consideran que el material activo propuesto contenido en el GEE de la invención podría integrarse razonablemente en la mezcla de materiales activos adoptados para la fabricación de los condensadores de uso común.
- [0051] Por lo tanto, en otro aspecto, la invención se refiere al uso de un material activo que comprende al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂, donde el tamaño de partícula del compuesto que contiene oxígeno tiene un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm y donde, para la fabricación de condensadores, no hay presente un aditivo espesante seleccionado del grupo que consiste en agar-agar, goma xantana, metilcelulosa y goma arábica.
- 45 [0052] En otro aspecto, la invención se refiere a un condensador que comprende al menos un primer electrodo, un segundo electrodo y un material activo que comprende al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂, donde el tamaño de partícula del compuesto que contiene oxígeno tiene un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm y donde no hay presente un aditivo espesante seleccionado del grupo que consiste en agar-agar, goma xantana, metilcelulosa y goma arábica.
- 50 [0053] En una forma de realización preferida, tampoco hay presente un compuesto de celulosa como agente espesante en el material activo de la invención.
- 55 [0054] En otra forma de realización preferida y ventajosa, el al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂,

SnO₂ y PbO₂ o una mezcla de estos se encuentra en una cantidad en el intervalo de 50 % a 100 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo, más preferiblemente 50-80 % (p/p).

[0055] Las características preferidas relativas al GEE según la invención pueden ser las mismas para el condensador según la invención a la vista de las mismas peculiaridades técnicas.

5 **[0056]** Como resultará evidente a partir de la siguiente parte experimental, el GEE de la invención es capaz de generar corriente en cuanto se monta, siendo por tanto un dispositivo distinto de un condensador convencional. Asimismo, y de manera sorprendente, los rendimientos del GEE de la invención tienen una fuerte dependencia a la temperatura, es decir, la diferencia de potencial aumenta con la temperatura. En concreto, con respecto a los generadores de energía tradicionales de la técnica anterior, el GEE según la invención no requiere un gradiente de temperatura. De hecho, el
10 generador de energía eléctrica de la invención es capaz de transformar parte de la energía térmica en energía eléctrica incluso en condición isotérmica. De manera específica y ventajosa, la corriente medida por el generador de energía eléctrica de la invención aumenta en un factor de 1,5-4, incrementando la temperatura de 20 a 80 °C.

15 **[0057]** Según la presente invención, el GEE es ventajosamente capaz de proporcionar energía eléctrica en un amplio rango de temperaturas. Ventajosamente, la energía eléctrica proporcionada por el GEE presenta una elevada estabilidad a la temperatura.

20 **[0058]** El GEE de la invención se caracterizó desde el punto de vista eléctrico. En primer lugar, se midió la tensión de circuito abierto (OCV) por medio de un multímetro, el dispositivo GEE presentó una tensión de 1 V en la configuración que comprende aluminio y grafito como electrodos y una mezcla de óxidos con MgO como componente principal. Se prepararon otros dispositivos GEE según la invención y, dependiendo de los componentes, electrodos y materiales en polvo, los resultados variaron entre 50 mV y 1200 mV.

25 **[0059]** En referencia a las Figuras 2A y 2B, se seleccionó un circuito eléctrico CE dedicado para caracterizar el GEE desde el punto de vista eléctrico. En concreto, se analizaron GEE basados en polvo de mezcla de óxidos. Como se muestra en el circuito de la Figura 2A, el GEE se conectó en serie con un condensador C con una tensión inicial $V_i=0$ V. Más concretamente, el circuito eléctrico CE comprende un interruptor SW que conecta el GEE al condensador C en un primer estado de conmutación. Durante una fase de carga (Figura 2A), el GEE cargó el condensador hasta alcanzar una tensión de equilibrio. Una vez cargado el condensador, el interruptor SW se activó (en un segundo estado de conmutación), conectando así el condensador a una resistencia de carga arbitraria R_L para descargar el condensador (fase de descarga o fase de reposo); el GEE estaba ahora eléctricamente aislado (Figura 2B). Con el término resistencia se hace referencia en general a una resistencia eléctrica, un diodo, una combinación de estos, o cualquier componente
30 eléctrico capaz de descargar el condensador C cuando el interruptor SW está en dicho segundo estado de conmutación.

35 **[0060]** La energía almacenada en el condensador se calculó a partir de la capacidad característica y la tensión cargada (V_c), medidas mediante un multímetro; preferiblemente, en esta configuración, se empleó un condensador electroquímico. En uno de los análisis realizados, se utilizó un interruptor temporizado para alternar la carga del condensador y la fase de reposo donde el GEE estaba eléctricamente aislado; en esta fase, se produjo la recuperación de las celdas de tensión. Durante esta fase (Figura 2B), con el condensador conectado en serie con una resistencia arbitraria (RL) con el único fin de descargarlo completamente antes de comenzar el siguiente ciclo de carga, la curva de descarga se monitorizó mediante un multímetro.

[0061] La Figura 3 muestra un MGE en el mismo circuito eléctrico analizado en la Figura 2.

40 **[0062]** A continuación se ilustrará la invención mediante algunos ejemplos no limitativos del material activo y el GEE de la invención.

Ejemplos:

Ejemplo 1:

Preparación de un GEE de la invención

45 **[0063]** En un procedimiento típico, se coloca una lámina de aluminio con un grosor de aproximadamente 100 μ m en el fondo de un molde con forma circular de 2 cm de diámetro. Se espolvorea 0,1 g de polvo de MgO con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μ m, preferiblemente en el intervalo de 1-10 μ m, más preferiblemente 2-5 μ m, comercializado por Sigma-Aldrich, sobre Al y se presiona suavemente con un pistón a 0,01 MPa para compactar el polvo activo. A continuación, se espolvorea polvo de grafito (100 μ m de malla, 0,05 g) o polvo de cobre (20 μ m de malla, 0,03 g) sobre el material activo y se retira el molde. Por último, se aplica un esfuerzo de compresión de 800 MPa durante 5 minutos y después se libera. Los comprimidos obtenidos de este modo tienen un diámetro de 2 cm, un grosor de 0,05 cm y un peso de 0,35 g.

50 **[0064]** Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de OCV, de acuerdo con la serie N₂ > Aire (húmedo) > Aire (seco) > O₂ (seco) > CO₂ (seco).

55

Ejemplo 2:Preparación de un GEE de la invención

5 **[0065]** En un procedimiento típico, se coloca una lámina de aluminio con un grosor de aproximadamente 100 μm en el fondo de un molde con forma circular de 1,5 cm de diámetro. Se espolvorea 0,1 g de polvo de ZrO_2 con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm , preferiblemente en el intervalo de 1-10 μm , más preferiblemente 2-5 μm , comercializado por Sigma-Aldrich, sobre Al y se presiona suavemente con un pistón a 0,01 MPa para compactar el polvo activo. A continuación, se espolvorean láminas de cobre (50 μm de grosor y 1,5 cm de diámetro) o polvo de cobre (20 μm de malla, 0,03 g) sobre el material activo y se retira el molde. Por último, se aplica un esfuerzo de compresión de 800 MPa durante 5 minutos y después se libera. Los comprimidos obtenidos de este modo presentan un diámetro de 1,5 cm y un área activa de 1,76 cm^2 .

10 **[0066]** Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de OCV, de acuerdo con la serie $\text{N}_2 > \text{Aire (húmedo)} > \text{Aire (seco)} > \text{O}_2 \text{ (seco)} > \text{CO}_2 \text{ (seco)}$.

Ejemplo 3:Preparación de un GEE de la invención

15 **[0067]** En un procedimiento típico, se coloca una lámina de aluminio con un grosor de aproximadamente 100 μm en el fondo de un molde con forma circular de 1,5 cm de diámetro. Se espolvorea 0,1 g de polvo de MgO con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm , preferiblemente en el intervalo de 1-10 μm , más preferiblemente 2-5 μm , comercializado por Sigma-Aldrich, sobre Al y se presiona suavemente con un pistón a 0,01 MPa para compactar el polvo activo. A continuación, se espolvorean láminas de cobre (50 μm de grosor y 1,5 cm de diámetro) o polvo de cobre (20 μm de malla, 0,03 g) sobre el material activo y se retira el molde. Por último, se aplica un esfuerzo de compresión de 800 MPa durante 5 minutos y después se libera. Los comprimidos obtenidos de este modo presentan un diámetro de 1,5 cm y un área activa de 1,76 cm^2 .

20 **[0068]** Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de OCV, de acuerdo con la serie $\text{N}_2 > \text{Aire (húmedo)} > \text{Aire (seco)} > \text{O}_2 \text{ (seco)} > \text{CO}_2 \text{ (seco)}$.

Ejemplo 4:Preparación de un GEE de la invención

25 **[0069]** En un procedimiento típico, se coloca una lámina de aluminio con un grosor de aproximadamente 100 μm en el fondo de un molde con forma circular de 1,5 cm de diámetro. Se espolvorea 0,1 g de polvo de In_2O_3 con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm , preferiblemente en el intervalo de 1-10 μm , más preferiblemente 2-5 μm , comercializado por Sigma-Aldrich, sobre Al y se presiona suavemente con un pistón a 0,01 MPa para compactar el polvo activo. A continuación, se espolvorean láminas de cobre (50 μm de grosor y 1,5 cm de diámetro) o polvo de cobre (20 μm de malla, 0,03 g) sobre el material activo y se retira el molde. Por último, se aplica un esfuerzo de compresión de 800 MPa durante 5 minutos y después se libera. Los comprimidos obtenidos de este modo presentan un diámetro de 1,5 cm y un área activa de 1,76 cm^2 .

30 **[0070]** Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de OCV, de acuerdo con la serie $\text{N}_2 > \text{Aire (húmedo)} > \text{Aire (seco)} > \text{O}_2 \text{ (seco)} > \text{CO}_2 \text{ (seco)}$.

Ejemplo 5:Preparación de un GEE de la invención

35 **[0071]** En un procedimiento típico, se coloca una lámina de aluminio con un grosor de aproximadamente 100 μm en el fondo de un molde con forma circular de 1,5 cm de diámetro. Se espolvorea 0,1 g de polvo de GeO_2 con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm , preferiblemente en el intervalo de 1-10 μm , más preferiblemente 2-5 μm , comercializado por Sigma-Aldrich, sobre Al y se presiona suavemente con un pistón a 0,01 MPa para compactar el polvo activo. A continuación, se espolvorean láminas de cobre (50 μm de grosor y 1,5 cm de diámetro) o polvo de cobre (20 μm de malla, 0,03 g) sobre el material activo y se retira el molde. Por último, se aplica un esfuerzo de compresión de 800 MPa durante 5 minutos y después se libera. Los comprimidos obtenidos de este modo presentan un diámetro de 1,5 cm y un área activa de 1,76 cm^2 .

40 **[0072]** Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de OCV, de acuerdo con la serie $\text{N}_2 > \text{Aire (húmedo)} > \text{Aire (seco)} > \text{O}_2 \text{ (seco)} > \text{CO}_2 \text{ (seco)}$.

Ejemplo 6:Preparación de un material activo para un GEE de la invención

45 **[0073]** En un procedimiento típico, se mezclaron copos (o polvo) de PVDF (fluoruro de polivinilideno) con disolvente NMP (N-metil-2-pirrolidona) y se agitó durante un intervalo de tiempo comprendido en el rango de 12 h a 48 h, hasta que se logró una completa disolución del soluto. En una forma de realización preferida, para acelerar la disolución del PVDF, se podría aumentar la temperatura hasta un máximo de 80 $^\circ\text{C}$.

[0074] El contenido de PVDF en la solución era de al menos un 0,5 %, preferiblemente en el intervalo de un 4 % a un 10 % con respecto al peso total.

5 [0075] Después de esta etapa, se añadieron polvos de óxido con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 µm, preferiblemente en el intervalo de 1-10 µm, más preferiblemente 2-5 µm, comercializados por Sigma-Aldrich, en una cantidad de al menos 0,6 %, preferiblemente entre un 10 % y un 30 % con respecto al peso total del material activo. La mezcla obtenida de este modo presentó un valor de viscosidad comprendido preferiblemente en el intervalo de 1000 cPa a 10 000 cPa, más preferiblemente de 5000 cPa a 7000 cPa, según lo medido con el viscosímetro giratorio Viscotester VTR5 a rpm=20 a T=25 °C.

[0076] La composición se indica en la siguiente tabla.

Sustancia química	Cantidad [g]
NMP	72
PVDF	8
MgO	15
ZrO ₂	5

10 [0077] Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de OCV, de acuerdo con la serie N₂ > Aire (húmedo) > Aire (seco) > O₂ (seco) > CO₂ (seco).

Ejemplo 7:

15 Preparación de un GEE de la invención

[0078] Se montó un generador de energía eléctrica GEE utilizando la composición del material activo del Ejemplo 6.

20 [0079] Se limpiaron y se grabaron dos electrodos cuadrados, hechos respectivamente de Cu y Al y con la misma área (aprox. 25 cm²) para utilizarlos para el montaje del generador de energía eléctrica. A continuación se depositó el material activo que contiene polvos de óxidos con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 µm, preferiblemente en el intervalo de 1-10 µm, más preferiblemente 2-5 µm, comercializado por Sigma-Aldrich, sobre la superficie del electrodo de Cu con la técnica de cuchilla rascadora. El grosor del material activo era de aproximadamente 500 µm. El producto obtenido de este modo se horneó en un intervalo de temperatura de 60 °C a 100 °C, preferiblemente de 70 °C a 90 °C, durante un período de tiempo en el rango de 30 minutos a 12 horas, preferiblemente 2 horas, con el fin de secar el material activo, obteniendo así un generador de energía eléctrica sólido. Tras esta etapa, el electrodo de Al se colocó sobre el material activo depositado de manera paralela con respecto al electrodo de Cu. Los dos electrodos se presionaron suavemente para garantizar un contacto uniforme del material activo con su propia superficie.

25 [0080] El compuesto que contiene oxígeno utilizado y, por lo tanto, el material activo contenían agua coordinada en el intervalo de 0,5 % en peso a 7,5 % en peso con respecto al compuesto que contiene oxígeno, preferiblemente de 0,5 % a 3,5 %, más preferiblemente de 0,5 % a 1,5 %.

30 Ejemplo 8:

Preparación de un GEE de la invención

[0081] Se montó un generador de energía eléctrica GEE utilizando la composición del material activo del ejemplo 6.

35 [0082] Se limpiaron y se grabaron dos electrodos cuadrados, hechos respectivamente de Cu y Al y con la misma área (aprox. 25 cm²) para utilizarlos para el montaje del generador de energía eléctrica. A continuación se depositó el material activo que contiene polvos de óxidos con un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 µm, preferiblemente en el intervalo de 1-10 µm, más preferiblemente 2-5 µm, comercializado por Sigma-Aldrich, sobre la superficie del electrodo de Cu con la técnica del recubrimiento giratorio, acelerando el sustrato de 0 a 1000 rpm durante 30 segundos y durante 60 segundos más a 1000 rpm.

40 [0083] El producto obtenido de este modo se horneó en un intervalo de temperatura de 60 °C a 120 °C, preferiblemente de 80 °C a 100 °C, durante un período de tiempo en el rango de 30 minutos a 12 horas, preferiblemente 2 horas, con el fin de secar el material activo, obteniendo así un generador de energía eléctrica sólido. Tras esta etapa, el electrodo de Al se colocó sobre el material activo depositado de manera paralela con respecto al electrodo de Cu. Los dos electrodos se presionaron suavemente para garantizar un contacto uniforme del material activo con su propia superficie.

45 [0084] El compuesto que contiene oxígeno utilizado y, por lo tanto, el material activo contenían agua coordinada en el intervalo de 0,5 % en peso a 7,5 % en peso con respecto al compuesto que contiene oxígeno, preferiblemente de 0,5 % a 3,5 %, más preferiblemente de 0,5 % a 1,5 %.

Ejemplo 9:Preparación de un material activo de un GEE de la invención

5 **[0085]** En un procedimiento típico, se emplea Mg-metóxido (6-10 % en peso de solución en metanol) como precursor. Se usan metanol seco, ácido acético y monoetanolamina respectivamente como disolvente y estabilizantes. Se diluyó Mg-metóxido (2-10 ml) en metanol seco (4-12 ml), mientras que en otro matraz se añadieron ácido acético (0,02-0,1 ml, relación AA/alcóxido 0,1-0,5) y monoetanolamina (0,01-0,05 ml) a metanol seco (4-12 ml). A continuación, la solución de ácido acético y monoetanolamina se añadió a la solución precursora de Mg, y se dejó reaccionar durante 0,5-4 h. Después, la solución de MgO se sonicó a 50 °C durante 5-30 minutos y posteriormente se calentó, se agitó y se dejó madurar durante 12-24 h. El gel obtenido de este modo puede aplicarse sobre el electrodo metálico mediante simples técnicas de recubrimiento por inmersión o recubrimiento giratorio y tratarse térmicamente a 180-700 °C, preferiblemente a 200-500 °C, más preferiblemente a 250-450 °C. La duración del tratamiento térmico oscila entre 5-100 minutos, preferiblemente 5-30 minutos, más preferiblemente 5-20 minutos. El contraelectrodo puede aplicarse sobre el electrodo recubierto de gel antes del tratamiento térmico o después del propio tratamiento térmico.

10 **[0086]** Sin limitarse a ninguna teoría, los inventores consideran que el flujo de diferentes especies gaseosas seleccionadas durante el proceso de preparación podría mejorar los rendimientos finales del GEE obtenido de este modo, en términos de OCV, de acuerdo con la serie N₂ > Aire (húmedo) > Aire (seco) > O₂ (seco) > CO₂ (seco).

Ejemplo 10:Caracterización eléctrica de un GEE de la invención

20 **[0087]** El GEE del Ejemplo 2 se caracterizó eléctricamente utilizando el potencióstato/galvanostato AMEL2553. El circuito eléctrico se muestra en la Figura 4. De forma más detallada, la Figura 4 muestra el GEE, proporcionando una corriente, junto con su propia resistencia interna (R_i). Esta última se define normalmente como una relación entre el potencial de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. El GEE estaba conectado en serie a un condensador de 10 µF, y la tensión del condensador se monitorizó conectando el galvanostato en paralelo a este. La resistencia de fuente (R_i) depende en gran medida de los componentes del material activo. El material activo resultó tener una baja conductividad. El generador de energía eléctrica se caracterizó realizando un análisis potenciométrico estableciendo una corriente nula (tensión abierta). El resultado se muestra en la Figura 5. En referencia a esta, se puede observar que, tras 35 s, el condensador estaba cargado hasta 760 mV, correspondientes a 8×10⁻¹⁰ Wh.

Ejemplo 11:Caracterización térmica de un GEE de la invención

30 **[0088]** El generador de energía eléctrica del Ejemplo 3 se analizó a distintas temperaturas utilizando el esquema de circuito indicado en la Figura 6. El análisis duró 900 segundos. Durante los primeros 60 segundos, se realizó una medición de tensión abierta a temperatura ambiente (es decir, 18 °C). Posteriormente, el GEE se calentó a una temperatura igual a 50 °C. Esta temperatura se mantuvo constante durante 100 segundos. Tras este intervalo de tiempo, el GEE se enfrió hasta la temperatura ambiente (T_a). La OCV se monitorizó durante la totalidad de la duración del experimento. El experimento se ha llevado a cabo utilizando un potencióstato/galvanostato AMEL2553.

35 **[0089]** Se obtuvo la curva indicada en la Figura 7. La tensión abierta medida a una temperatura igual a 50 °C es 1,5 veces mayor con respecto al valor inicial. Tras el intervalo de tiempo a 50 °C, la OCV disminuyó gradualmente con la reducción de la temperatura.

Ejemplo 12:Caracterización eléctrica de un GEE de la invención

40 **[0090]** La posibilidad de trabajar con descarga alterna se ha evaluado para un GEE que presenta las características del Ejemplo 1, a saber, grosor, medio activo, composición, material de los electrodos, área de los electrodos como en el Ejemplo 1. Para este ensayo, se ha utilizado un circuito eléctrico como el de las Figuras 2A y 2B. En dicho circuito, se ha proporcionado una resistencia de carga R_L de 10 ohm. La descarga alterna comprende 5 minutos de trabajo y 5 minutos de reposo. Sin embargo, pueden aplicarse distintos tiempos de activación y desactivación. En los 5 minutos de trabajo, el circuito está cerrado y el condensador se carga mediante el GEE. En los 5 minutos de reposo, el circuito está abierto y el condensador se descarga mediante la resistencia de carga R_L. La expresión «ESTADO ACTIVADO» quiere indicar un período de trabajo en el que el condensador está cargado. En este caso concreto, esta condición se produjo cíclicamente cada 5 minutos. Durante los siguientes 5 minutos, el condensador estaba desconectado (ESTADO DESACTIVADO) del GEE y descargado mediante la R_L.

45 **[0091]** Este tipo de experimento se realizó en condensadores tanto de 10 µF como de 50 µF. La Figura 8 y la Figura 9 muestran los valores de OCV para el condensador justo en el inicio del estado desactivado para el condensador de 10 µF y 50 µF, respectivamente.

Tabla 1

Condensador	OCV media [V]	Wh	Wh/l	Wh/kg
10 μ F	1,25	2,16E-09	1,38E-05	6,07E-06
50 μ F	0,9	5,66E-09	3,61 E-05	1,59E-05

5 **[0092]** Teniendo en cuenta los valores indicados en la Tabla 1, puede observarse que al incrementar cinco veces la capacidad del condensador, la energía suministrada relativa es casi 2,6 veces mayor. Es evidente que el circuito tiene una gran influencia en los rendimientos del GEE.

Ejemplo 13:

10 **[0093]** El generador de energía eléctrica del Ejemplo 2 se analizó utilizando el potencióstato/galvanostato AMEL2553 en la detección de la tensión de circuito abierto (OCV). El esquema del circuito se indica en la Figura 6. La medida de la OCV con el tiempo se muestra en la Figura 10, en la que es posible observar que el valor de OCV es estable en el tiempo a 1.135 V.

Ejemplo 14:

15 **[0094]** Para demostrar la posibilidad de tener un módulo generador de energía (MGE) capaz de suministrar valores de potencia superiores, se conectaron en serie tres GEE fabricados según el Ejemplo 1. La tensión de circuito abierto se monitorizó con un potencióstato/galvanostato AMEL2553. El circuito eléctrico se indica en la Figura 11. La Figura 12 muestra que el valor de OCV a temperatura ambiente para tres GEE es constante en el tiempo a 1,6 V, mientras que el valor de OCV para el GEE único basado en el Ejemplo 1 es de aproximadamente 0,5 V.

REIVINDICACIONES

1. Generador de energía eléctrica (GEE) que comprende al menos un primer electrodo (11) y un segundo electrodo (12), donde el generador de energía eléctrica comprende un material activo entre dichos electrodos (11,12), comprendiendo dicho material activo al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂, donde el tamaño de partícula del compuesto que contiene oxígeno presenta un diámetro medio en el intervalo de 10 nm a 40 μm y donde no hay presente un aditivo espesante seleccionado del grupo que consiste en agar-agar, goma xantana, metilcelulosa y goma arábiga, y donde el al menos un compuesto que contiene oxígeno o una mezcla de estos se encuentra en una cantidad en el intervalo del 50 % al 100 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.
2. Generador de energía eléctrica (GEE) según la reivindicación 1, donde no hay presente un compuesto de celulosa como agente espesante.
3. Generador de energía eléctrica (GEE) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el al menos un compuesto que contiene oxígeno seleccionado del grupo que consiste en MgO, ZnO, ZrOCl₂, ZrO₂, SiO₂, Bi₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃, TiO₂, BeO, CaO, Ga₂O₃, In₂O₃, GeO₂, SnO₂ y PbO₂ o una mezcla de estos se encuentra en una cantidad en el intervalo de 50-80 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.
4. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde el al menos un compuesto que contiene oxígeno del material activo presenta un diámetro medio de partícula en el intervalo de 5 nm a 40 μm, preferiblemente en el intervalo de 15 nm-10 μm, más preferiblemente 20 nm-5 μm.
5. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde el al menos un compuesto que contiene oxígeno del material activo presenta un diámetro medio de partícula en el intervalo de 10 a 200 nm, preferiblemente en el intervalo de 15-100 nm, más preferiblemente 20-40 nm.
6. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el al menos un compuesto que contiene oxígeno del material activo es MgO, en el intervalo de 50 % y 100 % (p/p), preferiblemente en el intervalo de 50 % y 80 % (p/p) con respecto a la cantidad del material activo.
7. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el al menos un compuesto que contiene oxígeno del material activo es ZnO o ZrO₂.
8. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el material activo comprende MgO, ZnO, ZrO₂.
9. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde el material activo también comprende al menos un aditivo plastificante.
10. Generador de energía eléctrica según la reivindicación 9, donde el al menos un aditivo plastificante se selecciona del grupo que consiste en siloxanos, cera de carnauba, naftaleno, PVDF, parileno, PTFE, FEP, PDMS, polímeros de base acuosa y biopolímeros.
11. Generador de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde el compuesto que contiene oxígeno contiene agua coordinada en el intervalo de 0,5 % en peso a 7,5 % en peso con respecto al compuesto que contiene oxígeno, preferiblemente de 0,5 % a 3,5 %, más preferiblemente de 0,5 % a 1,5 %.
12. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, donde dichos electrodos están hechos de diferentes materiales en forma de polvos o láminas metálicas.
13. Generador de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, donde dichos electrodos están hechos del mismo material.
14. Generador de energía eléctrica (GEE) según la reivindicación 12, donde dicho primer electrodo (11) está hecho de cobre y donde dicho segundo electrodo está hecho de aluminio.
15. Generador de energía eléctrica (GEE) según la reivindicación 13, donde dichos electrodos están hechos de cobre.
16. Generador de energía eléctrica (GEE) según la reivindicación 13, donde dichos electrodos están hechos de aluminio.
17. Generador de energía eléctrica (GEE) según la reivindicación 13, donde dichos electrodos están hechos de grafito.
18. Generador de energía eléctrica (GEE) según la reivindicación 12, donde dichos electrodos están hechos de un material seleccionado de un grupo que consiste en metales, aleaciones y materiales a base de carbono.
19. Módulo generador de energía (MGE) **caracterizado por que** comprende una pluralidad de generadores de energía eléctrica (GEE) según cualquiera de las reivindicaciones 1-18, donde dichos generadores están conectados en paralelo o en serie.
20. Circuito eléctrico (CE) que comprende un GEE según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, donde dicho circuito (CE) comprende también un condensador (C), una resistencia (R_L) y un interruptor (SW), y donde:
 - en un primer estado de conmutación, dicho interruptor (SW) conecta dicho condensador (C) en serie con dicho GEE;
 - y

- en un segundo estado de conmutación, dicho interruptor (SW) conecta dicho condensador (C) en serie con dicha resistencia (R_L).

21. Circuito eléctrico (CE) que comprende un MGE según la reivindicación 19, donde dicho circuito (CE) comprende también un condensador (C), una resistencia (R_L) y un interruptor (SW), y donde:

- 5
- en un primer estado de conmutación, dicho interruptor (SW) conecta dicho condensador (C) en serie con dicho MGE;
y
 - en un segundo estado de conmutación, dicho interruptor (SW) conecta dicho condensador (C) en serie con dicha resistencia (R_L).

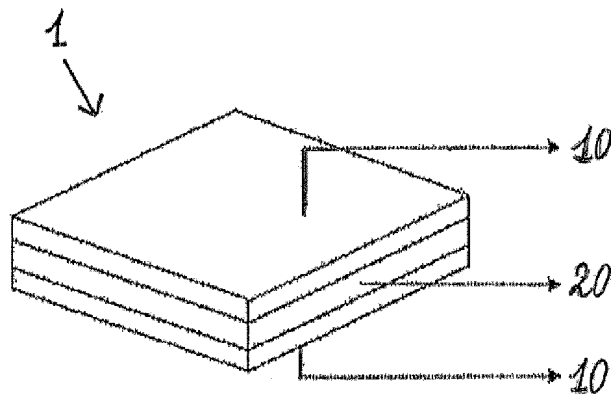


Figura 1

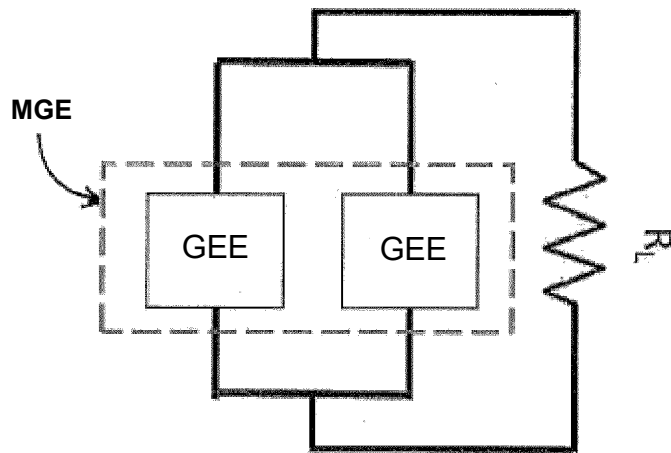


Figura 1A

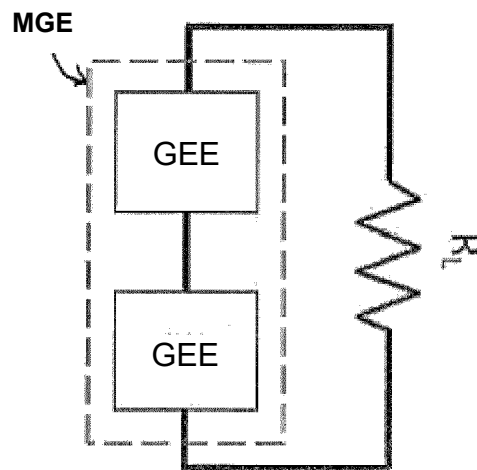


Figura 1B

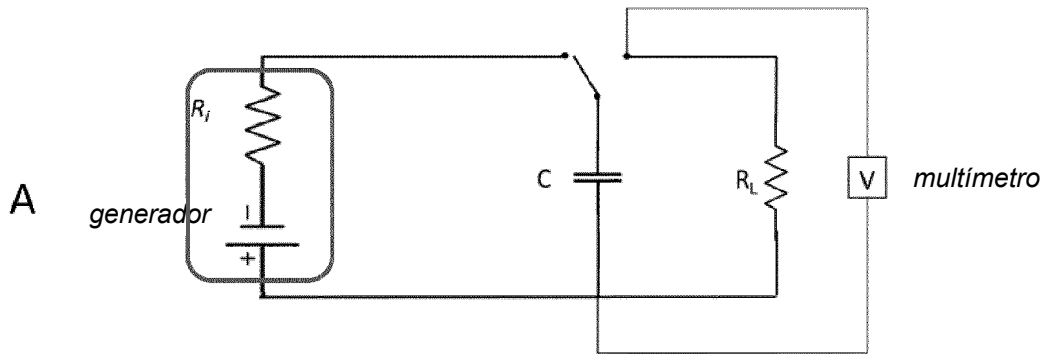


Figura 2A

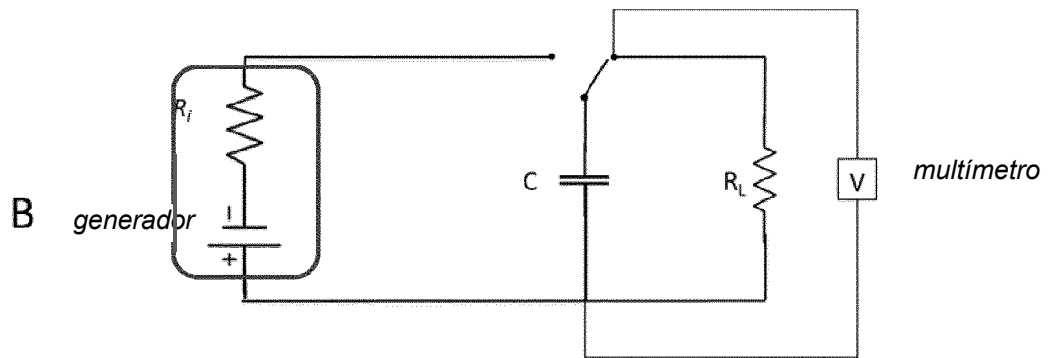


Figura 2B

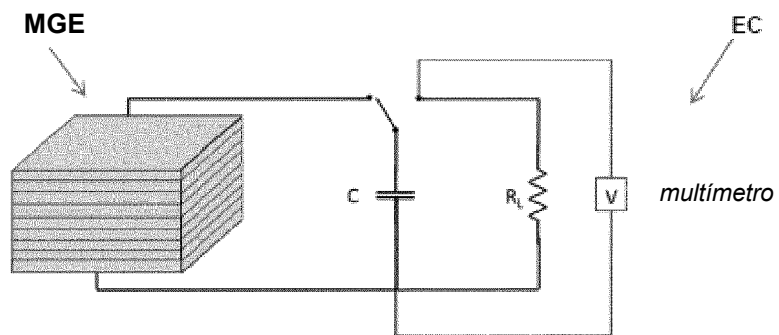


Figura 3

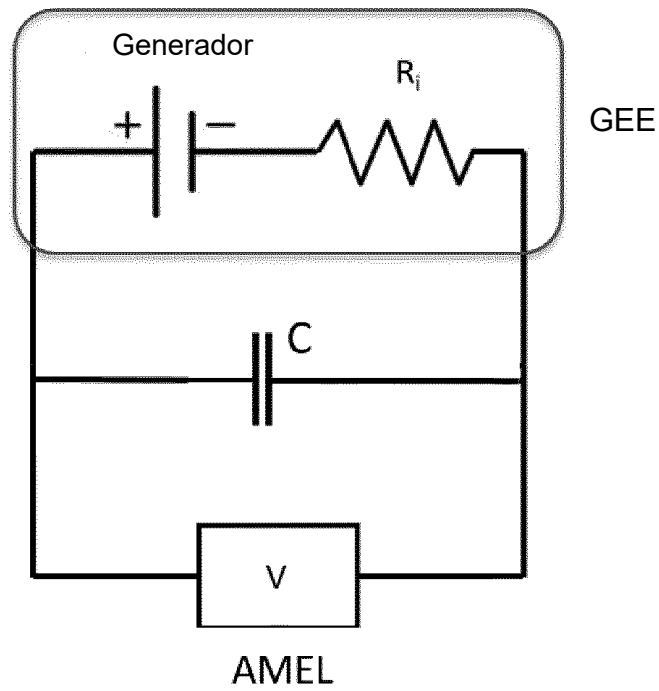


Figura 4

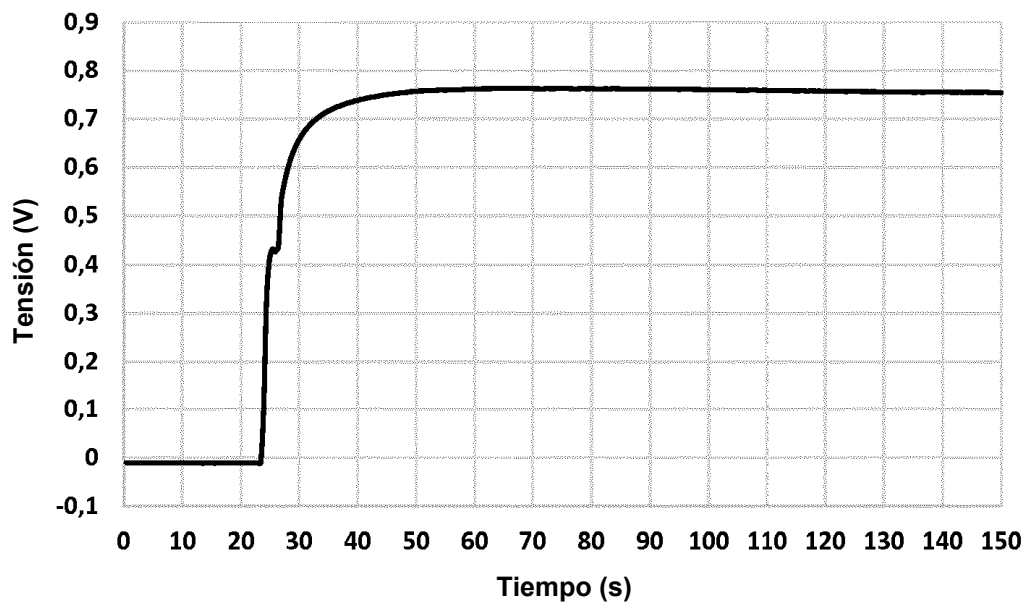


Figura 5

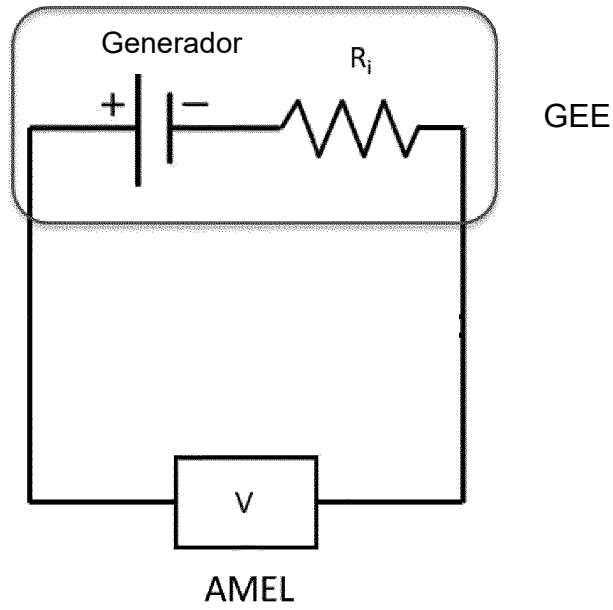


Figura 6

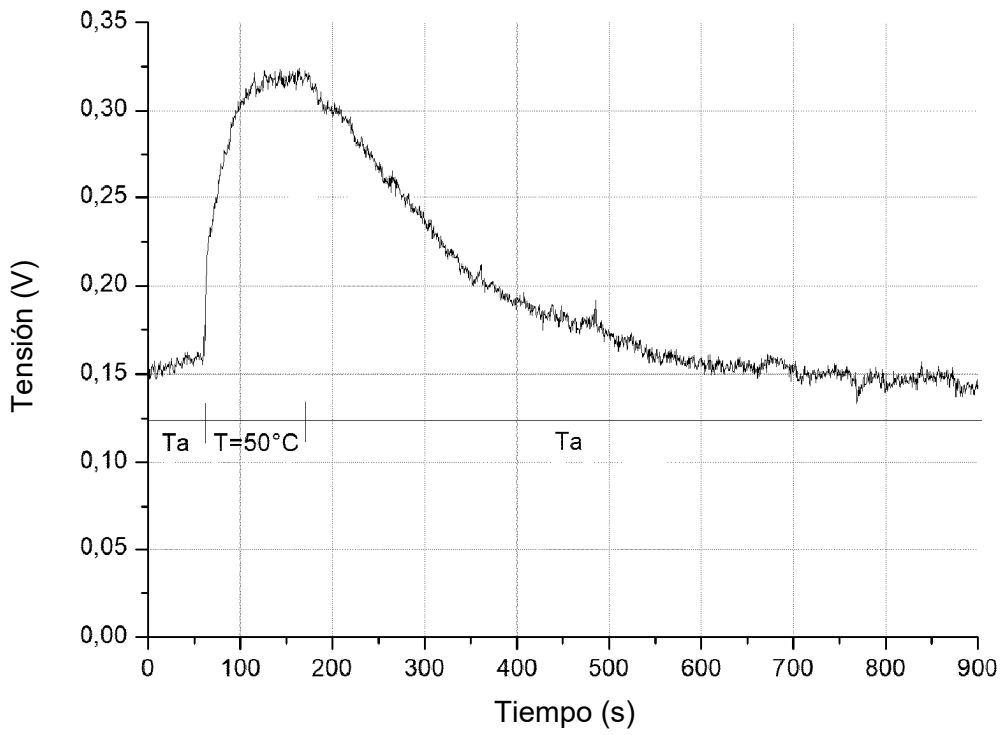


Figura 7

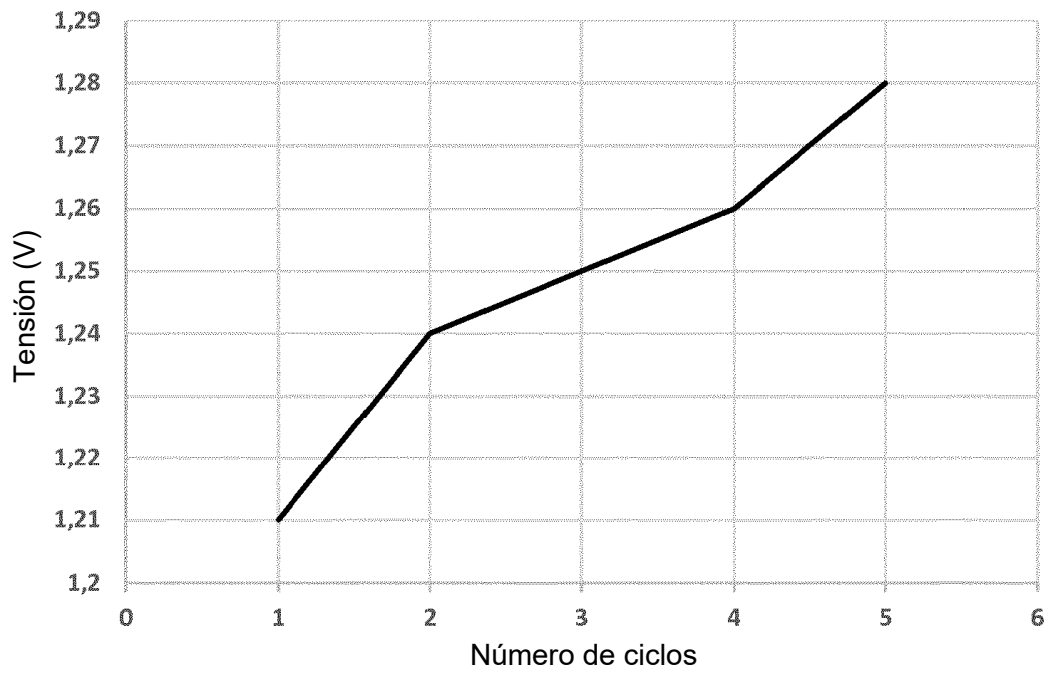


Figura 8: condensador de 10 μF

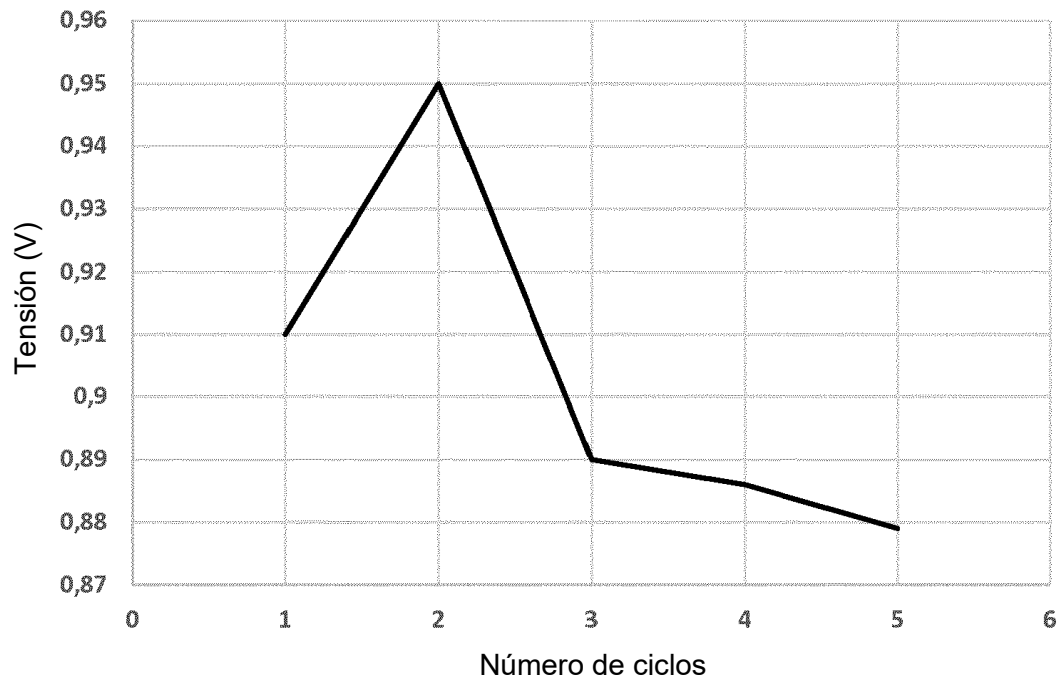


Figura 9: condensador de 50 μF

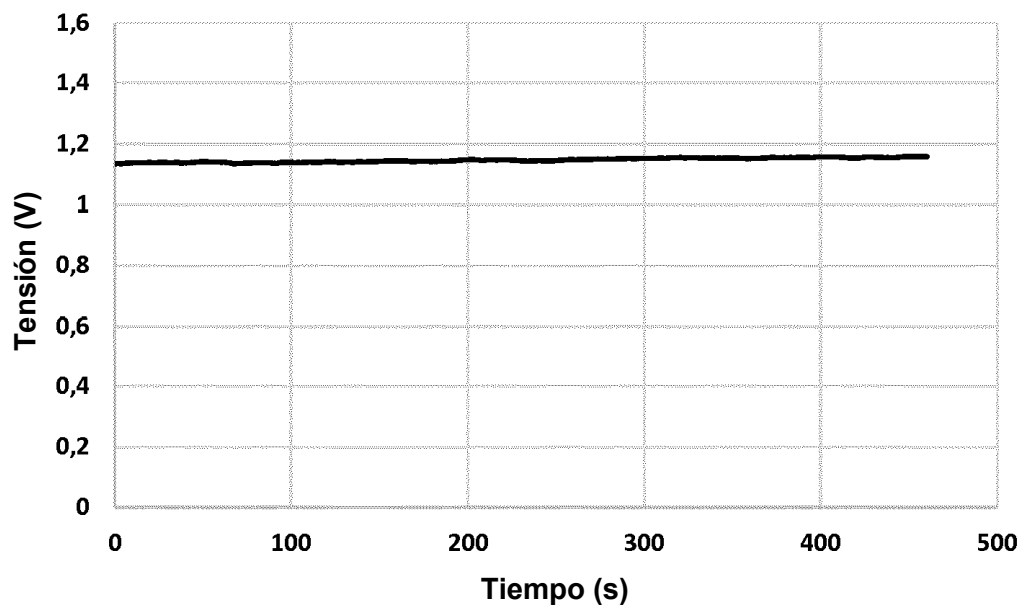


Figura 10

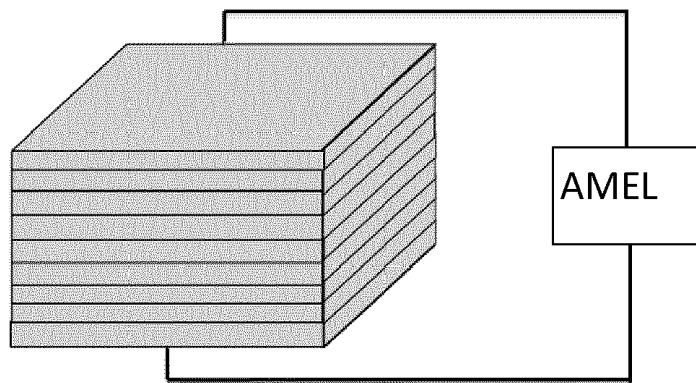


Figura 11

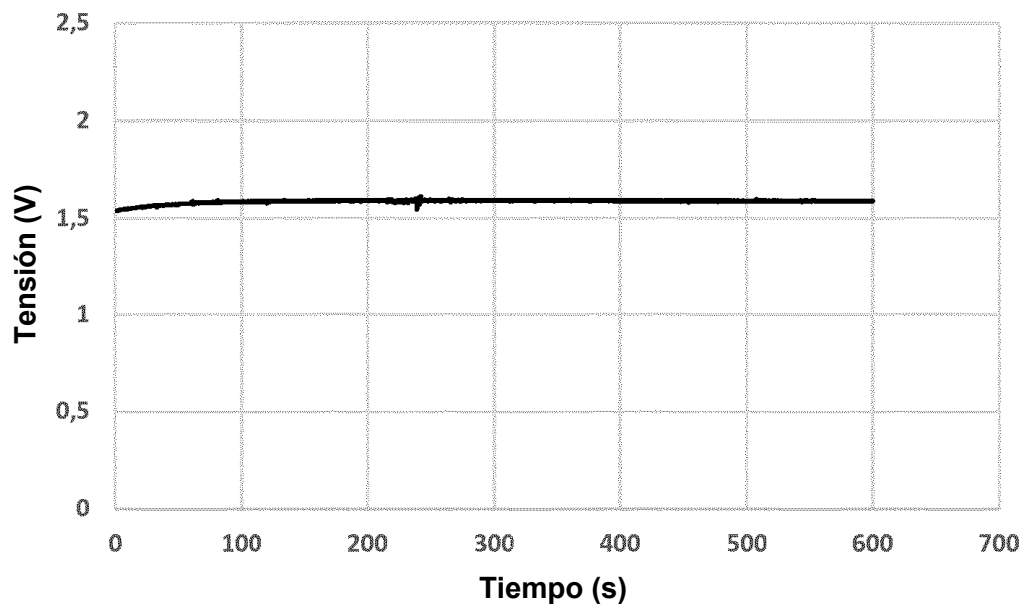


Figura 12