

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 000**

51 Int. Cl.:

**C25C 3/20**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.08.2013 PCT/US2013/000190**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.02.2014 WO14028045**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2013 E 13829637 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 2885444**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para impedir reacciones de termita en celdas electrolíticas**

30 Prioridad:

**17.08.2012 US 201261684212 P**  
**15.03.2013 US 201361800649 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.06.2020**

73 Titular/es:

**ELYSIS LIMITED PARTNERSHIP (100.0%)**  
**1 Place Ville-Marie, Suite 2323**  
**Montreal, QC H3B 3M5, CA**

72 Inventor/es:

**D'ASTOLFO, LEROY, E.;**  
**STEINER, WILLIAM, J.;**  
**MORELAND, ERIC, C.;**  
**KOZAREK, ROBERT, L. y**  
**RUAN, YIMIN**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro María**

**ES 2 764 000 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**

Sistemas y procedimientos para impedir reacciones de termita en celdas electrolíticas

5 **REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS**

La presente solicitud reivindica prioridad de la solicitud provisional de patente de Estados Unidos n.º 61/684.212 presentada el 17 de agosto de 2012 y de la solicitud provisional de patente de Estados Unidos n.º 61/800.649, presentada el 15 de marzo de 2013.

10

**ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

**1. Campo de la invención**

15 La presente invención se refiere a reacciones de termita en celdas electrolíticas. Más en particular, la presente invención se refiere a sistemas y procedimientos para la detección y/o prevención de reacciones de termita en celdas electrolíticas.

20 **2. Descripción de la técnica relacionada**

La electrólisis de alúmina dentro de una celda electrolítica es el principal proceso industrial para la producción de metal de aluminio. En una celda electrolítica de aluminio, se pasa una corriente eléctrica entre un ánodo y un cátodo sumergidos dentro de un baño de criolita fundida que contiene alúmina disuelta. La corriente eléctrica provoca la deposición de metal de aluminio sobre el cátodo. Comúnmente, los ánodos están formados por materiales de carbono o grafito. Los ánodos de carbono se consumen durante el proceso de producción de aluminio, produciendo dióxido de carbono, y deben ser reemplazados con frecuencia.

25

En algunas celdas electrolíticas, el uso de ánodos sustancialmente "no consumibles" o "inertes" ofrece una alternativa rentable y más ecológica a los ánodos de carbono. Sin embargo, cuando el ánodo inerte incluye óxidos metálicos, existe la posibilidad de una reacción de termita entre los óxidos metálicos y el metal de aluminio en la celda electrolítica, lo que puede provocar fallos de la celda o una erupción de la celda.

30

Las reacciones de termita son reacciones de reducción-oxidación altamente exotérmicas que se producen entre óxidos metálicos y otro metal, tal como el aluminio, en presencia de calor.

35

Por ejemplo, las reacciones típicas de termita que pueden producirse en una celda electrolítica se exponen a continuación como Ecuaciones 1 y 2.



(Ec.1)



(Ec.2)

40

Tal como se ilustra en la Ecuación 2, debido a que el aluminio forma enlaces más fuertes con el oxígeno que el hierro, el metal de aluminio reduce el óxido de hierro para producir óxido de aluminio, hierro y grandes cantidades de calor.

45

Como en otros procesos electrolíticos de producción de metal, la producción electrolítica de aluminio implica calor elevado dentro de una celda electrolítica (por ejemplo, a temperaturas de hasta 950 °C) y la presencia de metal (aluminio) para alimentar con combustible una reacción de termita. Por lo tanto, bajo ciertas condiciones de funcionamiento, el uso de ánodos inertes que presentan óxidos metálicos puede causar una reacción de termita dentro de la celda electrolítica.

50

**SUMARIO DE LA INVENCIÓN**

55 La presente invención se refiere a reacciones de termita en celdas electrolíticas. El alcance de la presente invención está determinado únicamente por la reivindicación independiente 1, dirigida a una celda electrolítica de electrodo inerte, y por la reivindicación independiente 2, dirigida a un procedimiento de monitorización de dicha celda electrolítica.

Los objetivos y ventajas adicionales de la presente invención resultarán más evidentes en la descripción de las figuras, la descripción detallada de la invención y las reivindicaciones dependientes.

- 5 Los anteriores aspectos y/o aspectos adicionales y utilidades de la presente invención pueden lograrse proporcionando un procedimiento de monitorización de una celda electrolítica, que incluye detectar información indicativa de una reacción de termita, comparar la información indicativa de una reacción de termita con un umbral, generar una señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación y reaccionar a la señal de respuesta de termita.
- 10 En otra realización, la información de detección indicativa de una reacción de termita incluye detectar información indicativa de una reacción de termita de uno o más ánodos, comprendiendo el uno o más ánodos un óxido metálico.
- 15 En otra realización, la información indicativa de una reacción de termita incluye información relacionada con una corriente eléctrica que pasa a través del uno o más ánodos.
- 20 En otra realización, la información indicativa de una reacción de termita incluye al menos uno de un campo magnético asociado con el uno o más ánodos, un campo eléctrico asociado con el uno o más ánodos, y una tensión asociada con el uno o más ánodos.
- 25 En otra realización, la caída de tensión se detecta a través de puntos conocidos en cada uno del uno o más ánodos.
- 30 En otra realización, la caída de tensión se detecta a través de un punto conocido en una placa distribuidora del ánodo que soporta un grupo del uno o más ánodos.
- 35 En otra realización, la caída de tensión se detecta a través de un punto conocido en un conjunto de ánodo que soporta el uno o más ánodos o una o más placas distribuidoras del ánodo.
- 40 En otra realización, la caída de tensión se detecta a través de puntos conocidos de al menos cada uno del uno o más ánodos, una placa distribuidora del ánodo que soporta un grupo del uno o más ánodos y un conjunto de ánodo que soporta el uno o más ánodos o una o más placas distribuidoras del ánodo.
- 45 En otra realización, la comparación de la información indicativa de una reacción de termita con un umbral incluye comparar la caída de tensión asociada con el uno o más ánodos con una caída de tensión umbral.
- 50 En otra realización, la caída de tensión umbral se basa en datos operativos anteriores de la celda electrolítica.
- 55 En otra realización, la caída de tensión umbral es un nivel de caída de tensión previamente asociado con una reacción de termita.
- 60 En otra realización, la caída de tensión umbral es una tasa de aumento de caída de tensión.
- En otra realización, la caída de tensión umbral es un umbral derivado de ordenador derivado de uno de los datos operativos anteriores de la celda electrolítica o parámetros de funcionamiento y composición de la celda electrolítica.
- En otra realización, la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación incluye generar la señal de respuesta de termita si la caída de tensión detectada coincide con o excede a la caída de tensión umbral.
- En otra realización, la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación incluye generar la señal de respuesta de termita si la caída de tensión detectada indica un aumento repentino de la caída de tensión a través del uno o más ánodos.
- En otra realización, la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación incluye generar la señal de respuesta de termita si, en comparación con el umbral, la caída de tensión detectada indica un aumento repentino de la caída de tensión a través del uno o más ánodos.
- En otra realización, la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación incluye generar una señal de espera como señal de respuesta de termita si la caída de tensión detectada no coincide con o excede a la caída de tensión umbral.

En otra realización, la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación incluye generar una señal de espera como señal de respuesta de termita si, en comparación con el umbral, la caída de tensión detectada no indica un aumento repentino de la caída de tensión a través de uno o más ánodos.

5 En otra realización, la reacción a la señal de respuesta de termita incluye continuar detectando información indicativa de una reacción de termita cuando la señal de respuesta de termita es una señal de espera.

En otra realización, la reacción a la señal de respuesta de termita incluye enviar una señal a un operador de la celda electrolítica.

10 En otra realización, la reacción a la señal de respuesta de termita incluye ajustar los parámetros operativos de la celda electrolítica.

15 En otra realización, el ajuste de los parámetros operativos de la celda electrolítica incluye uno o más de cambiar la ACD del uno o más ánodos, mover el uno o más ánodos, retirar el uno o más ánodos de un baño electrolítico, cambiar una corriente suministrada al uno o más ánodos, cambiar la temperatura del baño electrolítico, cambiar la química de un baño electrolítico, retirar el conjunto de electrodo del baño electrolítico, cambiar la corriente eléctrica suministrada a la celda electrolítica.

20 En otra realización, la magnitud de la señal de respuesta de termita corresponde a la magnitud de la caída de tensión detectada, siendo la reacción a la señal de respuesta de termita proporcional a la magnitud de la señal de respuesta de termita.

25 Los aspectos y utilidades anteriores y/u otros de la presente invención también se pueden lograr proporcionando una celda electrolítica de ánodo inerte, que incluye dos o más grupos de ánodos inertes configurados para suministrar una corriente eléctrica a un baño electrolítico en contacto líquido con los dos o más ánodos, una primera placa distribuidora del ánodo conectada eléctricamente a un primer grupo de ánodos inertes configurada para distribuir la corriente eléctrica al primer grupo de ánodos inertes, una primera sonda de tensión configurada para detectar una caída de tensión asociada con la primera placa distribuidora del ánodo y transmitir una correspondiente primera  
30 señal de caída de tensión, una segunda placa distribuidora del ánodo conectada eléctricamente a un segundo grupo de ánodos inertes configurada para distribuir la corriente eléctrica al segundo grupo de ánodos inertes, una segunda sonda de tensión configurada para detectar una caída de tensión asociada con la segunda placa distribuidora del ánodo y transmitir una correspondiente segunda señal de caída de tensión, un dispositivo de monitorización configurado para recibir las señales de caída de tensión primera y segunda y configurado para generar una señal de  
35 respuesta de termita si una de la primera o la segunda señales de caída de tensión alcanza o excede una caída de tensión umbral, y un sistema de control de potencia configurado para recibir la señal de respuesta de termita y configurado para ajustar los parámetros de funcionamiento de la celda electrolítica de acuerdo con la señal de respuesta de termita, en la que el dispositivo de monitorización genera la señal de respuesta de termita si, en comparación con la caída de tensión umbral, la caída de tensión de una o más de las señales de caída de tensión  
40 primera y segunda indica un aumento repentino de la caída de tensión a través de la primera o de la segunda placas distribuidoras de ánodos.

45 Los aspectos y utilidades anteriores y/u otros de la presente invención también se pueden lograr proporcionando un aparato que incluye un baño de electrolito fundido, al menos un cátodo, en comunicación de líquidos con el baño, una pluralidad de ánodos inertes que incluyen un material óxido metálico, en el que los ánodos inertes están en comunicación de líquidos con el baño, y un dispositivo de monitorización en comunicación con cada ánodo de la pluralidad de ánodos (por ejemplo, a través de una sonda de tensión configurada para medir una caída de tensión entre un punto en el suministro de corriente anódica y un punto común en la placa de distribución eléctrica u otra estructura), en la que el dispositivo de monitorización está configurado para recibir una señal de caída de tensión  
50 asociada con cada ánodo (por ejemplo, la sonda de tensión de cada ánodo), en el que el dispositivo de monitorización compara la pluralidad de señales de caída de tensión de la pluralidad de ánodos con un umbral predeterminado y en el que, además, el dispositivo de monitorización genera una señal de respuesta indicativa de una reacción de termita (por ejemplo, si se produce o no una reacción de termita).

55 Los aspectos y utilidades anteriores y/u otros de la presente invención también se pueden lograr proporcionando un aparato que incluye un conjunto de electrodo que presenta un primer grupo de ánodos inertes, incluyendo los ánodos un material óxido metálico; al menos un distribuidor, en el que cada ánodo del primer grupo de ánodos está conectado eléctricamente al distribuidor de manera que el distribuidor mide una caída de tensión a través de un suministro de corriente común al primer grupo de ánodos, en el que el distribuidor está adaptado para generar una  
60 señal indicativa de la corriente total que pasa por el primer grupo de ánodos; y un dispositivo de monitorización en comunicación con el distribuidor, en el que el dispositivo de monitorización está adaptado para recibir y comparar la señal del distribuidor con un valor umbral predeterminado (por ejemplo, caída de tensión) y genera una señal de respuesta indicativa de una reacción de termita en el conjunto de ánodo.

65 Los aspectos y utilidades anteriores y/u otros de la presente invención también se pueden lograr proporcionando un aparato que incluye un conjunto de electrodo que incluye al menos dos distribuidores, que incluyen un primer

distribuidor y un segundo distribuidor; un primer grupo de ánodos a base de óxido metálico conectado al primer distribuidor, en el que cada ánodo del primer grupo de ánodos está conectado eléctricamente al primer distribuidor, en el que el primer distribuidor mide una caída de tensión a través de un suministro de corriente común al primer grupo de ánodos, en el que el primer distribuidor está configurado para generar una señal indicativa de la corriente total que pasa a través del primer grupo de ánodos; un segundo grupo de ánodos a base de óxido metálico conectado al segundo distribuidor, en el que cada ánodo del segundo grupo de ánodos está conectado eléctricamente al segundo distribuidor, en el que el segundo distribuidor mide una caída de tensión a través de un suministro de corriente común al segundo grupo de ánodos, en el que el segundo distribuidor está adaptado para generar una señal indicativa de la corriente total que pasa a través del segundo grupo de ánodos; un dispositivo de monitorización en comunicación con el primer distribuidor y el segundo distribuidor, en el que el dispositivo de monitorización está adaptado para recibir las señales de los distribuidores y generar una señal de respuesta indicativa de una reacción de termita en el conjunto de ánodo.

Los aspectos y utilidades anteriores y/u otros de la presente invención también se pueden lograr proporcionando un procedimiento que incluye medir una caída de tensión a través de un suministro de corriente común a una pluralidad de ánodos basados en óxido metálico; comparar la caída de tensión con un umbral predeterminado; y determinar si se está produciendo una reacción de termita.

Los aspectos y utilidades anteriores y/u otros de la presente invención también se pueden lograr proporcionando un procedimiento que incluye medir la caída de tensión a través de un suministro de corriente común a una pluralidad de ánodos, en el que los ánodos incluyen un óxido metálico; dirigir una señal indicativa de caída de tensión desde el ánodo al dispositivo de monitorización, comparar la señal con el umbral predeterminado a través del dispositivo de monitorización, generar una señal de respuesta de acuerdo con el resultado de la comparación (por ejemplo, para determinar si hay una reacción de termita presente en la celda/los ánodos); y ajustar el sistema o el componente de la celda de acuerdo con la señal de respuesta.

En algunas realizaciones, una o más de las operaciones pueden repetirse, por ejemplo, para monitorizar de forma continua y/o intermitente los ánodos para una reacción de termita.

Los aspectos y utilidades anteriores y/u otros de la presente invención también se pueden lograr proporcionando un procedimiento que incluye proporcionar una pluralidad de grupos de ánodos, en el que cada grupo de ánodos se comunica con un distribuidor, en el que cada grupo de ánodos está adaptado para conectarse (por ejemplo, y comunicarse eléctricamente) con el distribuidor; comunicar una señal de caída de tensión de cada ánodo de cada grupo de ánodos a cada distribuidor para ese grupo de ánodos; comunicar la mayor señal de caída de tensión recogida en cada distribuidor a un dispositivo de monitorización; comparar la mayor señal de caída de tensión con el umbral predeterminado a través del dispositivo de monitorización; y generar una señal de respuesta, a través del dispositivo de monitorización, indicativa de si hay una reacción de termita.

En algunas realizaciones, el procedimiento incluye ajustar el sistema o el componente de la celda (por ejemplo, para prevenir, reducir y/o eliminar la reacción de termita).

En algunas realizaciones, se pueden repetir una o más de las etapas del procedimiento.

En algunas realizaciones, la caída de tensión del tubo (contra condiciones normales) se usa para detectar posibles condiciones de cortocircuito eléctrico.

En algunas realizaciones, la caída de resistencia de la celda electrolítica (contra condiciones normales) se usa para detectar condiciones de cortocircuito eléctrico.

En algunas realizaciones, la caída de resistencia de la placa (contra condiciones normales) se usa para detectar condiciones de cortocircuito eléctrico.

En algunas realizaciones, la señal es proporcional a la corriente en cualquier placa distribuidora.

En algunas realizaciones, uno o más de los sistemas y/o procedimientos instantáneos miden e impiden la degradación del ánodo (por ejemplo, a través de reacciones de termita que ocurren en el ánodo). En una o más realizaciones, los sistemas y/o procedimientos instantáneos controlan las reacciones exotérmicas dentro de la celda electrolítica. En una o más realizaciones de la presente invención, los ánodos inertes que presentan óxidos metálicos se usan para fabricar metales primarios a través de una celda electrolítica, mientras se asegura que los ánodos inertes y/o la celda electrolítica no fallen debido a las reacciones de termita.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Estos y/u otros aspectos y ventajas de la presente invención resultarán evidentes y se apreciarán más fácilmente a partir de la siguiente descripción de las diversas realizaciones, tomadas junto con los dibujos adjuntos, de los cuales:

Las FIGURAS 1A y 1B ilustran esquemas de celdas electrolíticas de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Las FIGURAS 2 y 3 ilustran conjuntos de ánodos de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

5 Las FIGURAS 4, 5 y 6 ilustran procedimientos de monitorización de una celda electrolítica de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Las FIGURAS 7 y 8 ilustran conjuntos de ánodos de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

La FIGURA 9 ilustra varias señales de retroalimentación que pueden usarse de acuerdo con una o más de las realizaciones de la presente invención.

Las FIGURAS 10-27 ilustran un modelo de ordenador que simula realizaciones de la presente invención.

10 Los dibujos a los que se hace referencia anteriormente no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en general en ilustrar los principios de la presente invención. Además, algunas características pueden ser exageradas para mostrar detalles de componentes particulares. Estos dibujos/figuras están destinados a ser explicativos y no restrictivos de la invención.

15 A continuación, se hará referencia en detalle a las diversas realizaciones de la presente invención. Las realizaciones se describen a continuación para proporcionar una comprensión más completa de los componentes, procesos y aparatos de la presente invención. Cualquier ejemplo dado tiene la intención de ser ilustrativo y no restrictivo. A lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones, los siguientes términos adoptan los significados explícitamente asociados en el presente documento, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Las frases "en algunas realizaciones" y "en una realización" tal como se usan en el presente documento no se refieren necesariamente a las mismas realizaciones, aunque pueden hacerlo. Además, las frases "en otra realización" y "en algunas otras realizaciones" tal como se usan en el presente documento no se refieren necesariamente a una realización diferente, aunque pueden hacerlo.

20 Tal como se usa en el presente documento, el término "o" es un operador inclusivo, y es equivalente al término "y/o", a menos que el contexto indique claramente lo contrario. La expresión "basado en" no es exclusiva y permite basarse en factores adicionales no descritos, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, a lo largo de la memoria descriptiva, el significado de "un", "uno", "una" y "el", "la" incluye referencias plurales. El significado de "en" incluye "dentro" y "sobre".

25 Todas las propiedades físicas que se definen a continuación se miden entre 20° a 25° Celsius a menos que se especifique lo contrario.

30 Tal como se usa en el presente documento, el término "electrodo" puede referirse a electrodos cargados positivamente (por ejemplo, ánodos) y a electrodos cargados negativamente (por ejemplo, cátodos).

35 Tal como se usa en el presente documento, la expresión "ánodo inerte" se refiere a un ánodo que no se consume sustancialmente o es sustancialmente estable dimensionalmente durante el proceso electrolítico. Algunos ejemplos no limitantes de ánodos inertes incluyen: ánodos cerámicos, cermet, de metal (metálicos) y combinaciones de los mismos.

40 Tal como se usa en el presente documento, la expresión "caída de tensión" se refiere a una diferencia de tensión entre dos objetos o dos puntos en el mismo objeto.

45 En algunas realizaciones de la presente invención, el óxido metálico se refiere a un componente metálico de un ánodo que se oxida durante la electrólisis. En otras realizaciones, el óxido metálico se forma como una capa o porción sobre el ánodo inerte durante la electrólisis.

50 En algunas realizaciones, los ánodos están contruidos de un material eléctricamente conductor, que incluye, pero no se limita a: metales, óxidos metálicos, cerámicas, cermets, carbono y combinaciones de los mismos. En un ejemplo no limitativo, los ánodos están contruidos con óxidos metálicos mixtos, incluyendo los óxidos de hierro, tal como se describe en la patente de Estados Unidos n.º 7.507.322 o en la patente de Estados Unidos n.º 7.235.161 (por ejemplo, FeO, FeO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y combinaciones de los mismos).

55 Las FIGURAS 1A-1B y 2-3 ilustran esquemas de celdas electrolíticas de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra en las FIGURAS 1A-1B y 2-3, una celda electrolítica (1) puede incluir un ánodo (2), un cátodo (3), un conjunto de electrodo (100), un baño electrolítico (5) y un dispositivo de monitorización (200). La celda electrolítica (1) puede controlarse mediante un sistema de control de potencia (300).

60 En una realización de la presente invención, el ánodo (2) y el cátodo (3) se sumergen en el baño electrolítico (5). En otra realización, el ánodo (2) se comunica con el dispositivo de monitorización (200) y el dispositivo de monitorización (200), a su vez, se comunica con el sistema de control de potencia (300). En una realización, el ánodo (2) se comunica con el dispositivo de monitorización (200) a través de las sondas anódicas (500) (no ilustradas). En una realización, las sondas anódicas (500) se realizan a modo de sondas de tensión anódica (500).

65

Tal como se ilustra en la FIGURA 1A, en una realización, el ánodo (2) está dispuesto sobre el conjunto de electrodo (100). En otra realización, tal como se ilustra en la FIGURA 1B, tanto el ánodo (2) como el cátodo (3) están dispuestos sobre el conjunto de electrodo (100).

5 Tal como se ilustra en la FIGURA 2, en una realización de la presente invención, la celda electrolítica (1) incluye una pluralidad de ánodos (2) ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ). En una realización, cada ánodo (2) ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) está equipado con una sonda de tensión (500), que mide y comunica una señal de caída de tensión de cada ánodo (2) ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) al dispositivo de monitorización (200).

10 Tal como se ilustra en la FIGURA 3, en otra realización, la celda electrolítica (1) incluye una pluralidad de ánodos (2) ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) y una pluralidad de placas distribuidoras del ánodo (110) ( $D_1, D_2 \dots D_n$ ). En una realización, grupos separados de los ánodos (2) ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) son soportados por separado por cada una de las placas distribuidoras del ánodo (110) ( $D_1, D_2 \dots D_n$ ).

15 En una realización, cada ánodo (2) está equipado con una sonda de tensión anódica (500). En alguna realización, las sondas de tensión anódicas (500) están equipadas con un sensor o filtro configurado para transmitir solo la señal de caída de tensión más alta a cada placa distribución (110) y/o dispositivo de monitorización (200). En otras realizaciones, todas las señales de caída de tensión se transmiten desde las sondas de tensión anódicas (500) a cada placa distribuidora del ánodo (110) y/o dispositivo de monitorización (200).

20 En otra realización, cada placa distribuidora del ánodo (110) está equipada con una sonda de tensión de placa distribuidora del ánodo (500) configurada para medir y comunicar una señal de caída de tensión de cada placa distribuidora del ánodo (110) al dispositivo de monitorización (200).

25 En alguna realización, la sonda de tensión de la placa distribuidora del ánodo (500) está equipada con un sensor o filtro configurado para transmitir solo la señal de caída de tensión más alta al dispositivo de monitorización (200). En otras realizaciones, todas las señales de caída de tensión se transmiten desde la sonda de tensión de la placa distribuidora del ánodo (500) al dispositivo de monitorización (200).

30 En una realización de la presente invención, la sonda de tensión (500) incluye uno o más puntos de medición configurados para medir una caída de tensión entre dichos puntos y la sonda de tensión (500) está configurada para transmitir una señal de caída de tensión correspondiente a la caída de tensión medida. Por ejemplo, en una realización, las sondas de tensión (500) están configuradas para medir una caída de tensión entre dos puntos en un ánodo (2). En algunas realizaciones, la señal de caída de tensión incluye una magnitud o valor asociado con el tamaño de la caída de tensión.

35 En una realización, un desequilibrio de corriente debido a una reacción de termita o cortocircuito eléctrico dentro de la celda electrolítica (1) afectará a una caída de tensión dentro de uno o más de los ánodos (2). En algunas realizaciones, la caída de tensión medida indicará una ubicación aproximada del problema. En otras realizaciones, la caída de tensión medida indicará el ánodo exacto (2) o el grupo de ánodos (2) afectados.

40 En otra realización, la sonda de tensión (500) está dispuesta para medir una caída de tensión entre la parte superior de cada conductor de ánodo (299) con relación a un punto común en cada ánodo (2), tal como la varilla del ánodo (2a). Si bien esta realización puede requerir más señales y sitios de conexión de cables, puede proporcionar una detección más sensible de los desequilibrios actuales, así como determinar la ubicación exacta del desequilibrio actual.

45 En otra realización, las sondas de tensión (500) están configuradas para medir una caída de tensión entre un punto en el suministro de corriente anódica y un punto común en la placa de distribución eléctrica (110) u otra estructura conectada eléctricamente.

50 Tal como se ilustra en las FIGURAS 7-8, en otras realizaciones, la celda electrolítica (1) incluye uno o más conjuntos de ánodos (101) como conjunto de electrodo (100). En algunas realizaciones, cada conjunto de ánodo (101) puede incluir uno o más grupos de ánodos (2) ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ). En otras realizaciones, cada grupo de ánodos (2) ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) está soportado por una placa distribuidora del ánodo (110).

55 En algunas realizaciones, las sondas de tensión (500) están unidas al conjunto de ánodo (101) en una o más ubicaciones para medir una caída de tensión asociada, por ejemplo.

60 En algunas realizaciones, las sondas de tensión (500) están configuradas para medir una caída de tensión del conjunto de ánodo (101). En otras realizaciones, las sondas de tensión (500) están configuradas para medir una caída de tensión de cada placa distribuidora del ánodo (110).

65 En algunas realizaciones, debido a que un grupo de ánodos (2) puede conectarse eléctricamente a través de una placa distribuidora del ánodo (110), una caída de tensión indicativa de una reacción de termita en uno o más ánodos (2) provocará un desequilibrio de corriente a través de la placa distribuidora del ánodo (110) que afecta a una caída

de tensión de la placa distribuidora del ánodo (110). Por ejemplo, cuando una reacción de termita o un cortocircuito eléctrico afecta a la corriente eléctrica dentro de uno o más de los ánodos (2), se verá afectada una caída de tensión medida a través de la placa distribuidora del ánodo (110). En algunas realizaciones, la caída de tensión medida de las placas distribuidoras del ánodo (110) indicará una ubicación aproximada del problema. Es decir, qué placa distribuidora del ánodo (110) puede tener un ánodo (2) potencialmente sujeto a una reacción de termita o cortocircuito eléctrico.

Por ejemplo, y con referencia a las FIGURAS 7-8, en algunas realizaciones, la corriente eléctrica desciende por una conexión eléctrica anódica (280), a través de un suministro de corriente (290) y un tubo de suministro de corriente (295) en una placa distribuidora del ánodo (110). La placa distribuidora (110) distribuye la corriente eléctrica a un grupo de ánodos (2) conectados eléctricamente a la placa distribuidora (110) a través de cada conductor de ánodo o sitio de fijación del pasador del ánodo (299). En algunas realizaciones, las sondas de tensión (500) se proporcionan a lo largo de uno o más del suministro de corriente (290), el tubo de suministro de corriente (295), la placa distribuidora del ánodo (110), el conductor del ánodo o el sitio de fijación del pasador del ánodo (299) y los ánodos (2) para medir la caída de tensión en regiones particulares del conjunto de ánodo (101).

En algunas realizaciones, en condiciones de funcionamiento normales, cada ánodo (2) pasa una corriente idéntica, o una corriente similar dentro de un rango, cuando se proporciona una misma corriente eléctrica. En consecuencia, las caídas de tensión se miden en una o más regiones del conjunto de ánodo (101) (es decir, en el suministro de corriente (290), el tubo de suministro de corriente (295), la placa distribuidora del ánodo (110), el conductor del ánodo o el sitio de fijación del pasador del ánodo (299) y los ánodos (2)) deben ser similares. Si una reacción de termita provoca un cambio localizado en la corriente eléctrica que pasa a través de un ánodo (2), entonces una caída de tensión medida en las regiones afectadas del conjunto de ánodo (101) también cambiará y el cambio en la caída de tensión servirá como un indicador de una reacción de termita en esa región.

Se prevén varios procedimientos para conectar las sondas de tensión (500). Por ejemplo, en algunas realizaciones, se perfora/mecaniza un orificio en el conjunto de ánodo (101) o en la placa distribuidora del ánodo (110), con el orificio entonces lleno (por ejemplo, con material aislante). En otras realizaciones, la sonda está conectada mecánicamente (es decir, directamente a) una porción exterior del conjunto de ánodo (101), placa distribuidora del ánodo (110), conexión eléctrica del ánodo (280), tubo de suministro eléctrico del ánodo (290), etc.

La FIGURA 9 ilustra varias señales de retroalimentación que pueden usarse de acuerdo con una o más de las realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra en la FIGURA 9, las mediciones de caída de tensión indicativas de una reacción de termita se pueden medir a nivel de ánodos individuales (2), placas distribuidoras del ánodo (110) y/o tubos de suministro de corriente (295).

En una realización de la presente invención, el dispositivo de monitorización (200) recibe las señales de caída de tensión de las sondas de tensión del ánodo (500) y/o las sondas de tensión de la placa distribuidora del ánodo (500) y compara las señales de caída de tensión con un umbral de caída de tensión. En algunas realizaciones, el dispositivo de monitorización (200) genera una señal de respuesta de termita para indicar la posibilidad de una reacción de termita de acuerdo con la comparación de las señales de caída de tensión con el umbral de caída de tensión.

En algunas realizaciones de la presente invención, los parámetros de funcionamiento de la celda electrolítica (1) se controlan mediante un sistema de control de potencia (300). En una realización, el sistema de control de potencia (300) está configurado para recibir y reaccionar a una señal de respuesta de termita generada por el dispositivo de monitorización (200). Por ejemplo, en algunas realizaciones, el sistema de control de potencia (300) efectuará cambios en el funcionamiento de la celda electrolítica diseñados para evitar o suprimir una reacción de termita, tales como la retirada de los ánodos (2) del baño electrolítico (5), el cambio de la tensión suministrada a los ánodos (2) o a las placas distribuidoras (110), etc. En algunas realizaciones, cuando no se genera una señal de respuesta de termita o cuando se genera una señal de espera, el sistema de control de potencia (300) entiende que ningún cambio/ajuste es necesario para evitar o suprimir una reacción de termita.

Las FIGURAS 4, 5 y 6 ilustran procedimientos de monitorización de una celda electrolítica de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Tal como se ilustra en la FIGURA 4, un procedimiento de monitorización de una celda electrolítica puede incluir medir información indicativa de una posible reacción de termita (601), analizar la información indicativa de una posible reacción de termita (602); y ajustar los parámetros operativos de la celda electrolítica (603).

En una realización de la presente invención, la información de medición indicativa de una posible reacción de termita en funcionamiento (601) incluye medir una caída de tensión a través de uno o más de los ánodos (2) de una celda electrolítica (1). En una realización, se mide una caída de tensión a través de cada ánodo (2). En otra realización, se mide una caída de tensión a través de un grupo de ánodos. Por ejemplo, en una realización, se puede medir una caída de tensión a partir una placa distribuidora (110) que soporta un grupo de ánodos ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ).

- Aunque algunas realizaciones de la presente invención se basan en una medición de una caída de tensión a través de uno o más ánodos como información indicativa de una reacción de termita y/o para generar una señal de respuesta de termita, la presente invención no se limita a la misma. En otra realización, otra información indicativa de una reacción de termita puede medirse y usarse para generar una señal de respuesta de termita. Por ejemplo, en la medida en que un cambio en la corriente eléctrica que pasa a través de un ánodo (2) o una placa distribuidora (110) indica la posibilidad de una reacción de termita, en algunas realizaciones, medir la información indicativa de una potencial reacción de termita en funcionamiento (601) incluye medir una corriente eléctrica que pasa a través del uno o más ánodos (2) o placas distribuidoras (110). En otras realizaciones, la información de medición indicativa de una posible reacción de termita en funcionamiento (601) incluye medir un campo magnético asociado con uno o más ánodos (2) o placas distribuidoras (110). En otras formas de realización adicionales, la información de medición indicativa de una posible reacción de termita en funcionamiento (601) incluye medir un campo eléctrico asociado con uno o más ánodos (2) o placas distribuidoras (110). En algunas realizaciones, la información indicativa de una posible reacción de termita se corresponde con al menos uno de una tensión, una caída de tensión, una corriente, un campo eléctrico y un campo magnético asociado con uno o más ánodos (2) o placas distribuidoras (110).
- En una realización de la presente invención, analizar la información indicativa de una posible reacción de termita (602) incluye recibir la señal de caída de tensión desde los ánodos de la celda electrolítica (1) (2) y comparar la señal de caída de tensión con un umbral de caída de tensión para generar una señal de respuesta de termita.
- En una realización, cada ánodo (2) presenta una sonda de tensión (500) asociada a la misma para medir una caída de tensión entre dos puntos conocidos, y cada sonda de tensión (500) está configurada para enviar una señal de caída de tensión correspondiente a la caída de tensión de cada ánodo medida (2) a un dispositivo de monitorización (200). En otra realización, cada placa distribuidora del ánodo (110) presenta una sonda de tensión (500) asociada a la misma para medir una caída de tensión entre dos puntos conocidos, y cada sonda de tensión (500) está configurada para enviar una señal de caída de tensión correspondiente a la caída de tensión medida de la placa distribuidora del ánodo (110) a un dispositivo de monitorización (200). En otra realización, cada conjunto de ánodo (101) presenta una sonda de tensión (500) asociada al mismo para medir una caída de tensión entre dos puntos conocidos, y cada sonda de tensión (500) está configurada para enviar una señal de caída de tensión correspondiente a la caída de tensión medida del conjunto de ánodo (101) a un dispositivo de monitorización (200).
- En una realización de la presente invención, el dispositivo de monitorización (200) recibe la señal de caída de tensión y la compara con un umbral de caída de tensión predeterminado. En una realización, si la señal de caída de tensión coincide o excede el umbral de caída de tensión, el dispositivo de monitorización (200) genera una señal de respuesta de termita. En otra realización, si la señal de caída de tensión no coincide con ni excede el umbral de caída de tensión, el dispositivo de monitorización (200) no genera una señal de respuesta de termita o, en su lugar, genera una señal de espera. Por ejemplo, en una realización, el dispositivo de monitorización (200) recibe una señal de caída de tensión desde la placa distribuidora del ánodo (110) y genera una señal de respuesta de termita si la señal de caída de tensión coincide con o excede el umbral de caída de tensión.
- En algunas realizaciones de la presente invención, la señal de respuesta de termita varía de acuerdo con la magnitud o el tamaño de la señal de caída de tensión. Por ejemplo, las señales de caída de tensión mayores que indican una mayor probabilidad de un cortocircuito o reacción de termita generan una señal de respuesta de termita más grande en el dispositivo de monitorización (200).
- En una realización de la presente invención, el umbral de caída de tensión se refiere a una caída de tensión predeterminada o un rango de caída de tensión indicativo de una reacción de termita correspondiente a la ubicación y disposición de las sondas de tensión (500). Como ejemplos no limitativos, el valor predeterminado del umbral de caída de tensión puede incluir un rango de señales de caída de tensión aceptables; un rango superior para una señal de caída de tensión; una señal de caída de tensión promedio; una tasa de cambio en la señal de caída de tensión, una tasa de aumento o disminución de caída de tensión, y una combinación de los mismos.
- En una realización, el umbral de caída de tensión se calcula a partir de, y es una función de, una o más de las características de la celda electrolítica, química del baño electrolítico, parámetros operativos; velocidades de alimentación de reactivo, composición del ánodo o cátodo, tensión o corriente suministrada a la celda electrolítica o ánodos, la distancia del ánodo al cátodo ("ACD"), o una combinación de los mismos. En una realización, el umbral de caída de tensión predeterminado se basa en una probabilidad generada por ordenador de que los ánodos (2) experimenten una reacción de termita basada en una o más de las variables mencionadas anteriormente.
- En otra realización, el umbral de caída de tensión se determina a partir de la función previa de la celda electrolítica. Por ejemplo, en una realización, se mantiene un registro de las señales de caída de tensión recogidas de anteriores pasadas electrolíticas para cada celda electrolítica (1), y las caídas de tensión correspondientes a reacciones de termita y/o cortocircuitos eléctricos se registran para cada pasada.
- Tal como se usa en el presente documento, en algunas realizaciones, un "dispositivo de monitorización" se refiere a un dispositivo (o disposición) para observar, detectar y/o registrar el funcionamiento de un componente o sistema. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el dispositivo de monitorización incluye un sistema de control automático u

ordenador configurado para monitorizar, registrar y comparar continuamente las señales de caída de tensión con el umbral de caída de tensión y genera una señal de respuesta de termita.

5 En una realización de la presente invención, ajustar los parámetros operativos de la celda electrolítica en funcionamiento (603) incluye recibir una señal del dispositivo de monitorización (200) y ajustar los parámetros operativos de la celda electrolítica (1) si es necesario. Por ejemplo, en una realización, la señal de caída de tensión recibida por el dispositivo de monitorización (200) no coincide ni excede el umbral de caída de tensión preestablecido. En esa realización, la señal de respuesta de termita no se genera, y no se envía ninguna señal de respuesta de termita al sistema de control de potencia (300). El sistema de control de potencia (300) entiende que  
10 no se necesitan cambios/ajustes para evitar o suprimir una reacción de termita y simplemente continúa monitorizando el dispositivo de monitorización (200) para detectar una señal de respuesta de termita. En otra realización, si la señal de caída de tensión recibida por el dispositivo de monitorización (200) no coincide con ni excede el umbral de caída de tensión preestablecido, el dispositivo de monitorización (200) genera una señal de espera. En esa realización, la señal de espera se envía al sistema de control de potencia (300) y el sistema de control de potencia (300) entiende que no se necesitan cambios/ajustes para impedir o suprimir una reacción de termita y simplemente continúa monitorizando el dispositivo de monitorización (200) para detectar una señal de respuesta de termita.

20 En otros ejemplos, si la señal de caída de tensión recibida por el dispositivo de monitorización (200) coincide con o excede el umbral de caída de tensión preestablecido, el dispositivo de monitorización (200) genera una señal de respuesta de termita y la envía al sistema de control de potencia (300).

En otras realizaciones, la señal de respuesta de termita hace que el sistema de control de potencia (300) efectúe un cambio en el conjunto de electrodo (101), tal como cambiar la ACD, mover los ánodos (2), retirar los ánodos (2) desde el baño electrolítico, cambiar la corriente o la tensión suministradas a los ánodos (2), a la placa del ánodo (110) o al conjunto de ánodo (101), o combinaciones de los mismos. Ejemplos no limitativos de ajustes en la celda electrolítica (1) incluyen mover los ánodos (2) hacia arriba o hacia abajo, cambiar la temperatura del baño electrolítico (por ejemplo, aumentando o disminuyendo la temperatura del baño electrolítico moviendo una cubierta de la celda electrolítica); cambiar la química del baño electrolítico (por ejemplo, aumentando la relación de componentes del baño electrolítico, cambiar el contenido de ciertos constituyentes/componentes del baño electrolítico, o cambiar la cantidad de  $Al_2O_3$  presente en el baño electrolítico); cambiar la distancia del ánodo al cátodo ("ACD") (por ejemplo, aumentando o disminuyendo la distancia); retirar el conjunto de electrodo (101) y/o ánodos (2) del baño electrolítico; cambiar la corriente eléctrica suministrada a la celda electrolítica (1) (por ejemplo, aumentando o disminuyendo la corriente); y combinaciones de los mismos.

35 En una realización, el sistema de control de potencia (300) efectúa cambios configurados para impedir o suprimir la reacción de termita asociada con los ánodos inertes. En otras realizaciones, el sistema de control de potencia (300) efectúa cambios configurados para reducir la ocurrencia de una reacción de termita asociada con los ánodos inertes.

40 En algunas realizaciones, los cambios efectuados por el sistema de control de potencia (300) son proporcionales a la magnitud de la caída de tensión. Por ejemplo, en una realización, una mayor tasa de aumento de la caída de tensión, o una mayor magnitud de la caída de tensión medida, hará que el dispositivo de monitorización (200) genere una señal de respuesta de termita de una magnitud mayor correspondiente. En esa realización, los cambios efectuados por el sistema de control de potencia (300) pueden incluir más cambios o cambios más severos en los parámetros operativos de la celda electrolítica (1) para abordar, impedir o suprimir una reacción de termita asociada con los ánodos inertes.

50 La FIGURA 5 ilustra un procedimiento de monitorización de una celda electrolítica de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Tal como se ilustra en la FIGURA 5, un procedimiento de monitorización de una celda electrolítica (700) puede incluir medir una caída de tensión de los ánodos (701); dirigir las señales de caída de tensión medidas a un dispositivo de monitorización (702); comparar las señales de caída de tensión medidas con un umbral de caída de tensión predeterminado (703); generar una señal de respuesta de termita (704); y ajustar el sistema de la celda electrolítica o sus componentes de acuerdo con la señal de respuesta de termita (705).

60 En una realización de la presente invención, una o más de las operaciones del procedimiento de monitorización de una celda electrolítica (700) pueden repetirse, según sea necesario, para asegurar que los ánodos (2) en una celda electrolítica (1) se controlan adecuadamente para detectar reacciones de termita y/o para reducir la posibilidad de que ocurra una reacción de termita en los ánodos durante el funcionamiento. Como ejemplo no limitativo, después de generar una señal de respuesta umbral en funcionamiento (704); el procedimiento (700) puede repetir el envío de las señales de caída de tensión medidas al dispositivo de monitorización en funcionamiento (702), para determinar si la posibilidad de una reacción de termita ha aumentado, disminuido o sigue siendo la misma (por ejemplo, sin presencia o probabilidad de una reacción de termita).

65

La FIGURA 6 ilustra un procedimiento de monitorización de una celda electrolítica de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Tal como se ilustra en la FIGURA 6, un procedimiento de monitorización de una celda electrolítica (800) puede incluir medir una caída de tensión de una placa distribuidora del ánodo asociada con un grupo de ánodos (801); dirigir las señales de caída de tensión medidas a un dispositivo de monitorización (802); comparar las señales de caída de tensión medidas con un umbral de caída de tensión predeterminado (803); generar una señal de respuesta umbral (804); y ajustar el sistema de la celda electrolítica o sus componentes de acuerdo con la señal de respuesta de termita (805).

En una realización de la presente invención, una o más de las operaciones del procedimiento de monitorización de una celda electrolítica (800) se pueden repetir, según sea necesario, para asegurar que las placas distribuidoras del ánodo (110) de una celda electrolítica (1) sean adecuadamente controladas para detectar reacciones de termita y/o para reducir la posibilidad de que se produzca una reacción de termita en los ánodos asociados con cada una de las placas distribuidoras del ánodo (110). Como ejemplo no limitativo, después de generar una señal de respuesta de umbral en funcionamiento (804); el procedimiento (800) puede repetir el envío de las señales de caída de tensión medidas al dispositivo de monitorización en funcionamiento (802), para determinar si la posibilidad de una reacción de termita ha aumentado, disminuido o sigue siendo la misma (por ejemplo, sin presencia o probabilidad de una reacción de termita).

#### Ejemplo 1

En un ejemplo de la presente invención, y haciendo referencia a las FIGURAS 7-8, cada ánodo individual (2) de un conjunto de ánodo (101) está conectado eléctricamente a un dispositivo de retroalimentación (dispositivo de monitorización (200)) a través de un sensor de tensión (sonda de tensión (500)).

Cada sonda de tensión (500) se conecta al pasador del conductor (299) y a otra parte del ánodo (2), como la varilla del ánodo (2a), el cuerpo del ánodo u otro dispositivo de fijación mecánica (por ejemplo, abrazaderas, etc., que no incluyen el pasador del conductor (299)).

La caída de tensión medida por cada sonda de tensión (500) indica una cantidad de corriente eléctrica que fluye hacia/a través de cada ánodo (2). Si un ánodo particular (2) inicia una reacción de termita, la señal de caída de tensión para ese ánodo (2) aumentará rápidamente en respuesta al aumento de la corriente eléctrica que pasa a través de ese ánodo.

El dispositivo de monitorización (200) recibe las señales de caída de tensión de los ánodos, y si determina que una señal de caída de tensión medida coincide con o excede un umbral de caída de tensión predeterminado, genera y envía una señal de respuesta de termita al sistema de control de potencia (300) para ajustar las condiciones de funcionamiento de la celda electrolítica (1) o de sus componentes para abordar la reacción de termita. Por ejemplo, mostrando una señal de advertencia termita a un operador, retirando el ánodo (2) del baño electrolítico, aumentando la ACD, reduciendo la tensión del sistema, etc.

#### Ejemplo 2

En otro ejemplo de la presente invención, y haciendo referencia a las FIGURAS 7-8, cada placa distribuidora del ánodo (110) soporta un grupo separado de ánodos (2). Cada placa distribuidora del ánodo (110) está conectada eléctricamente a un dispositivo de monitorización (200) a través de una sonda de tensión 500. En algunas realizaciones, cada placa distribuidora del ánodo (110) está aislada eléctricamente de las otras. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se proporciona un aislamiento eléctrico (por ejemplo, un espacio de aire, un aislamiento eléctrico) entre las placas distribuidoras del ánodo (110). Como ejemplos no limitativos, la placa distribuidora del ánodo (110) puede ubicarse sobre una capa de aislamiento térmico del conjunto de electrodo (101) (por ejemplo, sin recubrimiento) o debajo de la capa de aislamiento térmico del conjunto de electrodo (101) (por ejemplo, con un recubrimiento protector).

Cada sonda de tensión (500) mide la caída de tensión asociada con cada placa distribuidora del ánodo (110). La caída de tensión medida por cada sonda de tensión (500) indica una cantidad total de corriente eléctrica que fluye hacia/a través de todos los ánodos (2) soportados por cada placa distribuidora del ánodo (110).

El dispositivo de monitorización (200) recibe las señales de caída de tensión de las placas distribuidoras del ánodo (110) y, si determina que una señal de caída de tensión medida coincide con o excede un umbral de caída de tensión predeterminado, genera y envía una señal de respuesta de termita al sistema de control de potencia (300) para ajustar las condiciones de funcionamiento de la celda electrolítica (1) o sus componentes para abordar la reacción de termita.

Las FIGURAS 10-26 ilustran un modelo de ordenador que simula realizaciones de la presente invención. En particular, estas figuras ilustran un modelo de ordenador de un ánodo corto durante el funcionamiento estable donde

la corriente de la celda electrolítica se mantuvo constante. Se seleccionó un ánodo (ánodo X) para extraer una cantidad adicional de corriente en un corto período de tiempo (mientras se mantenía la temperatura de la celda). El modelo de ordenador se centró en el impacto resultante en el potencial eléctrico de la placa, la caída de subtensión (suministro de corriente), la tensión de la celda y los cambios de resistencia de la celda.

5 Con referencia a las FIGURAS 7-8, la FIGURA 10 ilustra una distribución de corriente eléctrica que pasa a través de los ánodos (2) en un conjunto de electrodo (101). Tal como se ilustra en la FIGURA 10, en condiciones normales de funcionamiento de la celda electrolítica, la corriente eléctrica promedio a través de los sitios de fijación del pasador del ánodo (299) es de 203 amperios (A). En particular, tal como se ilustra en la FIGURA 10, en condiciones normales de funcionamiento, el ánodo "X" presenta una corriente eléctrica de 213 A.

15 Tal como se ilustra en las FIGURAS 7-8, la corriente eléctrica suministrada al ánodo X pasa a través de la conexión eléctrica del ánodo (280), el suministro de corriente (290) y uno de los tubos de suministro de corriente (295) en la placa distribuidora del ánodo correspondiente (110). De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, se puede detectar una caída de tensión asociada con el ánodo X en varios puntos de esta ruta eléctrica. Por ejemplo, la FIGURA 11 ilustra las caídas de tensión medidas en puntos conocidos de cada uno de los tubos de suministro de corriente (295). En particular, tal como se ilustra en la FIGURA 11, en condiciones normales de funcionamiento, una caída de tensión medida a través del tubo de suministro de corriente "Y" es de 0,0195 voltios (V).

20 Las FIGURAS 12-21 ilustran realizaciones de la presente invención simulando casos en los que el ánodo X sufre un cortocircuito eléctrico. En algunas realizaciones, el cortocircuito eléctrico simulado en las FIGURAS 12-21 simula los efectos de una reacción de termita en el ánodo X.

25 Tal como se ilustra en la FIGURA 12, en un modelo (caso 2), un cortocircuito eléctrico en el ánodo X hace que la corriente que fluye a través del ánodo X aumente a 419 A. En consecuencia, tal como se ilustra en la FIGURA 13, una caída de tensión medida a través del tubo de suministro de corriente "Y" aumenta a 0,0214 voltios (V) cuando la corriente al ánodo X aumenta a 419 A.

30 Tal como se ilustra en la FIGURA 14, en un modelo (caso 3) un cortocircuito eléctrico en el ánodo X hace que la corriente que fluye a través del ánodo X aumente a 868 A. En consecuencia, tal como se ilustra en la FIGURA 15, una caída de tensión medida a través del tubo de suministro de corriente "Y" aumenta a 0,0254 voltios (V) cuando la corriente al ánodo X aumenta a 868 A.

35 Tal como se ilustra en la FIGURA 16, en un modelo (caso 4) un cortocircuito eléctrico en el ánodo X hace que la corriente que fluye a través del ánodo X aumente a 1162 A. En consecuencia, tal como se ilustra en la FIGURA 17, una caída de tensión medida a través del tubo de suministro de corriente "Y" aumenta a 0,0281 voltios (V) cuando la corriente al ánodo X aumenta a 1162 A.

40 Tal como se ilustra en la FIGURA 18, en un modelo (caso 5), un cortocircuito eléctrico en el ánodo X hace que la corriente que fluye a través del ánodo X aumente a 1429 A. En consecuencia, tal como se ilustra en la FIGURA 19, una caída de tensión medida a través del tubo de suministro de corriente "Y" aumenta a 0,0305 voltios (V) cuando la corriente al ánodo X aumenta a 1429 A.

45 Tal como se ilustra en la FIGURA 20, en un modelo (caso 1), un cortocircuito eléctrico en el ánodo X hace que la corriente que fluye a través del ánodo X aumente a 2909 A. En consecuencia, tal como se ilustra en la FIGURA 21, una caída de tensión medida a través del tubo de suministro de corriente "Y" aumenta a 0,044 voltios (V) cuando la corriente al ánodo X aumenta a 2909 A.

50 Las FIGURAS 22-27 resumen los datos de las FIGURAS 10-21.

Tal como se ilustra en la FIGURA 22-27, se puede usar un aumento de caída de tensión medido en el tubo de suministro de corriente (295) correspondiente al ánodo X (tubo de suministro de corriente "Y") para detectar un aumento en la corriente eléctrica en el ánodo X.

55 Además, debido a que un suministro de corriente eléctrica constante está equilibrado, se pueden usar otras mediciones asociadas con el conjunto de ánodo (101) para confirmar las mediciones asociadas con el ánodo X.

60 Por ejemplo, tal como se ilustra en la FIGURA 22; un aumento de la corriente eléctrica que fluye a través del ánodo X aumenta la caída de tensión detectada en el tubo de suministro de corriente "Y" (TUBO 3). De manera similar, la disminución correspondiente en la caída de tensión asociada con los otros tubos de suministro de corriente (295) (TUBOS 1-2 y 4-6) confirman que la caída de tensión detectada en el tubo de suministro de corriente "Y" no es una lectura falsa. En otras realizaciones, La validez de la caída de tensión detectada en el tubo de suministro de corriente "Y" puede confirmarse midiendo las disminuciones correspondientes en la resistencia general de la celda electrolítica (RESISTENCIA DE LA CELDA) o el aumento del potencial de la placa distribuidora del ánodo.

65

Aunque se han mostrado y descrito algunas realizaciones de la presente invención, los expertos en la materia apreciarán que se pueden hacer cambios en estas realizaciones sin apartarse de los principios de la presente invención, cuyo alcance queda definido en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Celda electrolítica de ánodo inerte, que comprende:

- 5           - dos o más grupos de ánodos inertes configurados para suministrar una corriente eléctrica a un baño electrolítico en contacto líquido con los dos o más ánodos, comprendiendo dicho uno o más ánodos un óxido metálico;
- 10          - una primera placa distribuidora del ánodo conectada eléctricamente a un primer grupo de ánodos inertes configurada para distribuir la corriente eléctrica al primer grupo de ánodos inertes;
- 15          - una segunda placa distribuidora del ánodo conectada eléctricamente a un segundo grupo de ánodos inertes configurada para distribuir la corriente eléctrica al segundo grupo de ánodos inertes;
- 20          - una segunda sonda de tensión configurada para detectar una caída de tensión asociada con la segunda placa distribuidora del ánodo y transmitir una correspondiente segunda señal de caída de tensión;
- un dispositivo de monitorización configurado para recibir las señales de caída de tensión primera y segunda y configurado para generar una señal de respuesta de termita si una de las señales de caída de tensión primera o segunda alcanza o excede una caída de tensión umbral; y
- un sistema de control de potencia configurado para recibir la señal de respuesta de termita y configurado para ajustar los parámetros de funcionamiento de la celda electrolítica de acuerdo con la señal de respuesta de termita,

25          en la que el dispositivo de monitorización genera la señal de respuesta de termita si, en comparación con la caída de tensión umbral, la caída de tensión de una o más de las señales de caída de tensión primera y segunda indica un aumento repentino de la caída de tensión a través de la primera o segunda placa distribuidora del ánodo.

2. Procedimiento de monitorización de celda electrolítica de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

- 30           - detectar información indicativa de una reacción de termita;
- comparar la información indicativa de una reacción de termita con un umbral;
- generar una señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación; y
- reaccionar a la señal de respuesta de termita,

35          en el que la detección de información indicativa de una reacción de termita comprende detectar información indicativa de una reacción de termita de uno o más ánodos, y en el que el uno o más ánodos son ánodos inertes que comprenden un óxido metálico;

            en el que la información indicativa de una reacción de termita comprende una tensión asociada con el uno o más ánodos y, en particular, una caída de tensión asociada con el uno o más ánodos.

40          3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la información indicativa de una reacción de termita comprende información relacionada con una corriente eléctrica que pasa a través del uno o más ánodos.

45          4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que la información indicativa de una reacción de termita comprende, además, al menos uno de un campo magnético asociado con el uno o más ánodos, y un campo eléctrico asociado con el uno o más ánodos.

50          5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que la caída de tensión se detecta a través de puntos conocidos en cada uno del uno o más ánodos; o en el que la caída de tensión se detecta a través de un punto conocido en una placa distribuidora del ánodo que soporta un grupo de uno o más ánodos; o en el que la caída de tensión se detecta a través de un punto conocido en un conjunto de ánodo que soporta uno o más ánodos o una o más placas distribuidoras del ánodo; o en el que la caída de tensión se detecta a través de puntos conocidos de al menos cada uno del uno o más ánodos, de una placa distribuidora del ánodo que soporta un grupo de uno o más ánodos, y de un conjunto de ánodo que soporta el uno o más ánodos o una o más placas distribuidoras del ánodo.

55          6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la comparación de la información indicativa de una reacción de termita con un umbral comprende comparar la caída de tensión asociada con el uno o más ánodos con una caída de tensión umbral.

60          7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la caída de tensión umbral se basa en datos operativos anteriores de la celda electrolítica; y/o en el que la caída de tensión umbral es un nivel de caída de tensión previamente asociado con una reacción de termita; y/o

65          en el que la caída de tensión umbral es una tasa de aumento de caída de tensión.

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6,  
en el que la caída de tensión umbral es un umbral derivado por ordenador derivado de uno de los datos operativos anteriores de la celda electrolítica o de parámetros de funcionamiento y de la composición de la celda electrolítica.
- 5 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8,  
en el que la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación comprende generar la  
señal de respuesta de termita si la caída de tensión detectada alcanza o excede la caída de tensión umbral; o en el  
que la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación comprende generar la señal  
de respuesta de termita si la caída de tensión detectada indica un aumento repentino de la caída de tensión a través  
10 del uno o más ánodos; o  
en el que la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación comprende generar la  
señal de respuesta de termita si, en comparación con el umbral, la caída de tensión detectada indica un aumento  
repentino de la caída de tensión a través del uno o más ánodos; o  
15 en el que la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación comprende generar una  
señal de espera como señal de respuesta de termita si la caída de tensión detectada no alcanza ni excede la caída  
de tensión umbral; o  
en el que la generación de la señal de respuesta de termita de acuerdo con la comparación comprende generar una  
señal de espera como señal de respuesta de termita si, en comparación con el umbral, la caída de tensión detectada  
no indica un aumento repentino de la caída de tensión a través del uno o más ánodos.
- 20 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9,  
en el que la reacción a la señal de respuesta de termita comprende continuar detectando información indicativa de  
una reacción de termita cuando la señal de respuesta de termita es una señal de espera.
- 25 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 10,  
en el que la reacción a la señal de respuesta de termita comprende enviar una señal a un operador de la celda  
electrolítica.
- 30 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 11,  
en el que la reacción a la señal de respuesta de termita comprende ajustar los parámetros operativos de la celda  
electrolítica.
- 35 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12,  
en el que el ajuste de los parámetros operativos de la celda electrolítica comprende uno o más de cambiar la ACD  
del uno o más ánodos, mover el uno o más ánodos, retirar el uno o más ánodos del baño electrolítico, cambiar una  
corriente suministrada al uno o más ánodos, cambiar la temperatura del baño electrolítico, cambiar la química de un  
baño electrolítico, retirar el conjunto de electrodo del baño electrolítico, cambiar la corriente eléctrica suministrada a  
la celda electrolítica.
- 40 14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13,  
en el que la magnitud de la señal de respuesta de termita se corresponde con la magnitud de la caída de tensión  
detectada, y en el que la reacción a la señal de respuesta de termita es proporcional a la magnitud de la señal de  
respuesta de termita.

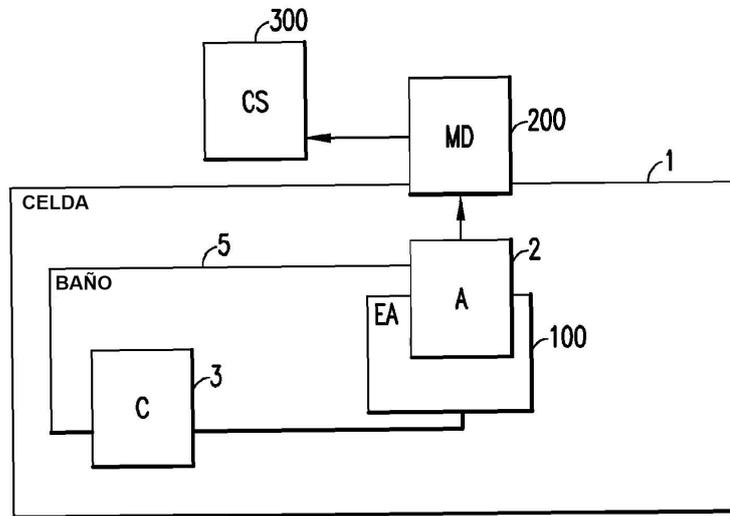


FIG.1A

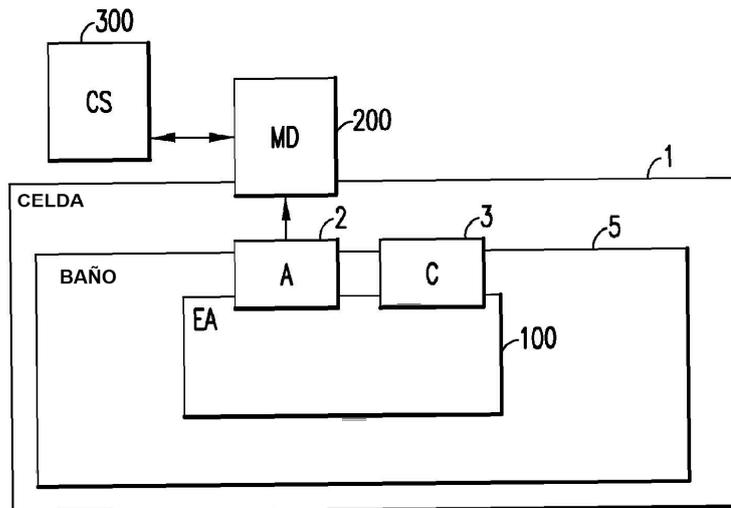


FIG.1B

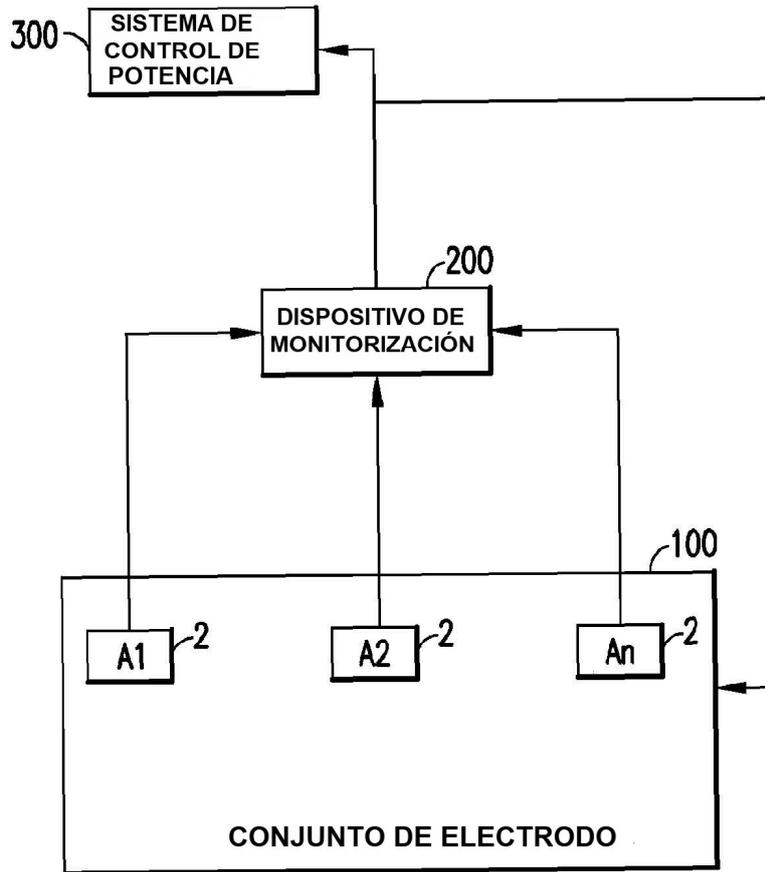


FIG.2

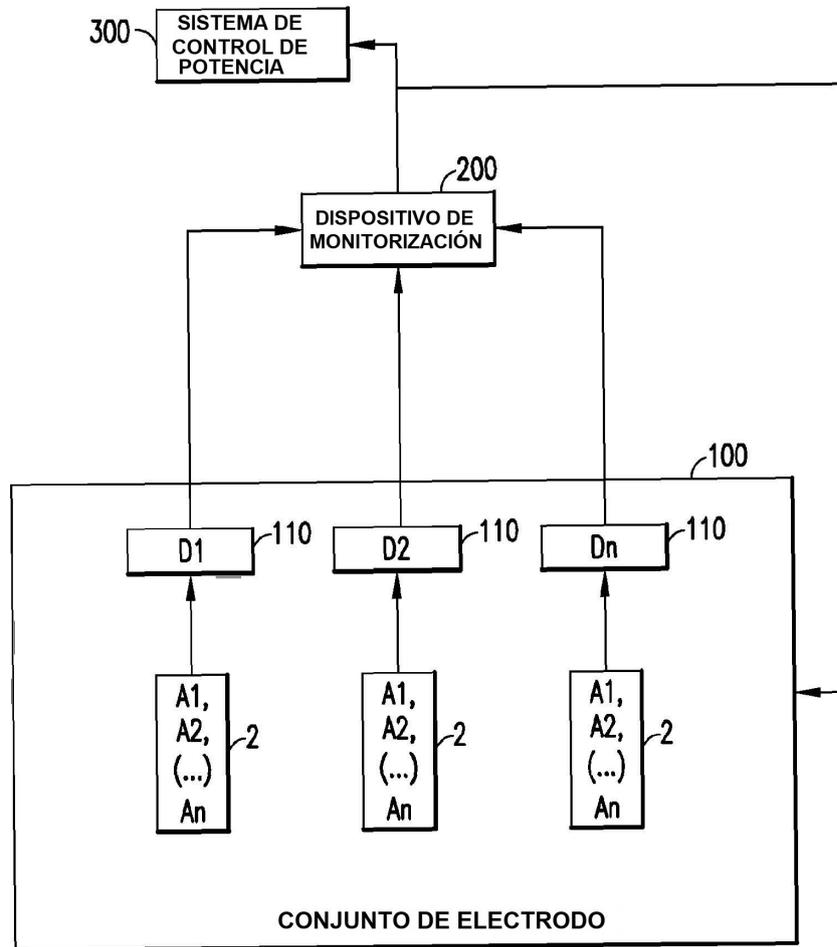
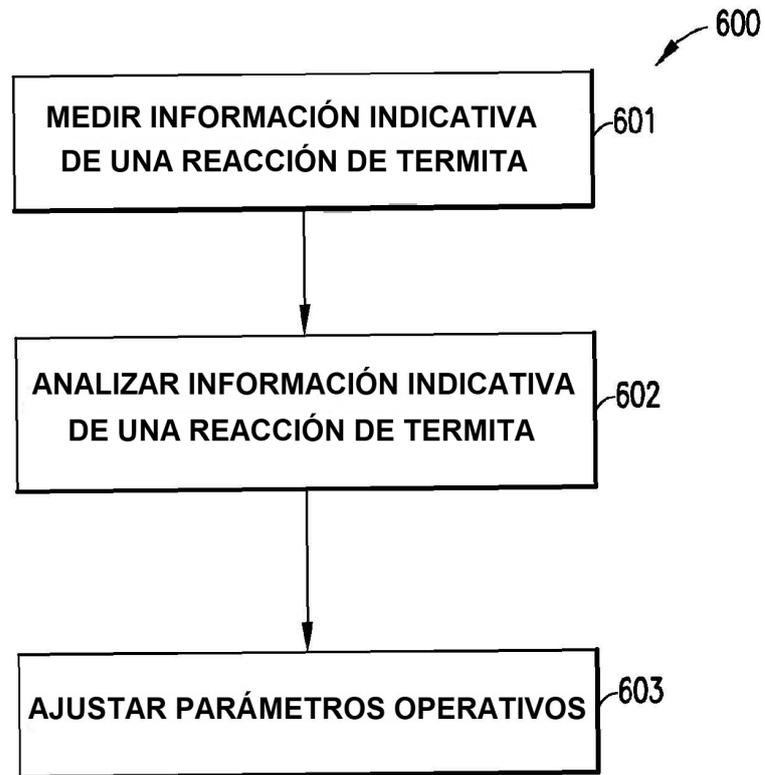


FIG.3



**FIG.4**

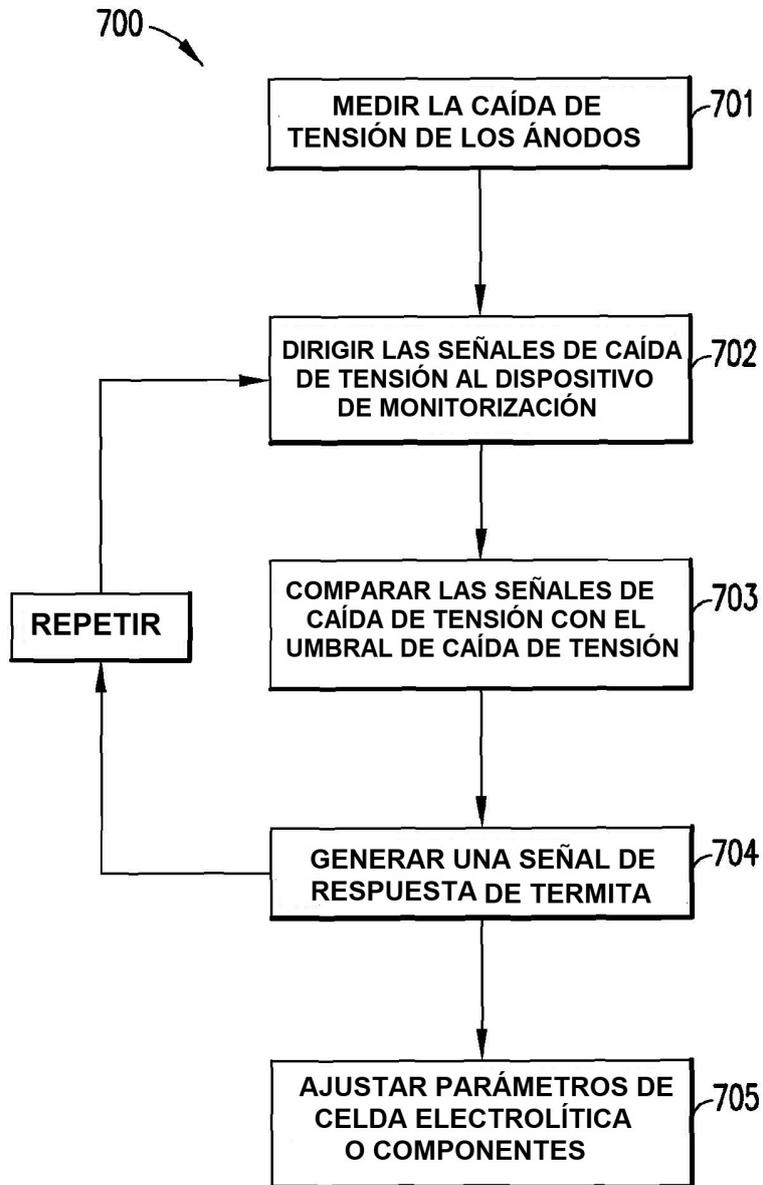


FIG.5

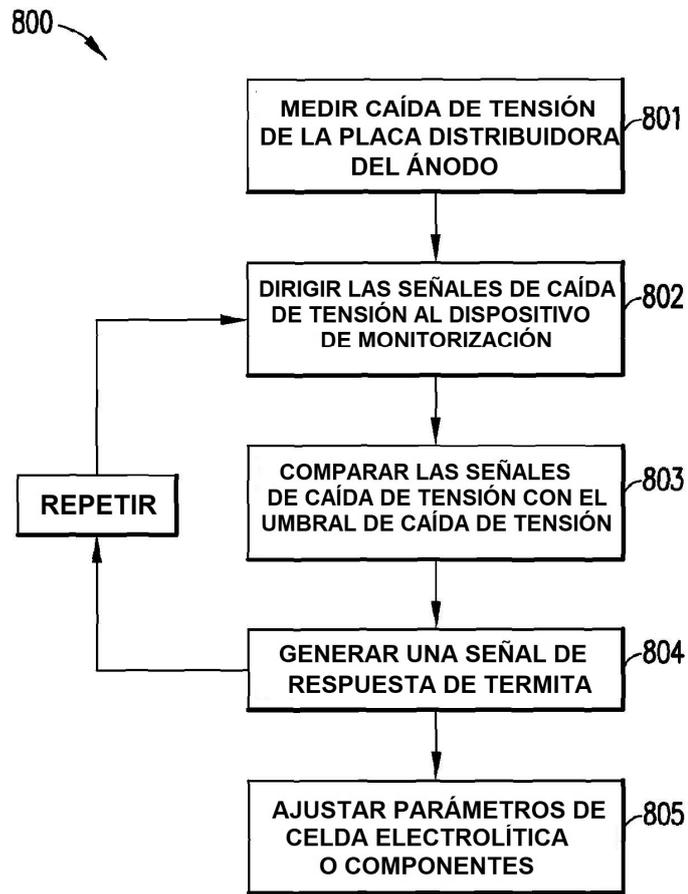


FIG.6

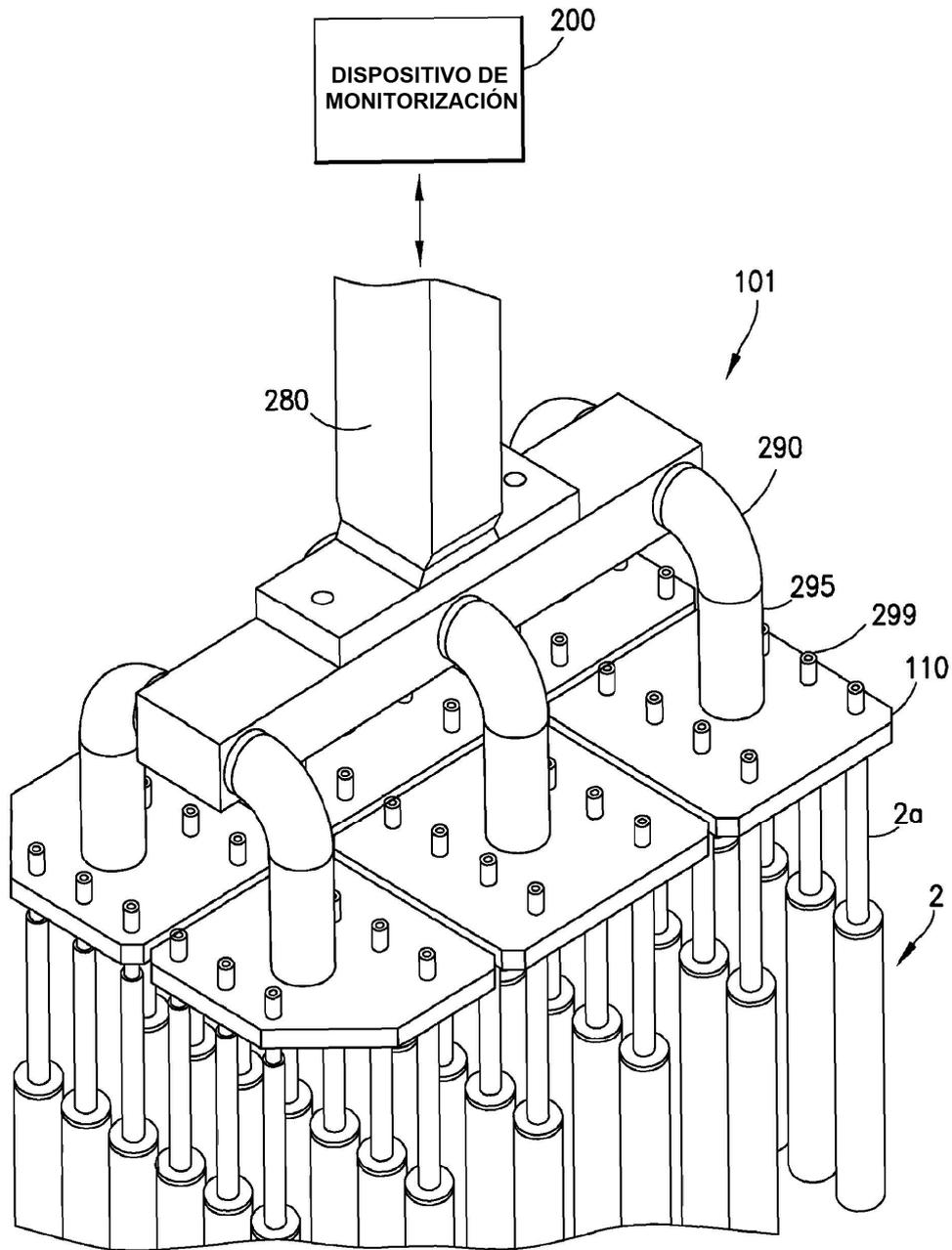
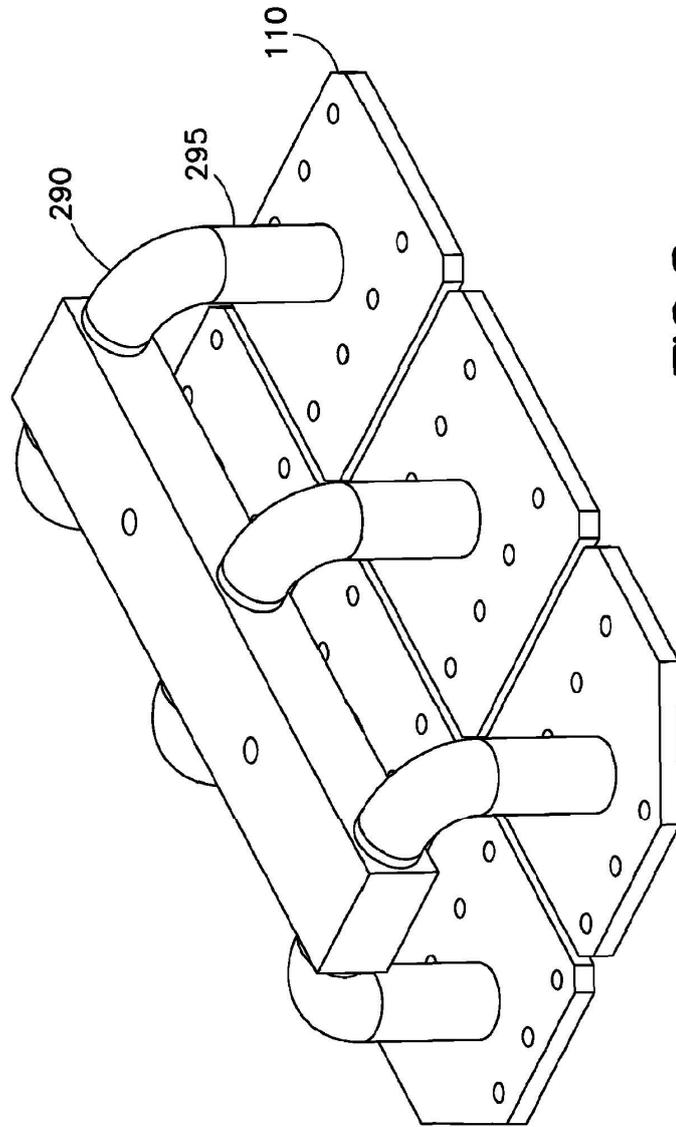


FIG. 7



**FIG.8**

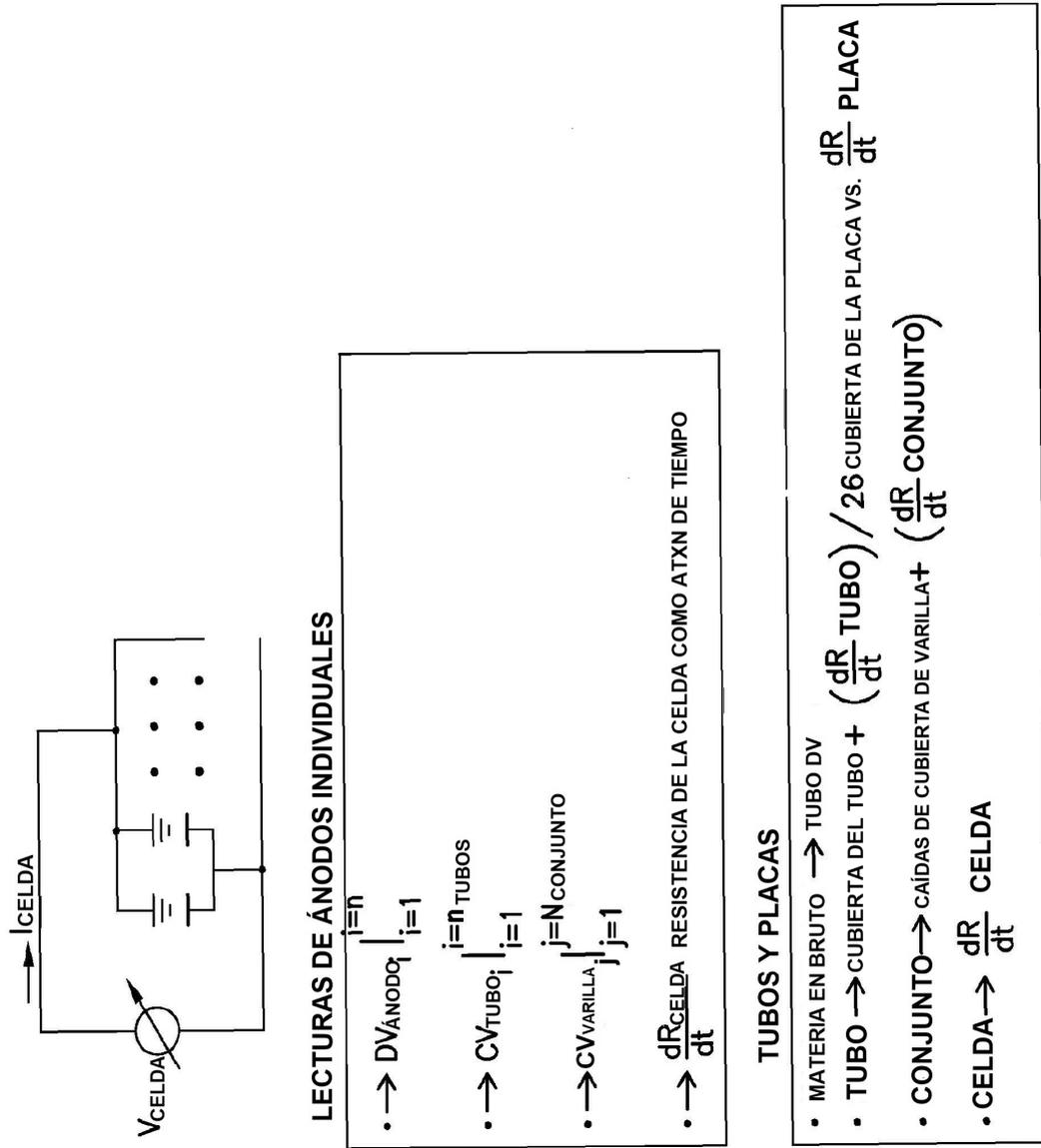
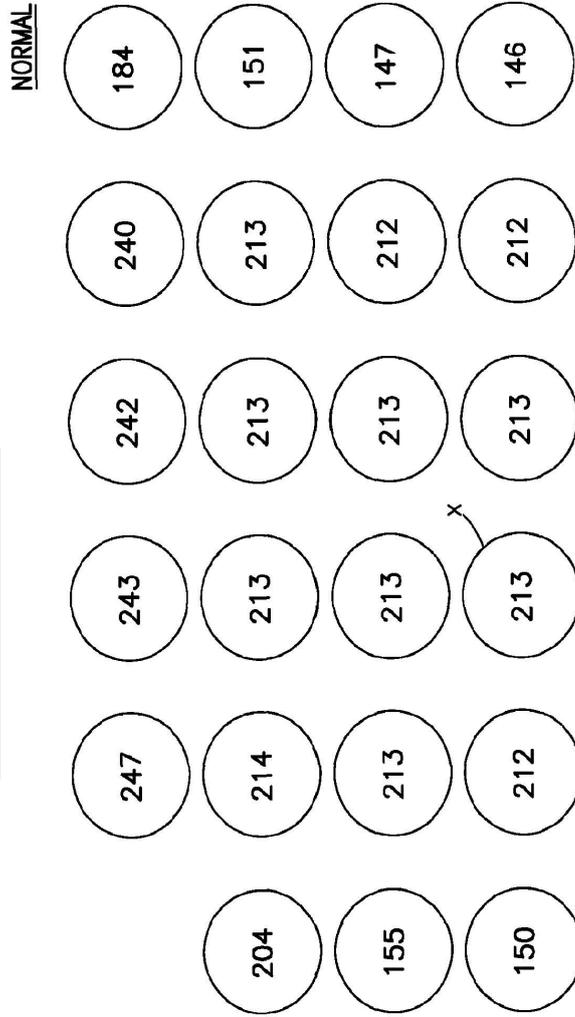


FIG.9

CORRIENTE NORMAL A TRAVÉS DE LOS PASADORES DEL ÁNODO PARA CELDA PILOTO BAJO 9350 kA  
CON PLACA SEGMENTADA

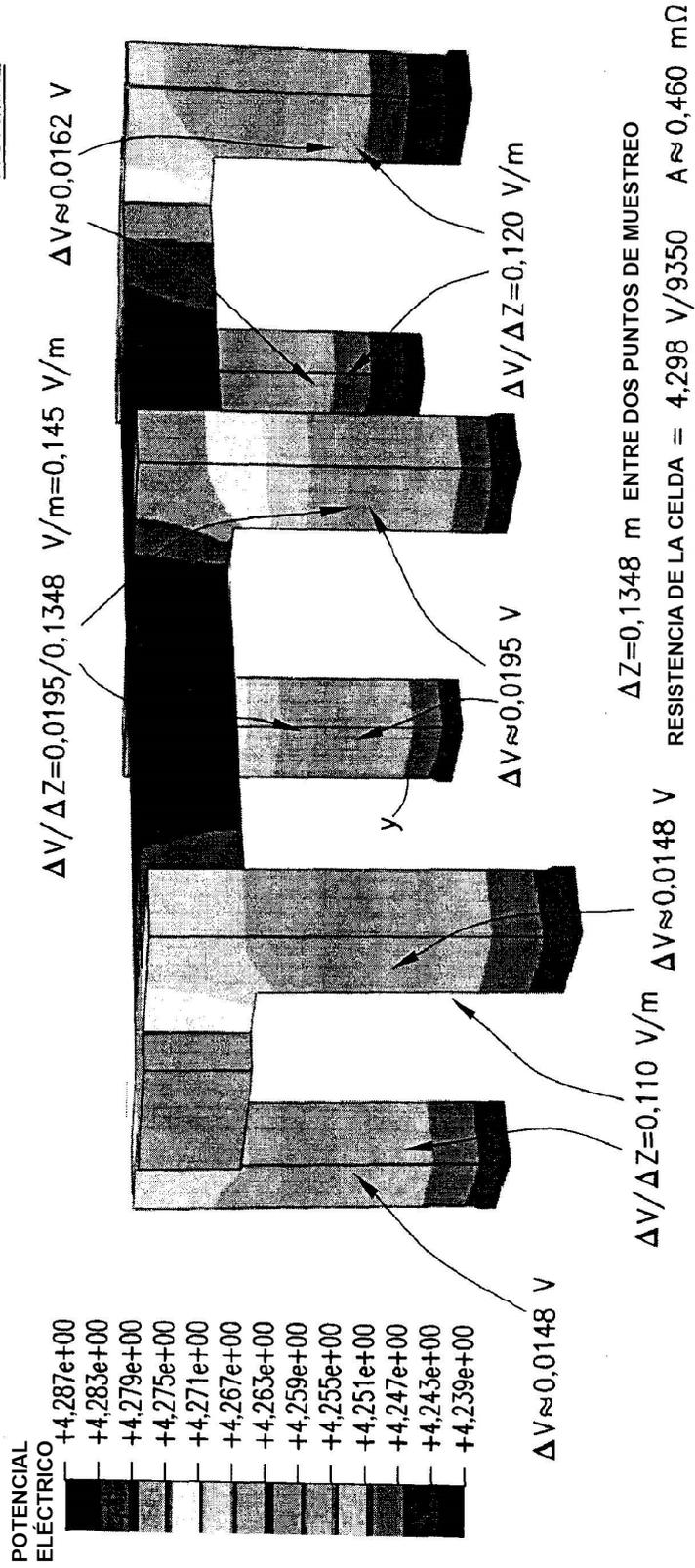


CORRIENTE PROMEDIO DEL PASADOR DEL ÁNODO = 9350/46 ≈ 203 A

**FIG.10**

POTENCIAL ELÉCTRICO DEL TUBO EN CONDICIONES NORMALES

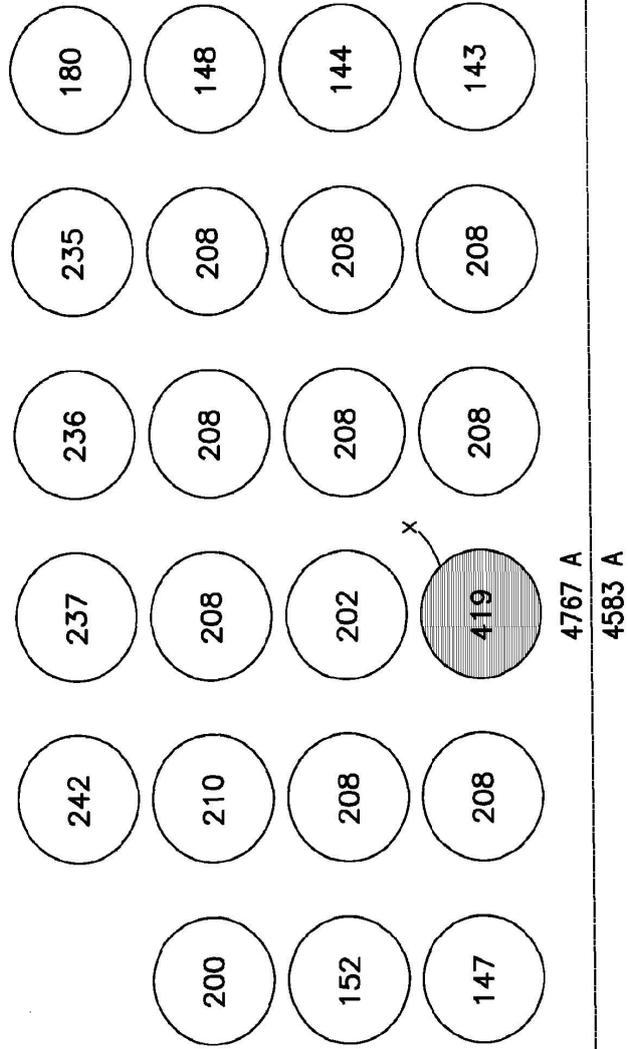
NORMAL



**FIG.11**

CORRIENTE A TRAVÉS DE LOS PASADORES DEL ÁNODO PARA CELDA PILOTO BAJO 9350 KA

CASO 2  
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 419 A



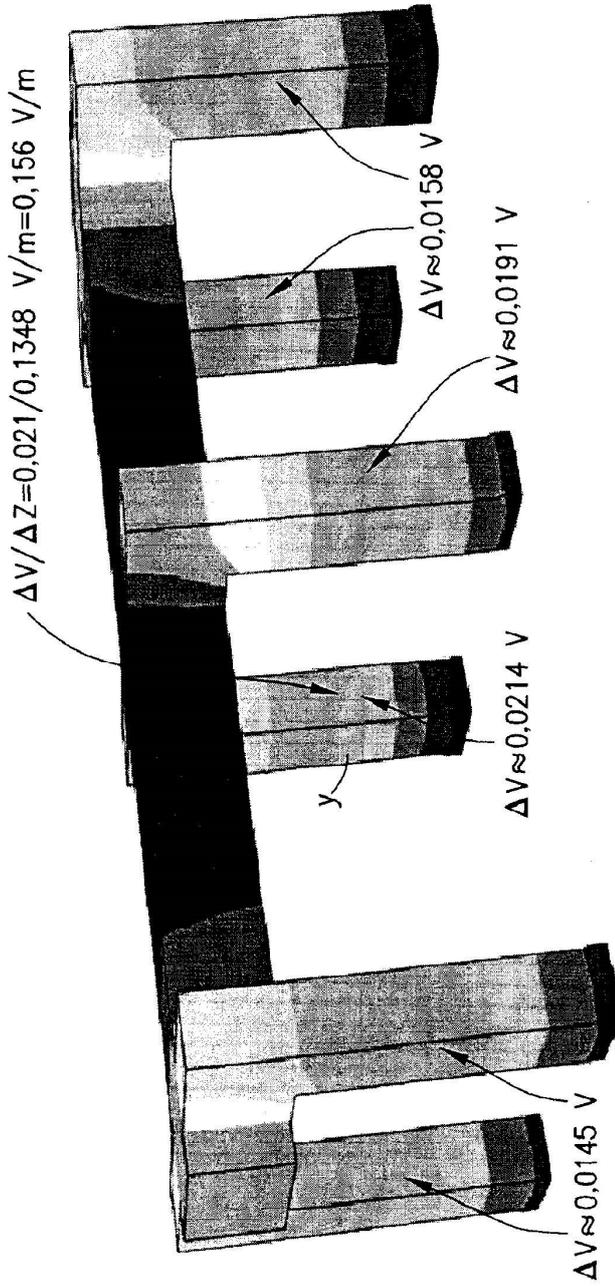
**FIG.12**

POTENCIAL ELÉCTRICO DEL TUBO CON CORTOCIRCUITO EN UN ÁNODO

CASO 2

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 419 A

$\Delta V/\Delta Z=0,021/0,1348 \text{ V/m}=0,156 \text{ V/m}$



POTENCIAL ELÉCTRICO

+4,212e+00
+4,208e+00
+4,204e+00
+4,200e+00
+4,195e+00
+4,191e+00
+4,187e+00
+4,183e+00
+4,179e+00
+4,175e+00
+4,171e+00
+4,167e+00
+4,163e+00

$\Delta Z=0,1348 \text{ m}$  ENTRE DOS PUNTOS DE MUESTREO

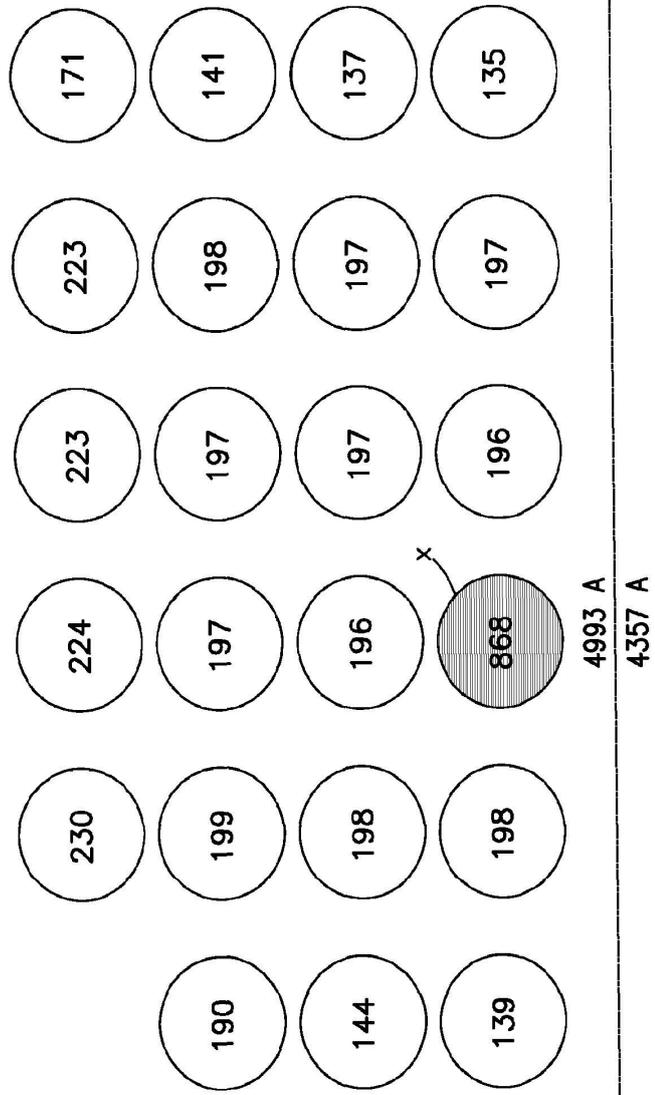
RESISTENCIA DE LA CELDA =  $4,223 \text{ V}/9350 \text{ A} \approx 0,452 \text{ m}\Omega$  (1,7%)

**FIG.13**

CORRIENTE A TRAVÉS DE LOS PASADORES DEL ÁNODO PARA CELDA PILOTO BAJO 9350 KA

CASO 3

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 868 A

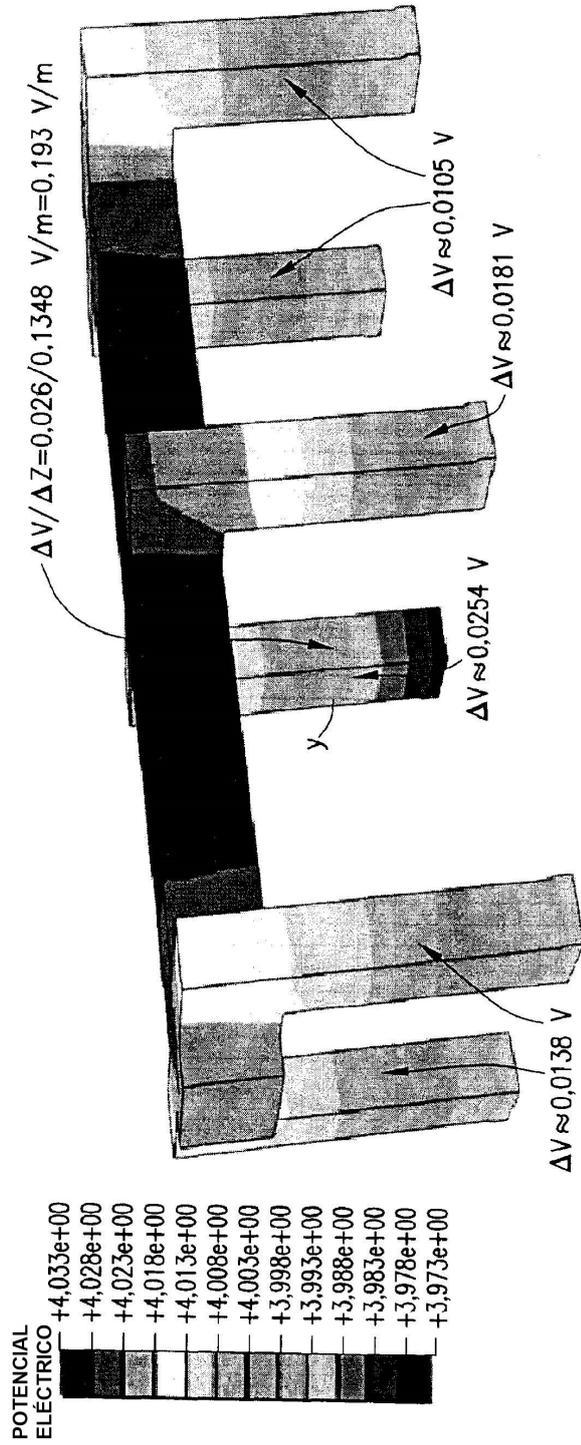


**FIG.14**

POTENCIAL ELÉCTRICO DEL TUBO CON CORTOCIRCUITO EN UN ÁNODO

CASO 3

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 868 A



POTENCIAL ELÉCTRICO

+4,033e+00
+4,028e+00
+4,023e+00
+4,018e+00
+4,013e+00
+4,008e+00
+4,003e+00
+3,998e+00
+3,993e+00
+3,988e+00
+3,983e+00
+3,978e+00
+3,973e+00

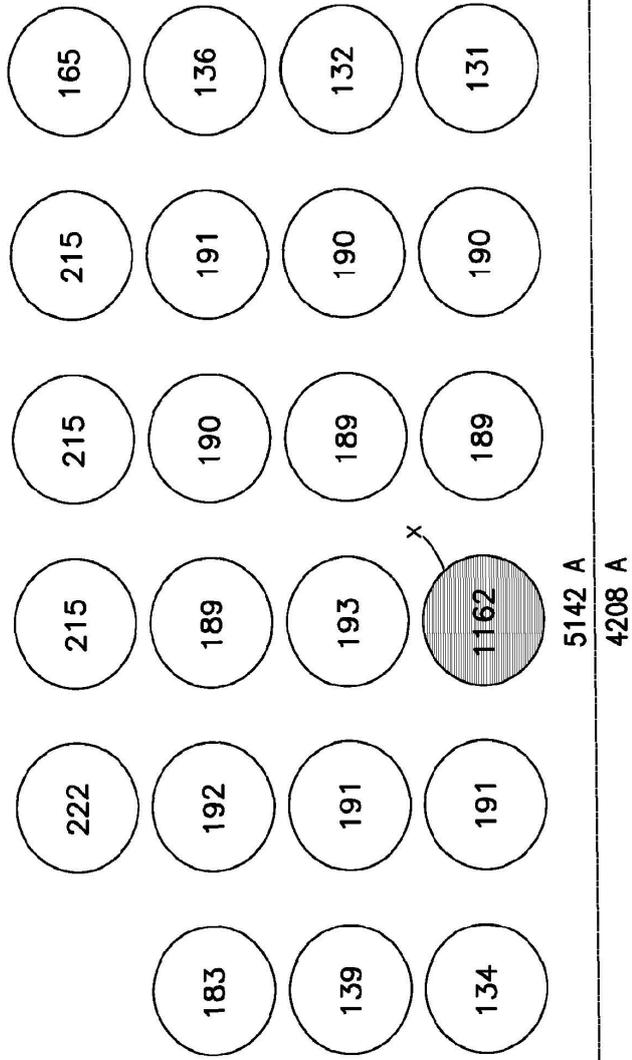
$\Delta Z = 0,1348 \text{ m}$  ENTRE DOS PUNTOS DE MUESTREO  
 RESISTENCIA DE LA CELDA =  $4,043 \text{ V}/9350 \text{ A} \approx 0,432 \text{ m}\Omega$  (6,1%)

**FIG.15**

CORRIENTE A TRAVÉS DE LOS PASADORES DEL ÁNODO PARA CELDA PILOTO BAJO 9350 KA

CASO 4

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 1162 A



**FIG.16**

POTENCIAL ELÉCTRICO DEL TUBO CON CORTOCIRCUITO EN UN ÁNODO

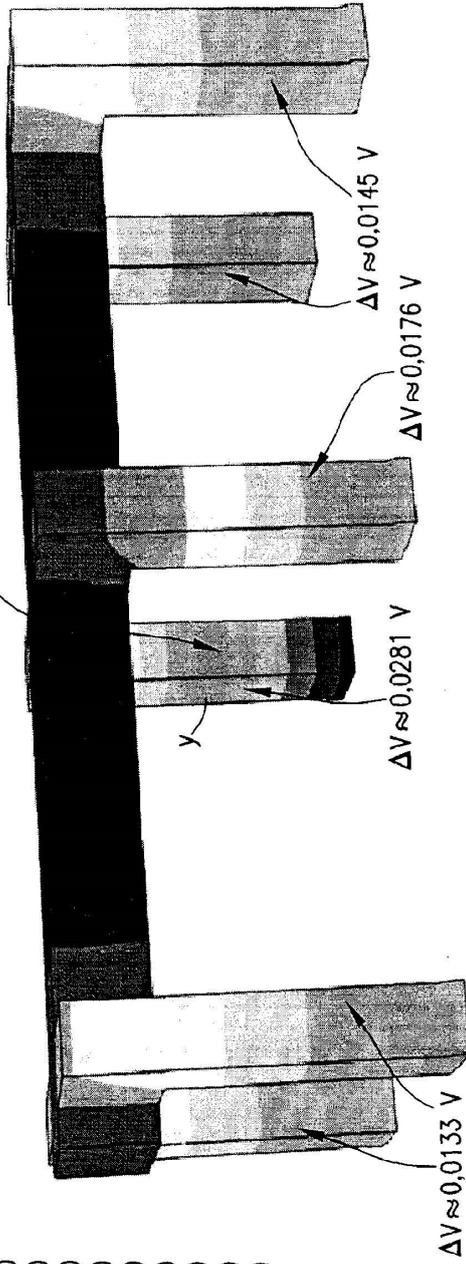
CASO 4

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 1162 A

POTENCIAL ELÉCTRICO

+3,915e+00
+3,910e+00
+3,904+00
+3,899e+00
+3,893e+00
+3,888e+00
+3,882e+00
+3,877e+00
+3,872e+00
+3,866e+00
+3,861e+00
+3,855e+00
+3,850e+00

$\Delta V / \Delta Z = 0,028 / 0,1348 \text{ V/m} = 0,208 \text{ V/m}$



$\Delta Z = 0,1348 \text{ m}$  ENTRE DOS PUNTOS DE MUESTREO

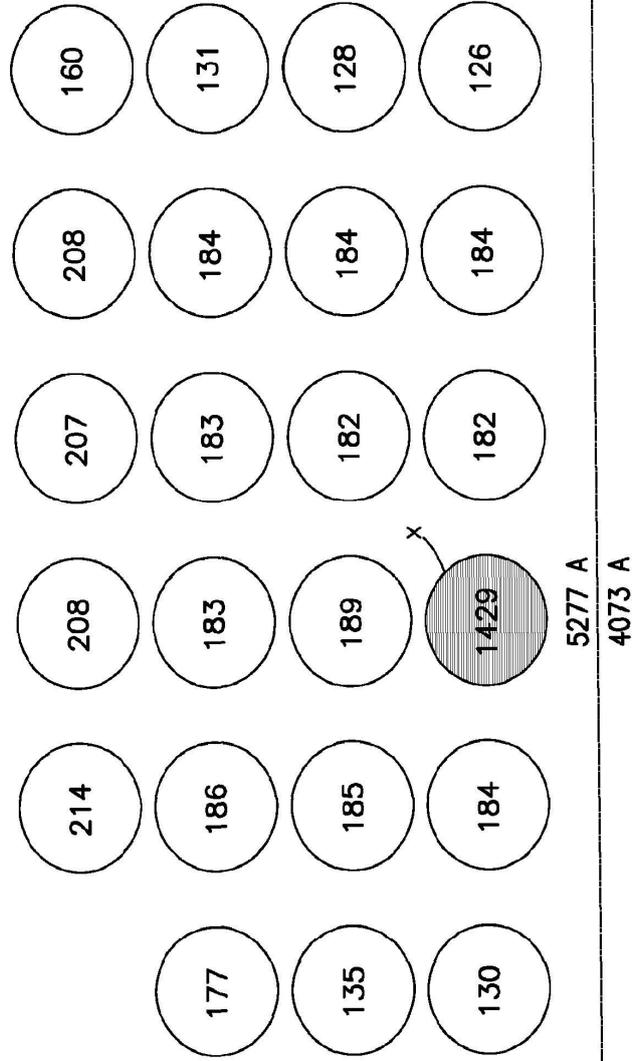
RESISTENCIA DE LA CELDA =  $3,926 \text{ V} / 9350 \text{ A} \approx 0,42 \text{ m}\Omega$  (8,7%)

**FIG.17**

CORRIENTE A TRAVÉS DE LOS PASADORES DEL ÁNODO PARA CELDA PILOTO BAJO 9350 kA

CASO 5

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 1429 A



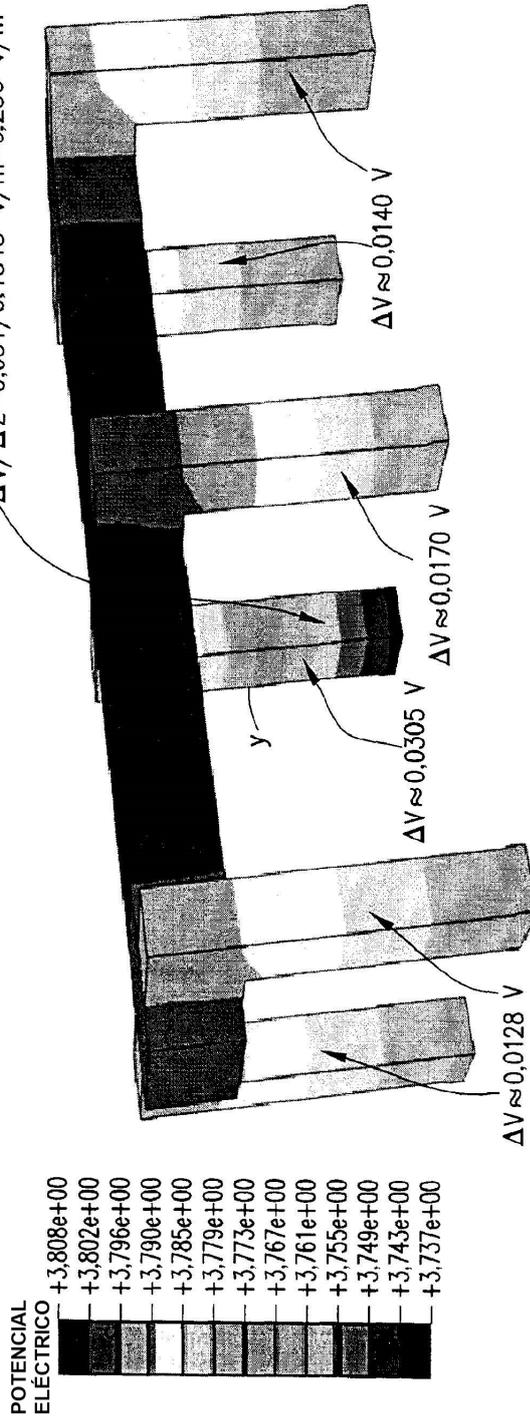
**FIG.18**

POTENCIAL ELÉCTRICO DEL TUBO CON CORTOCIRCUITO EN UN ÁNODO

CASO 5

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 1429 A

$\Delta V / \Delta Z = 0,031 / 0,1348 \text{ V/m} = 0,230 \text{ V/m}$



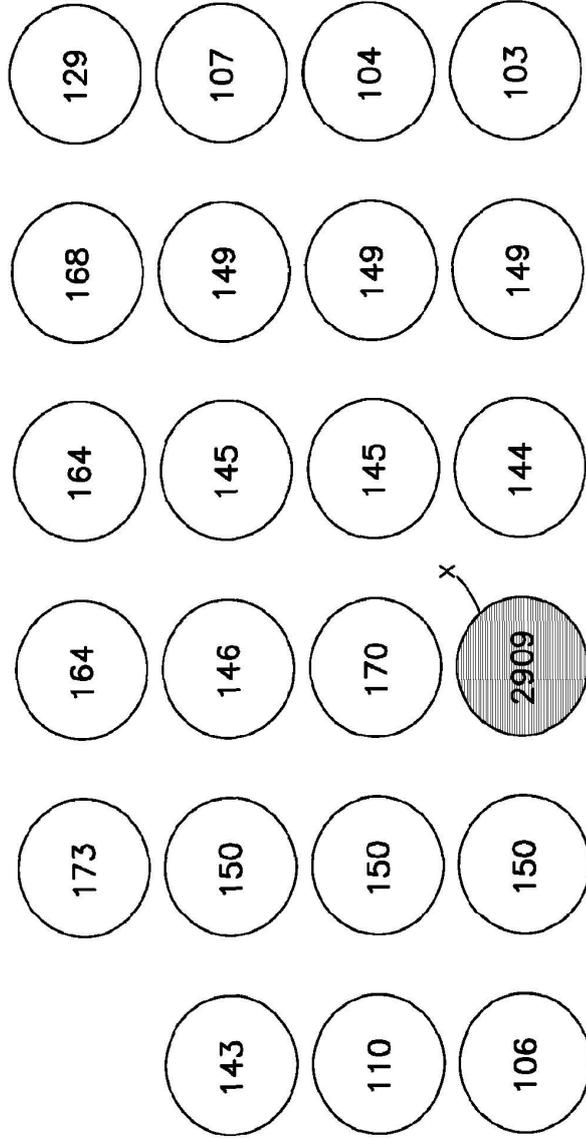
$\Delta Z = 0,1348 \text{ m}$  ENTRE DOS PUNTOS DE MUESTREO  
 RESISTENCIA DE LA CELDA =  $3,819 \text{ V} / 9350 \text{ A} \approx 0,408 \text{ m}\Omega$  (11,3%)

**FIG.19**

CORRIENTE A TRAVÉS DE LOS PASADORES DEL ÁNODO PARA CELDA PILOTO BAJO 9350 kA

CASO 1

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 2909 A



6025 A

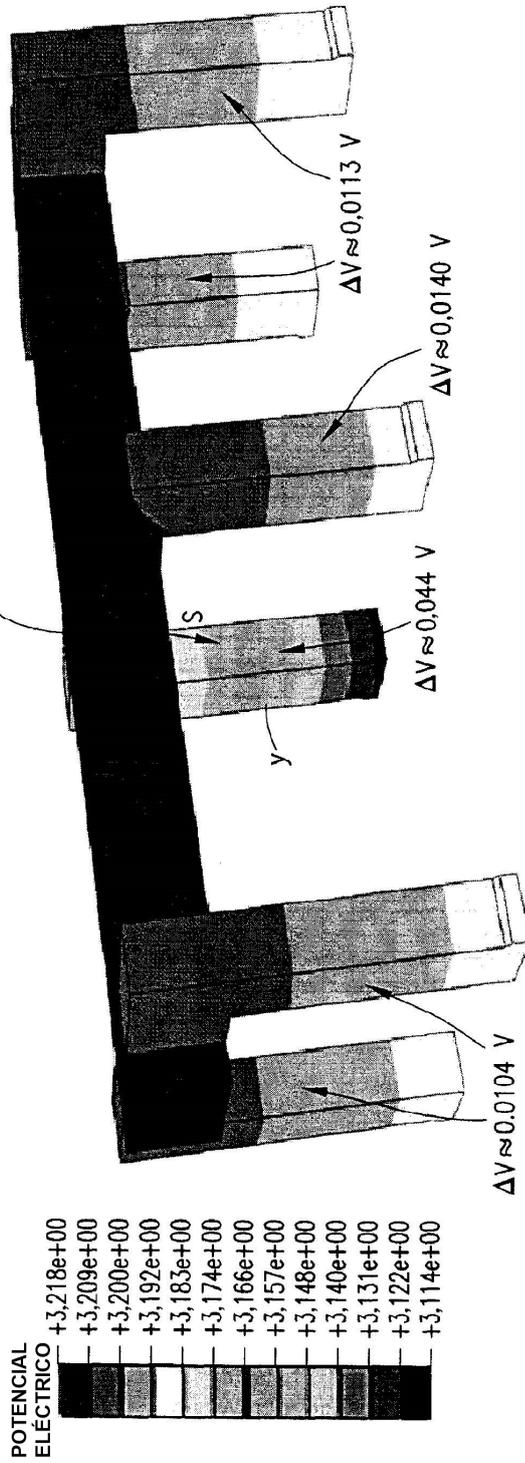
3325 A

**FIG.20**

POTENCIAL ELÉCTRICO DEL TUBO CON CORTOCIRCUITO EN UN ÁNODO

CASO 1  
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO: 2909 A

$\Delta V / \Delta Z = 0,044 / 0,1348 \text{ V/m} = 0,326 \text{ V/m}$



$\Delta Z = 0,1348 \text{ m}$  ENTRE DOS PUNTOS DE MUESTREO  
 RESISTENCIA DE LA CELDA =  $3,229 \text{ V} / 9350 \text{ A} \approx 0,345 \text{ m}\Omega$  (25,0%)

**FIG.21**

**TABLA DE RESUMEN**

	CORRIENTE DEL PASADOR DEL ÁNODO (A)	CAÍDA DE TENSIÓN DE LOS TUBOS (V) POR ENCIMA DE 0,1348 m						VARIACIÓN DEL POTENCIAL DE LA PLACA (V)	RESISTENCIA DE LA CELDA ( $m\Omega$ )	CAMBIOS EN LA RESISTENCIA DE LA CELDA RESPECTO DE CONDICIONES NORMALES
		TUBOS 1 Y 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBOS 5 Y 6					
NORMAL	213	0,0148	0,0195	0,0195	0,0162	0,011	0,460	0,00%		
CASO 2	419	0,0145	0,0214	0,0191	0,0158	0,016	0,452	-1,74%		
CASO 3	868	0,0138	0,0254	0,0181	0,0150	0,034	0,432	-6,09%		
CASO 4	1162	0,0133	0,0281	0,0176	0,0145	0,046	0,420	-8,70%		
CASO 5	1429	0,0128	0,0305	0,0170	0,0140	0,046	0,408	-11,30%		
CASO 1	2909	0,0104	0,0440	0,0140	0,0113	0,0118	0,345	-25,00%		

**FIG.22**

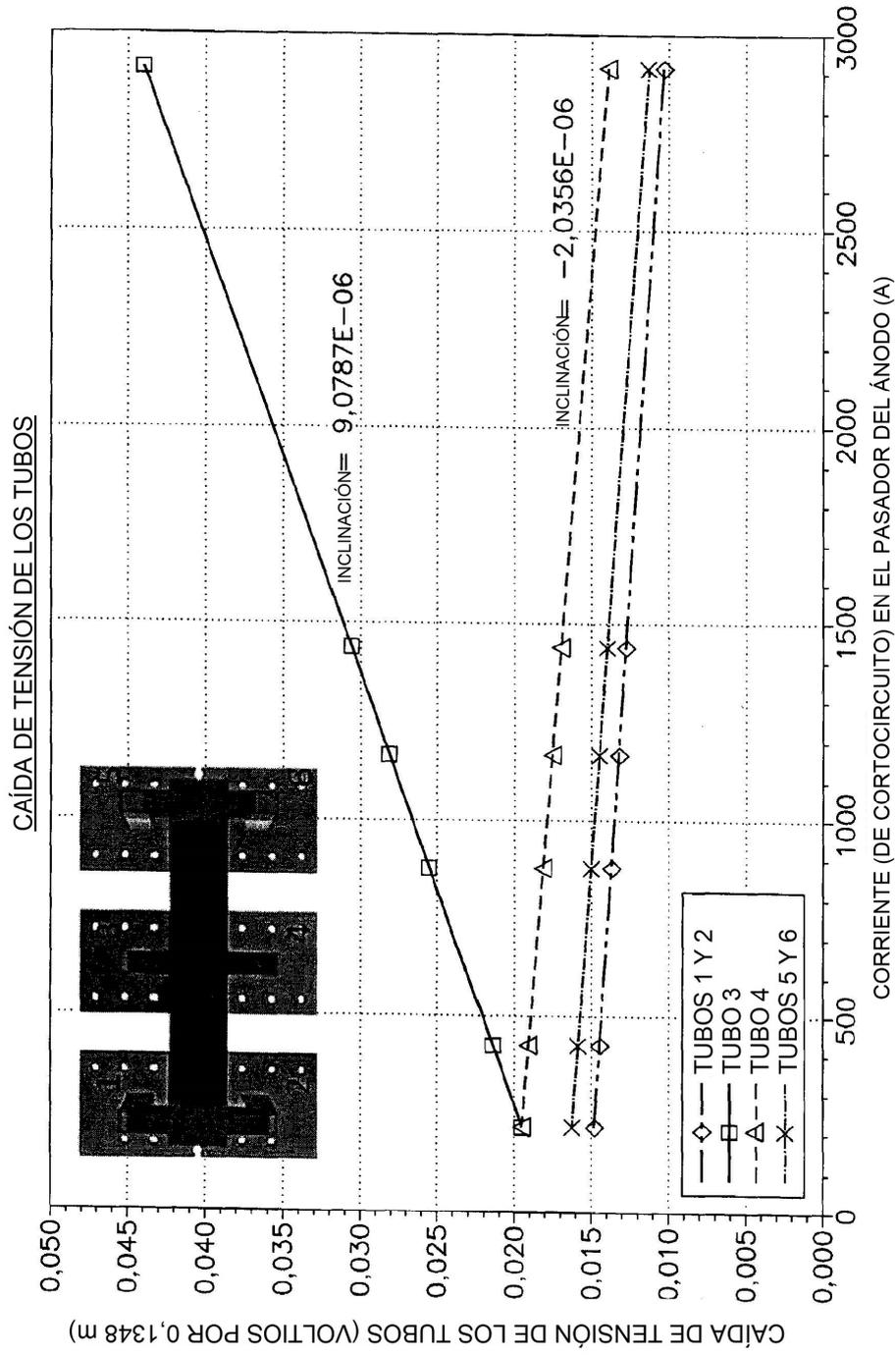


FIG.23

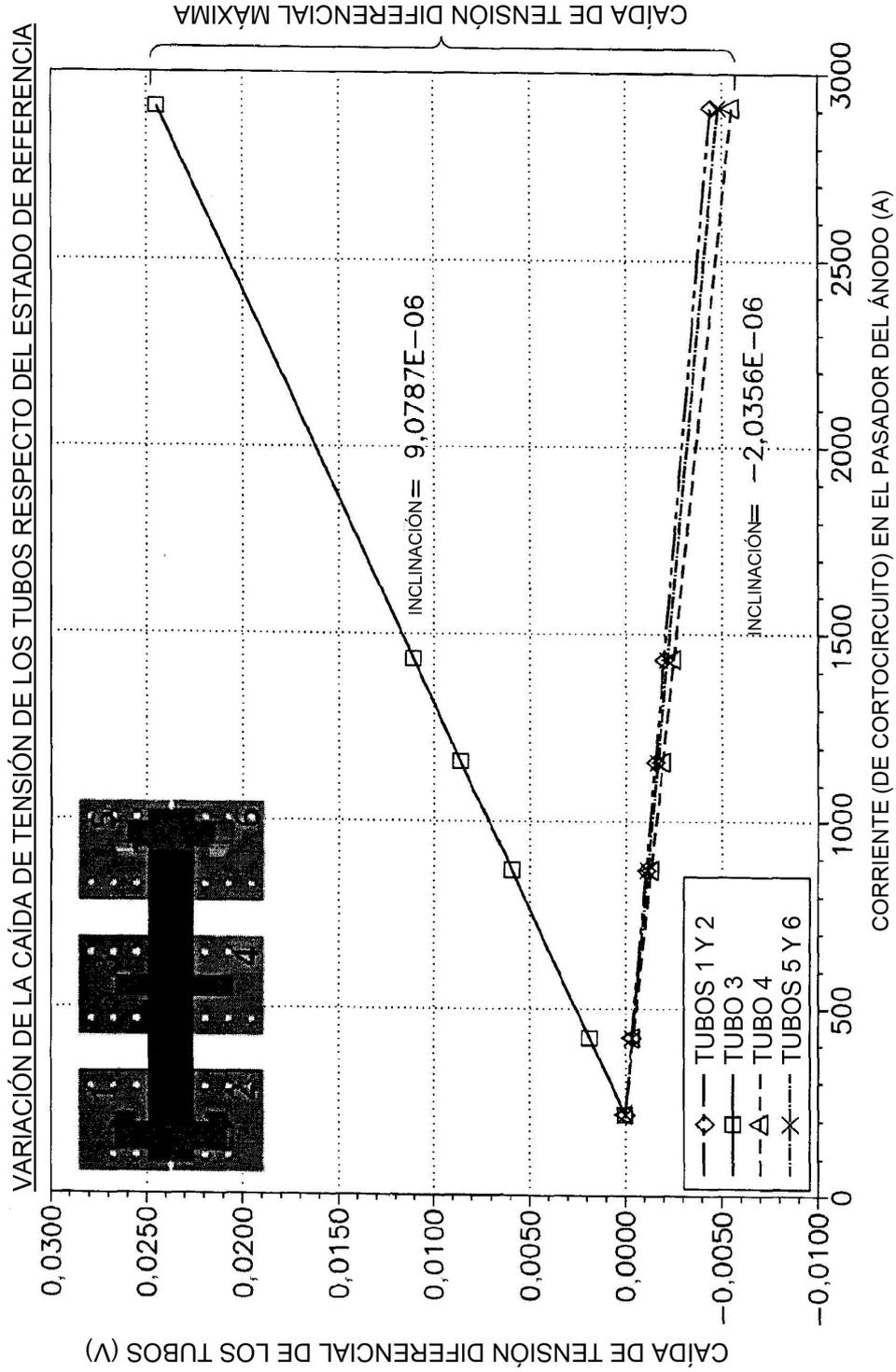
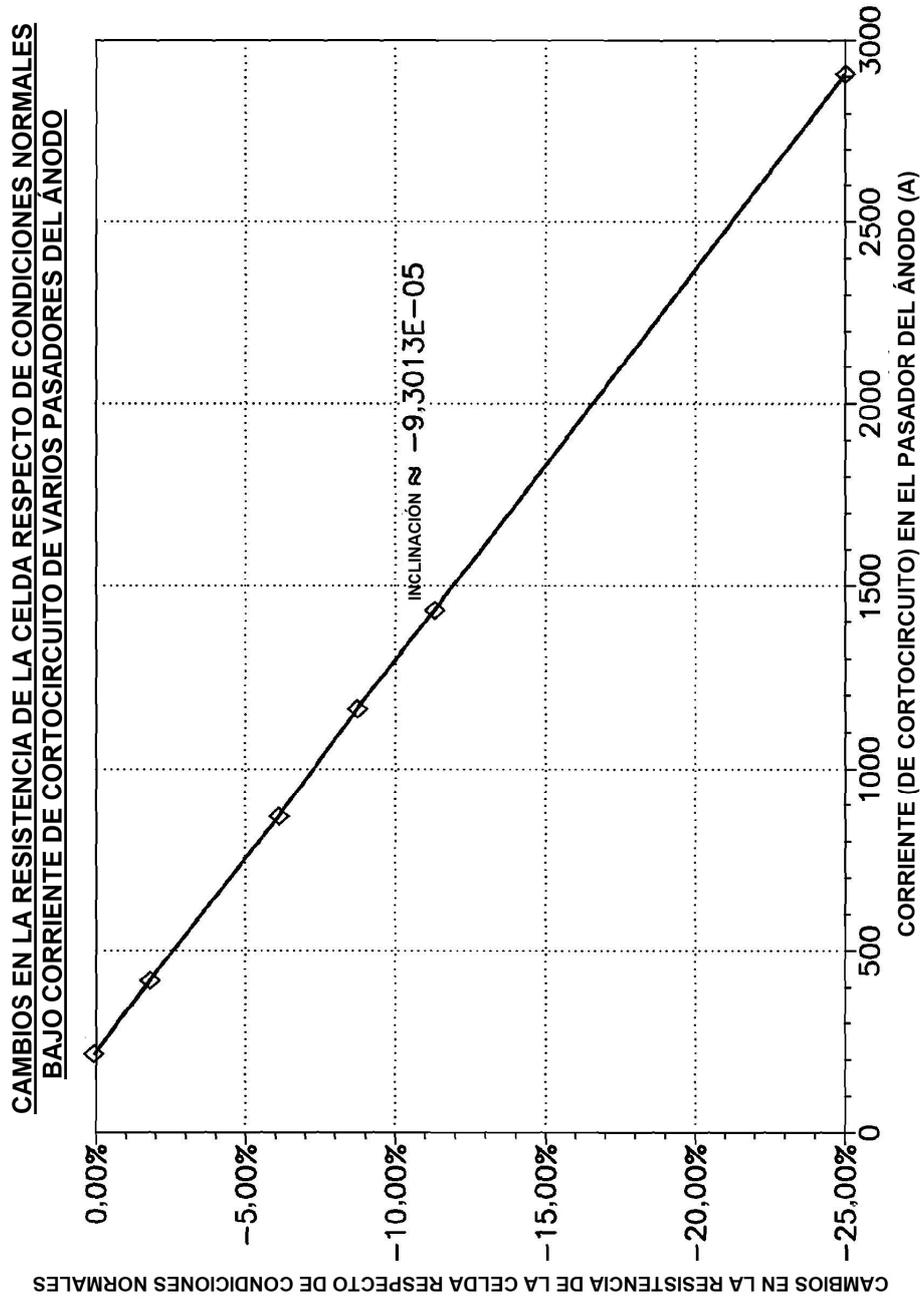
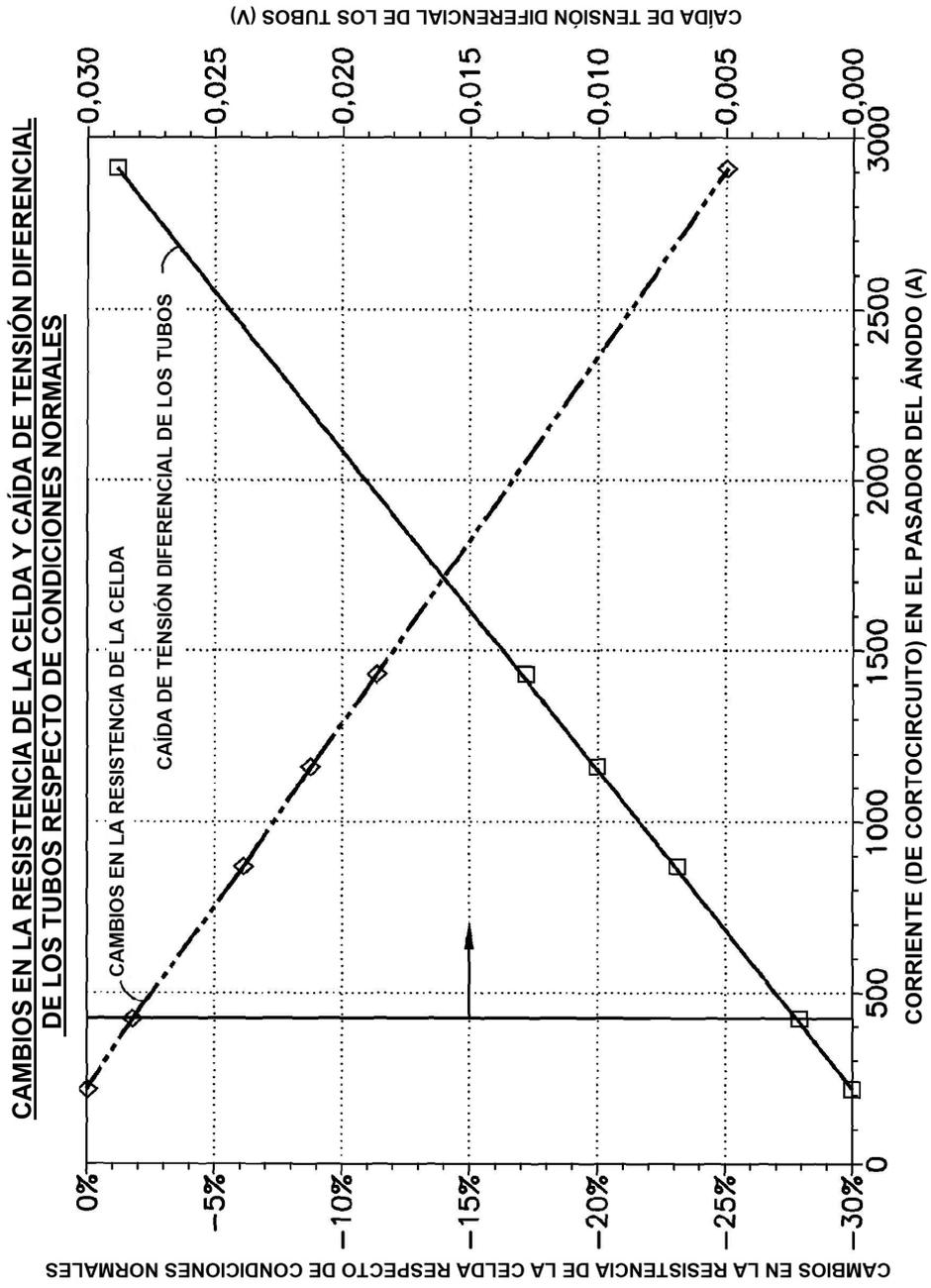


FIG.24



**FIG.25**



**FIG.26**

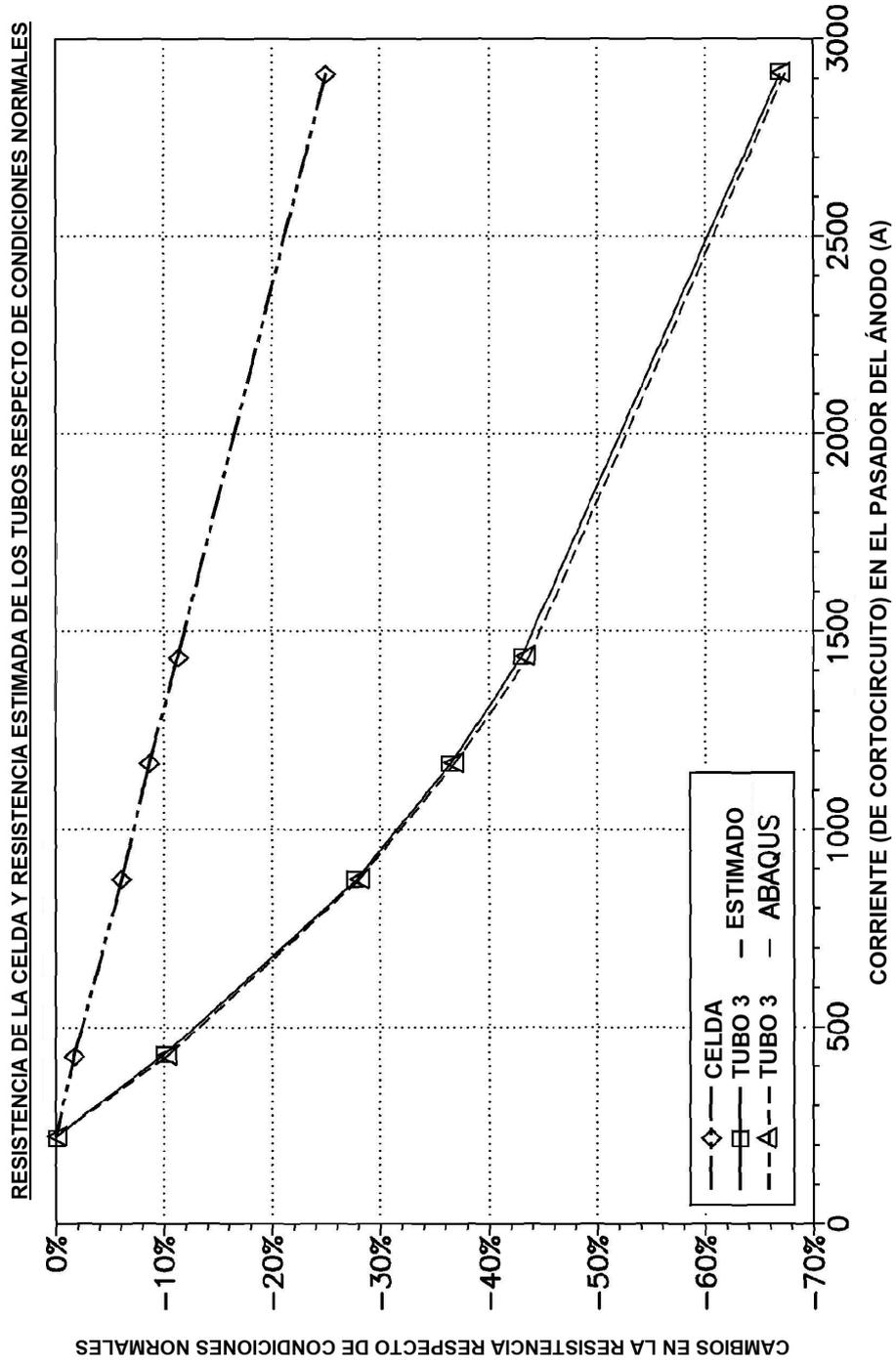


FIG.27