



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 334 398**

51 Int. Cl.:

**A61B 8/00** (2006.01)

**A61B 18/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07110500 .1**

96 Fecha de presentación : **18.06.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1905359**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.04.2008**

54

Título: **Sistema para ajustar dinámicamente el funcionamiento de una pieza de mano quirúrgica.**

30

Prioridad: **30.06.2006 US 479224**

73

Titular/es: **Alcon, Inc.**  
**P.O. Box 62, Bösch 69**  
**6331 Hünenberg, CH**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**09.03.2010**

72

Inventor/es: **Khashayer, Amir**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**09.03.2010**

74

Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 334 398 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema para ajustar dinámicamente el funcionamiento de una pieza de mano quirúrgica.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general al campo de la cirugía oftálmica y, más particularmente, a un sistema para ajustar dinámicamente la energía suministrada a una pieza de mano quirúrgica.

10 **Antecedentes**

El ojo humano funciona para proporcionar visión transmitiendo luz a través de una porción exterior transparente denominada córnea y enfocando la imagen por medio de un cristalino sobre una retina. La calidad de la imagen enfocada depende de muchos factores, incluyendo el tamaño y forma del ojo y la transparencia de la córnea y el cristalino. Cuando la edad o una enfermedad provoca que el cristalino sea menos transparente, se deteriora la visión debido a la luz disminuida que puede transmitirse a la retina. Esta deficiencia se conoce médicamente como catarata. Un tratamiento aceptado para cataratas es retirar quirúrgicamente la catarata y sustituir el cristalino enfermo por una lente intraocular artificial (IOL). En Estados Unidos, la mayoría de los cristalinos con cataratas se retiran utilizando una técnica quirúrgica denominada facoemulsificación. Durante esta intervención, se inserta una punta de corte o aguja delgada en el cristalino enfermo y se le hace vibrar ultrasónicamente. La punta de corte vibrante licúa o emulsiona el cristalino, que es aspirado fuera del ojo. El cristalino enfermo, una vez retirado, es sustituido por una IOL.

Más recientemente, se han introducido dispositivos de licuefacción basados en chorros de agua, que generan impulsos de una solución quirúrgica calentada, para cirugía de cataratas y otras intervenciones y tratamientos oftálmicos. Las piezas de mano de licuefacción calientan una solución salina equilibrada y la solución calentada elimina el cristalino con cataratas. Por ejemplo, la figura 1 ilustra en general una pieza de mano AquaLase®, disponible en Alcon Laboratories, Forth Worth, Texas. El dispositivo o conjunto de pieza de mano 10 (en general "pieza de mano") mostrado en la figura 1 incluye un cuerpo 11, tal como un cuerpo de pieza de mano de titanio, una punta 12, tal como una punta de polímero, una manga de irrigación 13, un conducto de aspiración 14, un conducto de solución 15, por ejemplo para una solución salina equilibrada, y un conducto de irrigación 16.

La punta 12 está dispuesta en el extremo de la pieza de mano 10. El manguito de irrigación 12 está situado sobre la punta 12 para proporcionar un entorno para que la solución de irrigación se suministre al ojo a través del conducto de irrigación 16. El conducto de aspiración 14 transporta fluido que es extraído del ojo por un vacío, y el conducto de solución 15 suministra una solución salina equilibrada calentada que rompe en pedazos la catarata. El fluido de irrigación es suministrado a través del conducto de irrigación 16 y arrastra material de catarata que es retirado o roto por la solución salina equilibrada.

Haciendo referencia a las figuras 2A y 2B, en uso, el extremo distal de la punta 12 está situado dentro de una catarata 20 en un ojo 21 y proyecta impulsos de solución calentada 22 a través de la punta 12 y en la catarata 20. Cada impulso 22 puede incluir alrededor de cuatro microlitros de solución 22. La solución 22 es calentada por elementos de calentamiento 23 dentro de la pieza de mano 10 cuando la solución 22 pasa entre los elementos 23 y a través del cuerpo 11 de la pieza de mano. La cantidad de energía 24 proporcionada a la pieza de mano 10 es un factor que controla la temperatura de los elementos de calentamiento 23 y el calentamiento de la solución 22. Los impulsos de la solución calentada 22 impactan en la catarata 20, dando como resultado una licuefacción durante la cual la catarata 20 es erosionada o disuelta. El material de catarata 20 puede ser lavado a continuación y aspirado desde el ojo 21.

Las piezas de mano de licuefacción proporcionan una serie de ventajas con respecto a otros sistemas y piezas de mano quirúrgicos. Por ejemplo, puesto que las piezas de mano de licuefacción no implican movimiento ultrasónico, facilitan una incisión estanca al agua en el ojo y proporcionan diversas ventajas de seguridad, incluyendo un riesgo reducido de rotura de la cápsula y una turbulencia reducida en el ojo. Las piezas de mano de licuefacción funcionan también típicamente a temperaturas reducidas en comparación con otras piezas de mano (puesto que no tienen ninguna parte móvil), reduciendo de este modo el esfuerzo térmico aplicado al ojo. Las piezas de mano de licuefacción pueden ser también más fáciles de controlar y manipular por un cirujano. Aunque la licuefacción se ha utilizado con éxito y proporciona diversos beneficios y soluciones quirúrgicas alternativas, la manera en la que se suministra energía a la pieza de mano puede mejorarse para proporcionar control mejorado sobre los impulsos de solución suministrados a la catarata.

Haciendo referencia a las figuras 3 y 4, una pieza de mano de licuefacción incluye un mecanismo que es responsable de controlar el funcionamiento y los parámetros de la pieza de mano, así como los parámetros de control. El mecanismo incluye un amplificador o motor 30 que produce energía de "alta tensión" (HV) 31. La figura 4 ilustra energía HV como una serie continua de impulsos 31. Un mecanismo de puerta lógica u otro componente adecuado 32 genera una serie de impulsos de control o de habilitación de RF (RFEN) 33. Los impulsos de control 33 definen un periodo activo 34 y un periodo inactivo 35. El periodo activo 34 sirve como una puerta para dejar pasar impulsos 31 desde el motor HV 30, mientras que no se proporcionan impulsos 31 como salida durante el periodo inactivo 35, dando como resultado una serie de impulsos HV 33 que son proporcionados al dispositivo de pieza de mano de licuefacción 10.

## ES 2 334 398 T3

Es importante controlar, mantener y vigilar la cantidad de energía HV que es generada por el motor 30 y aplicada y utilizada por la pieza de mano 10 para el funcionamiento óptimo de la pieza de mano 10. El funcionamiento teórico de la pieza de mano se basa en una fuente de tensión constante, cuya salida es proporcionada a un condensador que se carga y descarga periódicamente para proporcionar energía a la pieza de mano en una serie de impulsos controlados. Por tanto, haciendo referencia a la figura 5, se requiere que esté presente energía HV sólo para los casos en los que se aplica energía a la pieza de mano utilizando los impulsos RFEN 33 durante una señal de ráfaga o ventana 50. La combinación de software y soporte hardware proporciona una tensión virtual constante para la pieza de mano.

Con los controles mostrados en las figuras 3-5, los condensadores deben estar completamente cargados en el momento en que un impulso de control dispare la descarga de un condensador para proporcionar energía almacenada a la pieza de mano. Los sistemas conocidos cargan típicamente los condensadores tan rápidamente como sea posible para asegurar que los condensadores se carguen suficientemente o proporcionen una fuente de tensión constante a través de un transformador, que puede grande y voluminoso, por ejemplo de alrededor de 12" x 12". Además, los condensadores se cargan tan rápidamente como sea posible puesto que el circuito puede implementarse fácilmente preestableciendo la velocidad de carga. Sin embargo, como resultado, al comienzo de un ciclo de recarga de condensador, la carga del condensador tan rápidamente como sea posible da como resultado un pico de corriente que puede complicar el diseño del circuito y reducir las prestaciones del circuito, así como imponer cargas innecesarias a la fuente de potencia del sistema.

Aunque en el pasado se han utilizado con efectividad sistemas de control y recarga conocidos para guiar las piezas de mano de licuefacción, éstos pueden mejorarse utilizando realimentación para ajustar y adaptar parámetros de funcionamiento que sean adecuados para diferentes piezas de mano y componentes de piezas de mano. Los sistemas deberán ser capaces de adaptarse a diferentes componentes y su funcionamiento en vez de depender de parámetros de funcionamiento preestablecidos que no pueden ajustarse. Además, pueden mejorarse los sistemas conocidos permitiendo ajustes del sistema que reflejen con más precisión el funcionamiento real de los componentes del sistema. Los sistemas deberán ser más eficientes reduciendo o eliminando picos de corriente a favor de transiciones de corriente más graduales. Las formas de realización de la presente invención cumplen estas necesidades aún no satisfechas.

El documento US-A-5331951 describe un sistema como el que se detalla en el preámbulo de la reivindicación 1.

### Sumario

La presente invención proporciona un sistema para controlar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de un sistema quirúrgico de acuerdo con las reivindicaciones que siguen. Se describe también un método para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción de un sistema quirúrgico oftálmico que incluye vigilar una fuente de tensión en una salida de un elemento de carga del sistema quirúrgico oftálmico, ajustar dinámicamente la salida del elemento de carga sobre la base de la realimentación de la fuente de tensión vigilada y ajustar dinámicamente la cantidad de energía proporcionada por la fuente de tensión como una entrada a la pieza de mano de licuefacción. El ajuste de energía se basa sobre la salida ajustada del elemento de carga.

Se describe también un método para controlar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción de un sistema quirúrgico oftálmico sobre una base de realimentación que incluye vigilar una tensión de una fuente de tensión en una salida de un elemento de carga del sistema quirúrgico oftálmico con el fin de determinar una primera tensión de la fuente de tensión en un primer momento y una segunda tensión de la fuente de tensión en su segundo momento. La primera tensión se convierte pasando de un primer valor analógico a un primer valor digital. La segunda tensión se convierte pasando de un segundo valor analógico a un segundo valor digital. Se determina la diferencia entre los valores de tensión digitales primero y segundo, y se usa una tabla para determinar una velocidad a la que cambia una tensión de la salida del elemento de carga con el tiempo sobre la base de la diferencia determinada entre los valores de tensión digitales. La tabla identifica velocidades a las que una tensión de la salida del elemento de carga aumenta con el tiempo de forma correspondiente a determinadas diferencias entre los valores digitales. La salida del elemento de carga se ajusta, a su vez, sobre la base de la velocidad determinada a partir de la tabla, y la cantidad de energía proporcionada por la fuente de tensión como una entrada de la pieza de mano de licuefacción se ajusta sobre la base de la salida ajustada del elemento de carga.

Se describe también un método para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción de un sistema quirúrgico oftálmico sobre la base de una realimentación que incluye generar una tabla que relaciona diferencias entre valores de tensión digitales con  $dv/dt$ . Un valor  $dv/dt$  es una velocidad de cambio de una tensión de la salida de un elemento de carga del sistema quirúrgico oftálmico con el tiempo. Un valor mínimo de la tabla se basa en un primer impulso perfilado y el tiempo que se requiere para que el primer impulso perfilado alcance una tensión predeterminada, y un valor máximo de la tabla se basa en un segundo impulso perfilado y el tiempo que se requiere para que el segundo impulso perfilado alcance la tensión predeterminada. Se vigila la tensión de la fuente de tensión a la salida del elemento de carga para determinar un primer valor de tensión de la fuente de tensión en un primer momento y un segundo valor de tensión de la fuente de tensión en un segundo momento. El primer valor de tensión es convertido en un primer valor digital y el segundo valor de tensión es convertido en un segundo valor digital. Se determina la diferencia entre los valores de tensión digitales primero y segundo. Utilizando la tabla, se determina un valor  $dv/dt$  correspondiente a la diferencia determinada, y el  $dv/dt$  de la salida del elemento de carga se ajusta dinámicamente basándose en el valor  $dv/dt$  determinado de la tabla. La cantidad de energía proporcionada por

## ES 2 334 398 T3

la fuente de tensión como una entrada a la pieza de mano de licuefacción se ajusta dinámicamente sobre la base de la salida ajustada del elemento de carga.

5 En una forma de realización de la invención, un sistema para controlar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción de un sistema quirúrgico oftálmico incluye un suministro de potencia, un elemento de carga, una fuente de tensión y un controlador. El suministro de potencia activa el elemento de carga y la fuente de tensión está a la salida del elemento de carga. La fuente de tensión vigilada y los datos resultantes son proporcionados al controlador, que genera una salida que es proporcionada al elemento de carga para ajustar dinámicamente la salida del elemento de carga, que, a su vez, ajusta dinámicamente la cantidad de energía proporcionada por la fuente de tensión como una entrada a la pieza de mano de licuefacción.

10 Según otra forma de realización alternativa de la invención, un sistema para controlar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción de un sistema quirúrgico oftálmico incluye un suministro de potencia, un elemento de carga y una fuente de tensión. El suministro de potencia activa el elemento de carga y la fuente de tensión es vigilada para determinar un primer valor de tensión en un primer momento y un segundo valor de tensión en un segundo momento. El controlador convierte el primer valor de tensión en un primer valor digital y el segundo valor de tensión en un segundo valor digital. El controlador determina también una diferencia entre los valores de tensión digitales primero y segundo y realiza una búsqueda en una tabla que correlaciona determinadas diferencias y salidas del elemento de carga. Sobre la base de los datos obtenidos a partir de la tabla, se ajusta dinámicamente la salida del elemento de carga, y la cantidad de energía proporcionada por la fuente de tensión como una entrada a la pieza de mano de licuefacción es ajustada dinámicamente sobre la base de la salida ajustada del elemento de carga.

15 Todavía en otra forma de realización alternativa, un sistema para controlar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción de un sistema quirúrgico oftálmico incluye un suministro de potencia, un elemento de carga, una fuente de tensión y un controlador. El suministro de potencia activa el elemento de carga y se vigila la fuente de tensión. Los datos vigilados son proporcionados al controlador. El sistema incluye también una tabla que correlaciona valores que representan la diferencia entre tensiones vigiladas y  $dv/dt$ , que es una velocidad de cambio de la tensión de la salida del elemento de carga con el tiempo. La tabla está poblada con valores que incluyen un valor mínimo que se basa en un primer impulso perfilado y el tiempo que se requiere para que el primer impulso perfilado alcance una tensión predeterminada. La tabla está poblada también con un valor máximo que se basa en un segundo impulso perfilado y el tiempo que se requiere para que el segundo impulso perfilado alcance la tensión predeterminada. El controlador recibe como entradas de la fuente de tensión una primera tensión en un primer momento y una segunda tensión en un segundo momento y convierte estos valores en valores digitales primero y segundo. El controlador determina una diferencia entre los valores de tensión digitales primero y segundo y, utilizando la diferencia determinada, realiza una búsqueda en la tabla para determinar un valor  $dv/dt$ . El resultado de la búsqueda en la tabla se utiliza para ajustar dinámicamente el elemento de carga, que, a su vez, ajusta dinámicamente la cantidad de energía proporcionada por la fuente de tensión como una entrada a la pieza de mano de licuefacción.

20 En diversas formas de realización, la fuente de tensión que es vigilada es un condensador. La cantidad de energía proporcionada por el condensador a la pieza de mano de licuefacción se ajusta dinámicamente. Los ajustes incluyen ajustar para sobreoscilación o suboscilación. La suboscilación tiene lugar cuando el condensador se carga a un nivel que es menor que un nivel predeterminado después de un tiempo predeterminado, y la sobreoscilación tiene lugar cuando el condensador se carga a nivel que es mayor que un nivel predeterminado después de un tiempo predeterminado. La energía almacenada por un condensador es proporcionada a la pieza de mano de licuefacción durante uno o más impulsos de control y recargada por el elemento de carga entre impulsos de control. De esta manera, el condensador es cargado y recargado para proporcionar suficiente energía a la pieza de mano de licuefacción, lo que puede implicar que se recargue completamente el condensador. Las formas de realización consiguen ventajosamente estas mejoras de forma automática sin intervención del usuario.

25 En diversas formas de realización, el cálculo de la diferencia entre los valores digitales implica inicialmente la reducción de la primera tensión y la reducción de la segunda tensión a niveles inferiores, por ejemplo a un valor comprendido entre 0-5 voltios. Los valores analógicos reducidos primero y segundo se convierten después en valores digitales, y se determina la diferencia entre los valores digitales primero y segundo resultantes y se la usa como realimentación al elemento de carga.

30 Asimismo, en diversas formas de realización, se utiliza una tabla para almacenar determinadas diferencias entre los valores digitales y las velocidades correspondientes a las que aumenta una tensión de la salida del elemento de carga. Esta información se utiliza para controlar y ajustar el elemento de carga, que, a su vez, ajusta la salida del elemento de carga, la carga de la fuente de tensión y la energía proporcionada por la fuente de tensión. La tabla puede programarse previamente o bien puede generarse automáticamente al encender el sistema quirúrgico oftálmico. Según una forma de realización, la tabla es generada produciendo un primer impulso perfilado que se basa en un valor mínimo de la tabla y un tiempo que se requiere para que el impulso alcance una tensión predeterminada, y produciendo un segundo impulso perfilado que se basa en un valor máximo de la tabla y un tiempo que se requiere para que el impulso alcance la tensión predeterminada. El segundo impulso perfilado alcanza la tensión predeterminada más rápidamente que el primer impulso perfilado. Los valores entre las entradas de la tabla pueden determinarse por interpolación u otros métodos adecuados. Los valores de la tabla pueden actualizarse también para reflejar el funcionamiento real del sistema.

## ES 2 334 398 T3

Asimismo, en diversas formas de realización, puede almacenarse una tabla que correlaciona valores de diferencia con valores  $dv/dt$  en un dispositivo lógico programable de un controlador.

### Breve descripción de los dibujos

- 5 Haciendo referencia a continuación a los dibujos en los que números de referencia iguales representan partes correspondientes en todos ellos y en los que:
- 10 La figura 1 ilustra un ejemplo de una pieza de mano de licuefacción que puede controlarse utilizando formas de realización de la invención;
- La figura 2A ilustra el uso de un ejemplo de una pieza de mano de licuefacción para retirar una catarata;
- 15 La figura 2B ilustra con más detalle el suministro de una solución a través de una punta de un ejemplo de una pieza de mano de licuefacción;
- La figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra en general un sistema conocido para accionar una pieza de mano de licuefacción;
- 20 La figura 4 ilustra unos patrones de impulsos conocidos que se utilizan para accionar una pieza de mano de licuefacción;
- La figura 5 ilustra además unos patrones de impulsos conocidos que se utilizan para accionar una pieza de mano de licuefacción;
- 25 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción;
- La figura 7 es un diagrama de bloques de un sistema para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción utilizando realimentación según una realización;
- 30 La figura 8 es un diagrama de bloques más detallado de un sistema para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción utilizando realimentación según una realización;
- 35 La figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un método para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción;
- La figura 10A es un diagrama de bloques de un sistema para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción utilizando realimentación según otra forma de realización;
- 40 La figura 10B es un diagrama de bloques de un sistema para ajustar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción utilizando realimentación según otra forma de realización;
- 45 La figura 11 ilustra una configuración alternativa del sistema mostrado en las figuras 10A y 10B;
- La figura 12 ilustra la relación entre la tensión a la salida de un elemento de carga en una fuente de tensión y una entrada de un controlador;
- 50 La figura 13 ilustra además, con mayor resolución, la relación entre la tensión a la salida de un elemento de carga en una fuente de tensión y una entrada de un controlador;
- La figura 14 ilustra un convertidor analógico-digital (A/D) que acepta valores analógicos y emite valores digitales;
- 55 La figura 15 ilustra unas tensiones de entrada analógicas basadas en la salida de un elemento de carga en una fuente de tensión y representaciones o valores digitales correspondientes;
- La figura 16 ilustra una tabla que correlaciona diferencias entre representaciones digitales y velocidades de cambio según una forma de realización;
- 60 La figura 17 ilustra velocidades diferentes reflejadas en una tabla según una forma de realización;
- La figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra un método para poblar una tabla utilizando impulsos perfilados;
- La figura 19 ilustra dos impulsos perfilados según una forma de realización;
- 65 La figura 20 es una pantalla de visualización que ilustra además impulsos perfilados según una forma de realización;

## ES 2 334 398 T3

La figura 21 ilustra un impulso de control que dispara descargas de energía almacenada por un condensador hacia una pieza de mano de licuefacción y que recarga el condensador según una realización;

La figura 22 ilustra unos parámetros de impulsos de control para uso con diversas formas de realización;

La figura 23 ilustra unos ejemplos de sobreoscilación y suboscilación de recarga con relación a una tensión de referencia;

La figura 24 ilustra además una sobreoscilación;

La figura 25 ilustra además el ajuste de un elemento de recarga para compensar la sobreoscilación utilizando realimentación según una realización;

La figura 26 ilustra un ejemplo de suboscilación;

La figura 27 ilustra el ajuste de un elemento de recarga para compensar la suboscilación utilizando realimentación según una forma de realización;

La figura 28 ilustra una tabla que relaciona determinadas diferencias entre los valores digitales y las velocidades de carga según una forma de realización;

La figura 29 ilustra la actualización dinámica de entradas de la tabla para reflejar el funcionamiento real del sistema según una forma de realización; y

La figura 30 ilustra ventajas de las formas de realización de la invención con relación a sistemas conocidos que generan picos de corriente.

### **Descripción detallada de las formas de realización ilustradas**

Las formas de realización de la invención proporcionan sistemas para ajustar dinámicamente la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción utilizando realimentación. Se vigila la salida de un elemento de carga, tal como un cargador de goteo y un regulador o amplificador (generalmente “elemento de carga”). Por ejemplo, se vigila la fuente de tensión, tal como un condensador a la salida del elemento de carga. Los datos vigilados se procesan si fuera necesario y se proporcionan a un controlador que utiliza los datos de realimentación para ajustar dinámicamente la salida del elemento de carga, ajustar la velocidad a la que aumenta con el tiempo la tensión de la salida del elemento de carga. La salida ajustada recarga el condensador, que, a su vez, ajusta dinámicamente la cantidad de energía suministrada a la pieza de mano de licuefacción. Las formas de realización utilizan ventajosamente realimentación para rastrear y comparar salidas del elemento de carga y hacer ajustes según sea necesario para proporcionar un control más preciso sobre la energía entregada a las piezas de mano de licuefacción. Las formas de realización proporcionan también un funcionamiento más eficiente de la pieza de mano con respecto a la energía. Además, las formas de realización eliminan ventajosamente la necesidad de cargar fuentes de tensión, tales como condensadores, tan rápidamente como sea posible o a una velocidad establecida que no puede ajustarse, puesto que la salida del elemento de carga puede adaptarse continuamente para proporcionar suficiente carga del condensador, mientras se reducen o se eliminan los picos de corriente que resultan de los sistemas conocidos.

Haciendo referencia a la figura 6, se describe un método 600 para ajustar o controlar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano o conjunto de pieza de mano de licuefacción (en general “pieza de mano”). La energía suministrada a una pieza de mano ajusta los elementos de calentamiento y así la temperatura de la solución salina equilibrada (BSS). En la etapa 610, se vigila la salida de un elemento de carga, por ejemplo en una fuente de tensión, tal como un condensador, que proporciona energía para calentar los elementos de calentamiento de la pieza de mano. En la etapa 620, se ajusta el elemento de carga sobre la base de una realimentación de la fuente de tensión, de modo que, en la etapa 630, la salida ajustada del elemento de carga se proporcione a la fuente de tensión para ajustar o controlar la cantidad de energía proporcionada por la fuente de tensión y suministrada a la pieza de mano.

La figura 7 ilustra un sistema 700 para ajustar la energía suministrada a una pieza de mano de licuefacción según una forma de realización. El sistema 700 incluye un suministro de potencia 710, un amplificador o elemento de carga y un regulador (generalmente “elemento de carga” 720), un controlador 730, un bucle de realimentación 740 y una fuente de tensión 750. Según una forma de realización, la fuente de tensión es un condensador (generalmente “condensador 750”).

El suministro de potencia 710 puede ser, por ejemplo, un suministro de potencia CC de 24 voltios u otro suministro adecuado. La salida 712 del suministro de potencia 710 activa el elemento de carga 720. El elemento de carga 720 incluye una o más entradas 722 y una o más salidas 724. Por tanto, los expertos en la materia apreciarán que un elemento de carga 720 puede tener diferentes números de entradas y múltiples salidas. De este modo, la ilustración general mostrada en la figura 7 no está destinada a ser limitativa del elemento de carga 720.

Se vigila la tensión del condensador 750 en la salida 724 del elemento de carga 720. La tensión vigilada es retroalimentada 740 al controlador 730, que procesa este dato y genera una salida 734. La salida 734 del controlador es

## ES 2 334 398 T3

proporcionada como una entrada 722 al elemento de carga 720, que ajusta la salida 724 del elemento de carga 720. El bucle de realimentación 740 puede usarse para ajustar dinámica y continuamente el elemento de carga, que, a su vez, ajusta dinámica y continuamente la carga del condensador 750 y la cantidad de energía 754 proporcionada por el condensador 750 a la pieza de mano de licuefacción 10. El ajuste de la cantidad de energía proporcionada a la pieza de mano de licuefacción ajusta los elementos de calentamiento y la temperatura de la BSS.

La figura 8 ilustra un sistema 800 según otra realización de la invención. El sistema 800 incluye un suministro de potencia 710, un elemento de carga 720, un controlador 730, un bucle de realimentación 740 y un condensador 750 como se describe con referencia a la figura 7. La salida 724 del elemento de carga 720 es proporcionada al condensador 750, que es cargado por la salida 724. La figura 8 ilustra también impulsos de control 810 que son proporcionados a un excitador de puerta de salida o mecanismo de puerta 820. Los impulsos de control 810 pueden ser generados por el controlador 730 o por un generador de impulsos externo y son proporcionados al excitador de puerta para generar una salida 824 que define periodos activos e inactivos, por ejemplo los impulsos 33 mostrados en la figura 4. La energía del condensador 750 es descargada a través del mecanismo de puerta 820 durante el periodo activo, a través de una salida RF 830 y a la pieza de mano 10. La salida 724 del elemento de carga 720 en el condensador 750 es vigilada y proporcionada como una entrada 732 al controlador 730 como parte del bucle de realimentación 740.

En la forma de realización ilustrada, el controlador 730 incluye un convertidor analógico a digital (A/D) 840, un registro, memoria u otro dispositivo 850 para contener o almacenar datos y un dispositivo lógico programable (generalmente "PLD") 860 u otro dispositivo adecuado. La tensión en el condensador 750 es vigilada y realimentada 740 a una entrada 732 del controlador 730, es decir, al convertidor A/D 840. El convertidor A/D 840 genera un valor digital, por ejemplo una pluralidad de bits correspondiente al valor analógico recibido. El valor digital puede guardarse transitoriamente en la memoria 850. Los valores digitales correspondientes a tensiones de condensador en diferentes momentos son proporcionados al PLD 860, que procesa los valores digitales para determinar la manera en que deberá ajustarse el elemento de carga 720.

Más particularmente, la figura 9 describe un método 900 que incluye la vigilancia de la salida del elemento de recarga en el condensador u otra fuente de tensión en la etapa 905. En la etapa 910, se determina una primera tensión en el condensador en un primer momento. Esta tensión es una alta tensión (HV), por ejemplo alrededor de 145 voltios a alrededor de 165 voltios, que puede reducirse a una tensión inferior que sea adecuada como una entrada a un controlador. De este modo, en la etapa 915, la HV se reduce a una segunda tensión inferior, por ejemplo una tensión de nivel TLL, que es adecuada como una entrada al controlador. En la etapa 920, la primera tensión reducida se convierte de analógica a digital (por ejemplo, una pluralidad de bits) por el convertidor A/D, y el valor digital es almacenado en la memoria en la etapa 925.

En la etapa 930 se determina una segunda tensión de la salida del elemento de carga en la fuente de tensión. La segunda tensión se reduce en la etapa 935 y se convierte de analógica a digital en la etapa 940. El valor digital correspondiente a la segunda tensión puede almacenarse también transitoriamente en la memoria en la etapa 945. Los expertos en la materia apreciarán que algunos, ninguno o todos los valores digitales pueden almacenarse transitoriamente en la memoria.

En la etapa 950 el controlador lee valores digitales de la memoria y determina la diferencia entre valores digitales primero y segundo que corresponden a respectivas tensiones primera y segunda que se vigilaron en el condensador en diferentes momentos. En la etapa 955, el controlador busca una velocidad a la que la tensión de la salida del elemento de carga se incrementa con el tiempo sobre la base de la diferencia determinada. Esta búsqueda puede basarse en una tabla que correlaciona determinadas diferencias con velocidades de carga. En la etapa 960, el elemento de carga se ajusta sobre la base de la búsqueda, provocando así que se ajusten la salida del elemento de carga y la recarga del condensador. En la etapa 965 la energía almacenada por el condensador recargado es proporcionada a la pieza de mano. Este método puede repetirse para comparar valores digitales segundo y tercero, valores digitales tercero y cuarto, etc., para el ajuste continuo y dinámico del sistema.

En la etapa 970, si fuera necesario, los valores de la tabla pueden actualizarse para reflejar el funcionamiento real del elemento de carga con el objeto de conseguir la carga deseada del condensador. Por ejemplo, para una diferencia determinada dada, la velocidad de carga almacenada en la tabla puede incrementarse o reducirse sobre la fase del funcionamiento real del sistema en el caso de que el funcionamiento real del sistema varíe con respecto a la entrada correspondiente de la tabla. Las actualizaciones pueden repetirse según sea necesario.

La figura 10A ilustra un sistema 1000 que puede utilizarse para realizar el método mostrado en la figura 9 y otras formas de realización del método. El sistema 1000 incluye un suministro de potencia 710, un elemento de carga 720, un controlador 730, un bucle de realimentación 740 y una fuente de tensión 750, tal como un condensador, un excitador de puerta de salida 820 y una salida RF 830, un convertidor A/D 840, una memoria 850 y un PLD 860 como se expone anteriormente. En la forma de realización ilustrada, el sistema 1000 incluye un transformador o elemento 1010 que reduce los niveles de tensión de la salida 724 del elemento de carga 720 en el condensador 750. Por ejemplo, el transformador 1010 puede reducir las tensiones del condensador de alrededor de 0 a alrededor de 200 voltios a una tensión de nivel inferior de alrededor de 0 a 5 voltios, por ejemplo tensiones de nivel TLL. El controlador 730 incluye también un procesador o Unidad Lógica Aritmética (ALU) 1020 que calcula diferencias entre valores digitales guardados transitoriamente o almacenados en la memoria 850. Los cálculos de diferencia resultantes 1022 son proporcionados a un PLD 860 que incluye una tabla 1030. La tabla 1030 recoge los valores de diferencia con

## ES 2 334 398 T3

velocidades correspondientes a las que la salida del elemento de carga 724 aumenta con el tiempo. Así, conociendo la diferencia determinada 1022, la tabla 1030 se utiliza para determinar una velocidad de carga correspondiente 1032 para ajustar dinámicamente la salida del elemento de carga 720 y para ajustar dinámicamente la carga del condensador 750.

La figura 10B ilustra además otra ejecución del sistema 1000 mostrado en la figura 10A. El sistema se muestra como presentando tres bloques - un bloque de mecanismo de carga, un bloque generador de impulsos y un bloque de realimentación. El bloque de carga incluye el suministro de potencia 710 (y un filtro 711 si fuera necesario), un elemento de carga 720, un PLD 860, una memoria 850 y un procesador o ALU 1020. La salida del bloque de carga 724 se utiliza para cargar una fuente HV 750, tal como un condensador. La salida del condensador 750 se proporciona a un bloque generador de impulsos. El bloque generador de impulsos incluye los activadores de puerta de salida 820 y la salida RF 830. En la forma de realización ilustrada, el PLD genera impulsos de control 810 que activan los activadores de puerta 820. Así, el PLD puede considerarse como parte de los bloques de carga y generador de impulsos en la realización ilustrada.

La tensión en el condensador 750 es vigilada y realimentada 740 a través de un transformador o reductor de tensión 1010. En la realización ilustrada, el transformador 1010 incluye tanto amplificador 1011 de baja ganancia/alto vano como un amplificador 1012 de alta ganancia/bajo vano. Los valores analógicos reducidos son proporcionados a convertidores A/D 840 (mostrados como parte del bloque de realimentación en la realización ilustrada), que proporcionan valores digitales a la memoria 850. Los valores digitales son proporcionados por la memoria 850 al procesador 1020, que determina la diferencia entre valores digitales. La diferencia determinada es proporcionada al PLD, cuya salida es realimentada al elemento de carga para completar el bucle de realimentación.

Los expertos en la materia apreciarán que las formas de realización mostradas en las figuras 10A y 10B se proporcionan a título ilustrativo y explicativo y que pueden utilizarse otros elementos y que ciertos elementos pueden formar parte de bloques diferentes o múltiples. Por ejemplo, la figura 11 es similar a la figura 10 excepto en que en la realización mostrada en la figura 10 el convertidor A/D 840 y el PLD 860 son componentes del controlador 730, mientras que en la figura 11 el controlador 730, el convertidor A/D 840 y el PLD 860 son componentes individuales. Así, pueden ponerse en práctica formas de realización con diversas configuraciones de hardware independientes y en combinación, incluyendo las configuraciones mostradas en las figuras 10A, 10B y 11. Se hace referencia al controlador 730 que tiene un convertidor A/D 840 y un PLD 860 para fines explicativos e ilustrativos, no limitativos.

La figura 12 es un diagrama que muestra la forma en que puede reducirse una salida de tensión a un nivel de 0-200 voltios (en el condensador 750) hasta un nivel de 0-5 voltios que sea adecuado para el controlador 730. En la forma de realización ilustrada, la relación de la alta tensión de salida en el condensador 750 a la tensión inferior en la entrada 732 del controlador 730 es de alrededor de 40/1 (200/5). Puede ser deseable proporcionar mayor resolución para ciertas tensiones. Por ejemplo, como se muestra en la figura 13, otra salida del elemento de carga 720 puede vigilar una tensión en el rango de 150-200 voltios (un rango de 50 voltios) hasta una tensión correspondiente en el rango de 0-5 voltios, dando como resultado una relación del rango de alta tensión al rango de tensión inferior que sea de alrededor de 10/1 (50/5) en vez de alrededor de 40/1 (200/5). En la realización ilustrada, la pendiente de la línea es negativa (mientras que en la figura 12 dicha pendiente es positiva).

Las figuras 14 y 15 ilustran con más detalle la forma en que la tensión reducida en la entrada 732 del controlador 730 se convierte en un valor digital correspondiente con uno o más bits. La tensión analógica reducida (0-5 voltios) se proporciona al convertidor A/D 840, que puede ser parte del controlador 730 o un componente independiente. El convertidor A/D 840, recibe la tensión analógica y emite un valor digital 1400. Números diferentes de bits pueden utilizarse para diferentes rangos de tensión. Además, pueden usarse diferentes números de bits para diferentes resoluciones, es decir, puede utilizarse un mayor número de bits para representar tensiones con mayor granularidad.

Haciendo referencia a la figura 15, por ejemplo, el controlador 730 o el convertidor A/D 840 puede incluir una tabla que representa una tensión de 0 voltios utilizando una pluralidad de bits "0" y una tensión de 5 voltios está utilizando una pluralidad de bits "1". En la realización ilustrada, cada tensión está representada por 10 bits; sin embargo, otras formas de realización pueden utilizar diferentes números de bits y diferentes resoluciones. Una tensión entre 0 y 5 voltios puede determinarse, según una forma de realización, utilizando interpolación entre 0 voltios (representados por una pluralidad de bits "0") y 5 voltios (representados por una pluralidad de bits "1").

Haciendo referencia a la figura 16, se procesan los valores digitales determinados 1400 y el resultado se utiliza para buscar un parámetro de funcionamiento del elemento de carga 720 en una tabla. Según una forma de realización, se calcula la diferencia (delta V) 1022 entre dos valores digitales 1040, por ejemplo por una ALU o procesador 1020. Se accede a la tabla 1030 para determinar un parámetro de funcionamiento de elemento de carga basado en la diferencia determinada. En la forma de realización ilustrada, el parámetro de funcionamiento es  $dv/dt$  1032 o el cambio en la tensión del elemento de carga 720 con el tiempo, como se muestra en la figura 17. En la realización ilustrada, el más bajo valor de la tabla (0) corresponde al  $dv/dt$  más lento 1032 y el valor más alto de la tabla (255) corresponde al  $dv/dt$  más rápido 1032. En el ejemplo ilustrado, el valor de la tabla (0) corresponde a un valor  $dv/dt$  de 1 voltio/segundo y el valor de la tabla (255) corresponde a un valor  $dv/dt$  de 200 voltios/segundo.

Los expertos en la materia apreciarán que la tabla 1030 puede tener diversos números de entradas para diferentes resoluciones y para diferentes dispositivos que pueden requerir más o menos entradas. Por ejemplo, en vez de 256

## ES 2 334 398 T3

entradas como se ilustra, una tabla puede tener 128 entradas o 128 valores  $dv/dt$  diferentes 1032 correspondientes a valores  $\Delta v$  1022. Además, la correlación de valores  $\Delta v$  1022 con velocidades  $dv/dt$  1032 puede variar. De este modo, según una forma de realización, pueden usarse, para diferentes sistemas, valores  $dv/dt$  1032 en el rango de la tabla de 1 v/s a 200 v/s y otros rangos.

5

Las figuras 18-20 ilustran un método 1800 para generar una tabla 1030. En la etapa 1810 un generador de impulsos o PLD genera un primer impulso perfilado. Haciendo referencia a las figuras 19 y 20, en la forma de realización ilustrada, el primer impulso perfilado 1900 es la velocidad de carga  $dv/dt$  más lenta, y la velocidad de carga se basa en el tiempo requerido para que el impulso alcance una tensión de referencia a modo de ejemplo de 150 voltios. Haciendo referencia de nuevo a la figura 18, en la etapa 1820, la tabla es poblada con los datos, de modo que la entrada mínima en la tabla corresponde a la velocidad de carga mínima según el primer impulso perfilado. Esto se ilustra además en la figura 19, que indica que el valor de control de PLD de "0" (valor de tabla de 0) representa la velocidad de carga más lenta  $dv/dt$ .

10

15

Haciendo referencia de nuevo a la figura 18, en la etapa 1830, un segundo impulso perfilado es generado por un generador de impulsos o PLD. Haciendo referencia a las figuras 19 y 20, en la realización ilustrada, el segundo impulso perfilado 1910 es la velocidad de carga más rápida  $dv/dt$ , y la velocidad de carga está basada en el tiempo requerido para que el impulso alcance la tensión de referencia de 150 voltios. Haciendo referencia de nuevo a la figura 18, en la etapa 1840, la tabla es poblada con datos del segundo impulso perfilado, de modo que la entrada máxima en la tabla corresponde a la velocidad de carga máxima según el segundo impulso perfilado. Esto se ilustra además en la figura 19, que indica que el valor de control de PLD de "255" (valor máximo de la tabla de 255) representa la velocidad de carga más rápida  $dv/dt$ . Los expertos en la materia apreciarán que pueden generarse impulsos perfilados adicionales. Los impulsos perfilados adicionales pueden poblar porciones intermedias de la tabla, y puede usarse interpolación (u otro método de cálculo adecuado) puede usarse para determinar valores  $dv/dt$  entre valores de tabla seleccionados generados por impulsos perfilados.

20

25

La tabla 1030 en el PLD 860 se utiliza para identificar parámetros de funcionamiento particulares del elemento de carga, tal como  $dv/dt$  1032, basados en la diferencia determinada 1022 entre valores digitales basados en una realimentación desde el elemento de carga 720 para asegurar que la salida 724 del elemento de carga 720 se ajuste dinámicamente a fin de conseguir la carga deseada del condensador 750. Haciendo referencia a la figura 21, la salida 724 del elemento de carga 720 sube y baja sobre la base de los impulsos (RFEN), que disparan la descarga de energía almacenada por el condensador 750 hacia la pieza de mano 10 durante periodos de impulso activos 34. El funcionamiento deseado del sistema consiste en hacer que la tensión del elemento de carga aumente con suficiente rapidez (pero sin provocar picos de corriente, mientras se imponen cargas reducidas o mínimas a los recursos de potencia del sistema), de modo que la tensión en el condensador 750 alcance la tensión de referencia (150V en este ejemplo) antes de que el siguiente impulso 34 recargue la salida 724 del elemento. Esta carga inducida por realimentación asegura que el condensador 750 se cargue suficientemente (pero no demasiado rápidamente o demasiado lentamente), de modo que la pieza de mano 10 reciba la cantidad correcta de energía durante cada impulso 34.

30

35

40

Haciendo referencia a la figura 22, en uso, un cirujano puede ajustar un periodo de ráfagas 50 durante el cual se disparan impulsos de control 34 proporcionando energía a la pieza de mano 10, por ejemplo descargando el condensador 750, que es recargado por la salida 724 del elemento de recarga del elemento de carga. La duración de los impulsos de control 34 puede ser seleccionada por el cirujano. El cirujano puede establecer también el periodo de tiempo entre el comienzo de un primer impulso y el comienzo de un segundo impulso. Las duraciones de impulso individuales pueden ser las mismas o pueden ser diferentes, como se muestra en la figura 23.

45

Haciendo referencia a la figura 23, los valores HV del condensador 750 en la salida del condensador 750 del elemento de carga se miden inmediatamente antes (o al comienzo) de un impulso de control 34, y al final de un impulso de control 34. Así, se proporciona energía a la pieza de mano durante PW1, durante PW2 y durante PW3. Después de cada impulso, el condensador 750 es recargado por la salida 724 del elemento de recarga del elemento de carga hasta que llega el siguiente impulso de control 34 para descargar el condensador 750 y proporcionar energía a la pieza de mano 10.

50

55

Como se muestra en la figura 23, puede variar la cantidad de energía proporcionada a la pieza de mano durante cada "liberación de energía". Por ejemplo, comenzando en "tiempo 0", la tensión  $V_0$  en el condensador 750 es la tensión de referencia, que es de 150V en este ejemplo. El impulso de control A, que tiene una duración o anchura PW1, dispara el condensador 750 para que se descargue, dando como resultado que se proporcione energía almacenada por el condensador 750 como una entrada a la pieza de mano de licuefacción 10, que, a su vez, hace que la tensión en el condensador se reduzca de  $V_0$  al comienzo de PW1 a  $V_1$  al final de PW1. La reducción de tensión que tiene lugar durante PW1 se indica por  $\Delta V_1$ .

60

Al final de PW1, el condensador 750 deja de proporcionar energía a la pieza de mano y se recarga. Idealmente, el condensador 750 se recarga a la tensión de referencia o 150V o  $V_2$ . La velocidad a la que se recarga primero el condensador se indica como  $(dv/dt)_1$ . Sin embargo, en la práctica, el condensador 750 puede no recargarse según el diseño pretendido debido a, por ejemplo, variaciones en los componentes del elemento de carga. Así, el condensador 750 puede recargarse más allá de la tensión de referencia a una tensión  $V_{2+}$ , denominada de otra forma sobreoscilación 2300, o el condensador 750 puede recargarse por debajo de la tensión de referencia a  $V_{2-}$ , denominada de otra forma suboscilación 2310.

65

## ES 2 334 398 T3

El impulso de control B, que tiene una duración o anchura PW2, dispara el condensador 750 para que se descargue una segunda vez, dando como resultado que se proporcione energía almacenada por el condensador 750 como una entrada a la pieza de mano de licuefacción 10, que, a su vez, hace que la tensión en el condensador 750 se reduzca de V2 al comienzo de PW2 a V3 al final de PW2. La reducción de tensión que tiene lugar durante PW2 se indica por delta V2. En el ejemplo ilustrado, las caídas de tensión durante la PW1 y PW2 son diferentes. Al final de PW2, el condensador 750 cesa de proporcionar energía a la pieza de mano 10 (si no queda ninguna carga almacenada) y se recarga. Idealmente, el condensador 750 se recarga a la tensión de referencia o 150V o V4. La velocidad a la que se recarga el condensador 750 la segunda vez se identifica como  $(dv/dt)_2$  1032. Sin embargo, en la práctica, el condensador 750 puede no recargarse según el diseño pretendido. Análogamente, el impulso de control C, que tiene una duración o anchura PW3, dispara el condensador 750 para que se descargue una tercera vez, dando como resultado que se proporcione energía almacenada por el condensador 750 como una entrada a la pieza de mano de licuefacción 10, que, a su vez, hace que la tensión en el condensador 750 se reduzca desde V4 al comienzo de PW3 a V5 al final de PW3. La reducción de tensión que tiene lugar durante PW3 se indica por delta V3. En el ejemplo ilustrado, las caídas de tensión durante PW1, PW2 y PW3 son diferentes. Al final de PW3, el condensador 750 cesa de proporcionar energía a la pieza de mano 10 (si no queda ninguna carga almacenada) y se recarga de nuevo. La secuencia de liberación de energía y recarga continúa utilizando impulsos de control adicionales, liberaciones de energía y recargas, como se discute anteriormente.

Las figuras 24-29 ilustran la forma en que la tabla 1030 puede ajustarse sobre la base de una realimentación desde la salida del elemento de recarga 724 con el fin de impedir sobreoscilación 2300 y suboscilación 2310. La figura 24 ilustra un ejemplo de sobreoscilación 2300 durante el cual un valor delta 1022 de la tabla 1030 inicialmente determinó que el valor  $dv/dt$  correspondiente 1032 debería haber sido "X", de modo que el condensador 750 se recargó a 150 voltios antes del siguiente impulso de control 34, pero el elemento de carga 720 sobrecargó realmente el condensador 750 a 154 voltios. Así, esto es un sobreoscilación 2300 de cuatro voltios. Haciendo referencia a la figura 25, el valor  $dv/dt$  1032 en la tabla 1030 correspondiente a ese valor delta 1022 particular puede ajustarse hacia abajo para compensar la sobreoscilación 2300, de modo que la próxima vez que se reclame el valor delta 1022, el valor  $dv/dt$  reducido 1032 se proporcionará como una entrada 722 al elemento de carga 720 y la salida 724 del elemento de recarga dará como resultado que el condensador 750 se recargue a la tensión de referencia. Si el condensador 750 no se carga a la tensión de referencia, pueden hacerse ajustes adicionales para compensar cualquier sobreoscilación o suboscilación subsiguiente.

Análogamente, la figura 26 ilustra un ejemplo de suboscilación 2310 durante el cual un valor delta 1022 de la tabla 1030 determinó inicialmente que el valor  $dv/dt$  correspondiente 1032 debería haber sido "X", de modo que el condensador 750 se recargó a 150 voltios antes del siguiente impulso de control 34, pero el elemento de carga 720 realmente descargó el condensador 750 a 148 voltios. Así, esto es una suboscilación 2310 de dos voltios. Haciendo referencia a la figura 27, el valor  $dv/dt$  1032 de la tabla 1030 correspondiente a ese valor delta 1032 particular puede ajustarse hacia arriba para compensar la suboscilación 2310, de modo que la próxima vez que se reclame el valor delta 1022, el valor  $dv/dt$  incrementado 1032 se proporcionará como una entrada 722 al elemento de carga 720 y la salida 724 del elemento de recarga dará como resultado que el condensador 750 se recargue a la tensión de referencia. Además, puede ajustarse cualquier sobreoscilación o suboscilación subsiguiente con iteraciones de realimentación adicionales según sea necesario.

Haciendo referencia a la figura 28, la tabla original 1030 puede actualizarse dinámicamente para reflejar el funcionamiento real del elemento de carga 720. La tabla 1030 incluye valores  $dv/dt$  actualizados o ajustados 1032 para compensar cualquier sobreoscilación 2300 y suboscilación 2310 reduciendo e incrementado respectivamente el valor  $dv/dt$  1032 sobre la base de una diferencia de tensión determinada 1022 obtenida a partir de una realimentación desde el elemento de carga 720. Así, haciendo referencia a la figura 29, el funcionamiento esperado del elemento de carga se indica por una línea lineal 2900, y por una línea 2910 se muestran desviaciones de este modelo que reflejan el funcionamiento real del elemento de carga 720. La línea 2910 representa unos valores  $dv/dt$  1032 que corresponden a distintas diferencias de tensión y pueden formar diversas secciones o relaciones lineales y no lineales. Los expertos en la materia apreciarán que el gráfico a título de ejemplo mostrado en la figura 29 se proporciona a título ilustrativo, no limitativo, puesto que el elemento de carga 720 puede funcionar como se pretende, tener diferentes números y duraciones de casos de sobreoscilación y tener diferentes número y duraciones de casos de suboscilación.

Las formas de realización proporcionan una serie de mejoras con respecto a sistemas conocidos que no utilizan realimentación dinámica. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 30, los sistemas conocidos que están configurados para cargar un condensador a la velocidad de carga máxima generan típicamente picos de corriente 3000 que pueden dar como resultado un consumo innecesario de potencia y diseños de circuito más complicados que deben acomodarse a estos excesos. Las formas de realización mejoran los sistemas conocidos reduciendo o eliminando el efecto de "pico" al proporcionar un aumento más moderado en la corriente 3010 y en la potencia.

Aunque se ha hecho referencias en la anterior descripción a diversas formas de realización, los expertos en la materia reconocerán que pueden hacerse modificaciones, alteraciones y sustituciones insustanciales a las formas de realización descritas sin apartarse, por ello, del alcance de las formas de realización. Por ejemplo, ciertos componentes de sistema pueden ser componentes independientes o parte de un controlador y ciertos componentes de sistema pueden ser parte de un único conjunto o distribuirse entre múltiples componentes.

## ES 2 334 398 T3

Además, la salida del elemento de carga en la fuente de tensión puede muestrearse a diferentes frecuencias y durante diversos periodos de tiempo con el fin de proporcionar diferentes cantidades de realimentación según sea necesario. Diversos números, duraciones y frecuencias de impulsos de control pueden utilizarse para disparar la aportación de energía a la pieza de mano. Adicionalmente, el convertidor A/D puede representar tensiones analógicas como valores digitales que tengan diferentes números de bits para proporcionar diferentes resoluciones. Los valores delta pueden calcularse sobre la base de valores digitales obtenidos en diversos momentos y basados en valores digitales con diversos números de bits.

Adicionalmente, la tabla utilizada para proporcionar realimentación al elemento de carga puede incluir diversos números de entradas con el fin de proporcionar diferentes grados de realimentación. De este modo, la tabla puede presentar 128 ó 256 entradas u otros números de entradas según sea necesario. Las actualizaciones de la tabla pueden realizarse en diversos momentos. La vigilancia de la salida, la determinación de valores digitales, la determinación de valores delta, la determinación de valores  $dv/dt$  y la provisión de realimentación a la entrada del elemento de carga pueden realizarse periódicamente o no.

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65

## REIVINDICACIONES

5 1. Sistema (700, 800, 900, 1000) para controlar la cantidad de energía suministrada a una pieza de mano (10) de un sistema quirúrgico, que comprende:

un suministro de potencia (710);

un elemento de carga (720), activando el suministro de potencia al elemento de carga;

10 una fuente de tensión (750) a la salida del elemento de carga;

un controlador (730); y

15 unos medios para vigilar (610, 905) la tensión de la fuente de tensión;

en el que se proporcionan al controlador unos datos procedentes de los medios de vigilancia, estando adaptado el controlador para generar una salida que se proporciona al elemento de carga para ajustar dinámicamente (620, 960) la salida del elemento de carga, de modo que la cantidad de energía proporcionada (630, 965) por la fuente de tensión como una entrada a la pieza de mano se ajuste dinámicamente sobre la base de la salida ajustada del elemento de carga,

20 **caracterizado** porque el controlador recibe una primera entrada de una primera tensión vigilada en un primer momento (910), recibe una segunda entrada de una segunda tensión vigilada en un segundo momento (930), determina una diferencia entre las tensiones primera y segunda (950), determina (955) a partir de una tabla (1030) una velocidad a la cual aumenta con el tiempo la tensión de la salida del elemento de carga sobre la base de la diferencia determinada, en el que la tabla identifica diferencias determinadas entre los valores digitales y las velocidades correspondientes a las cuales aumenta una tensión de la salida del elemento de carga, y genera una salida sobre la base de la diferencia determinada que ajusta dinámicamente la salida del elemento de carga (960).

30 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador (730) incluye un microprocesador y un dispositivo lógico programable (860).

35 3. Sistema según la reivindicación 1, en el que los medios de vigilancia están adaptados para vigilar (610, 905) una tensión de la fuente de tensión (750).

40 4. Sistema según la reivindicación 3, en el que la salida del controlador (730) está adaptada para compensar una suboscilación (2310) que tenga lugar cuando la tensión del elemento de carga (720) sea menor que una tensión predeterminada después de un tiempo predeterminado.

45 5. Sistema según la reivindicación 3, en el que la salida del controlador (730) está adaptada para compensar una sobreoscilación (2300) que tenga lugar cuando la tensión de la salida del elemento de carga (720) sea mayor que una tensión predeterminada después de un tiempo predeterminado.

6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la fuente de tensión (750) es un condensador.

7. Sistema según la reivindicación 6, en el que la salida del controlador (730) está adaptada para compensar una suboscilación (2310) que tenga lugar cuando el condensador sea cargado a un nivel que es inferior a un nivel predeterminado después de un tiempo predeterminado.

50 8. Sistema según la reivindicación 6, en el que la salida del controlador (730) está adaptada para compensar una sobreoscilación (2300) que tenga lugar cuando el condensador sea cargado a un nivel que es mayor que un nivel predeterminado después de un tiempo predeterminado.

55 9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además un generador de impulsos adaptado para emitir un impulso de control (810), en el que la energía almacenada por la fuente de tensión (750) es proporcionada como una entrada a la pieza de mano (10) en respuesta al impulso de control.

60 10. Sistema según la reivindicación 9, en el que el generador de impulsos está adaptado para emitir una pluralidad de impulsos de control (810), y la energía almacenada por la fuente de tensión (750) es proporcionada como una entrada a la pieza de mano (10) en respuesta a cada impulso de control, recargándose la fuente de tensión entre impulsos de control, en el que la velocidad a la cual se recarga la fuente de tensión es determinada por la salida ajustada del elemento de carga.

65 11. Sistema según la reivindicación 10, en el que se determina la velocidad a la cual aumenta la tensión del elemento de carga ajustada de modo que la fuente de tensión (750) sea recargada a un nivel predeterminado antes del siguiente impulso de control (810).

## ES 2 334 398 T3

12. Sistema según la reivindicación 11, en el que la fuente de tensión (750) se recarga completamente antes del siguiente impulso de control.

5 13. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende además un transformador (1010) conectado entre la fuente de tensión (750) y una entrada del controlador (730), en el que el transformador recibe como una entrada unos datos vigilados procedentes de la fuente de tensión (750) y genera una salida que es proporcionada como una entrada al controlador.

10 14. Sistema según la reivindicación 13, en el que el transformador (1010) reduce un nivel de los datos de tensión vigilados desde un primer nivel hasta un segundo nivel.

15 15. Sistema según la reivindicación 14, en el que el transformador (1010) reduce el nivel de los datos de tensión vigilados de 0-200 voltios a 0-5 voltios.

16. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el controlador (730) está configurado para convertir los datos vigilados de un valor analógico a un valor digital (840).

17. Sistema según la reivindicación 1, en el que la tabla (1030) se genera automáticamente al encender el sistema.

20 18. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador está adaptado para actualizar automáticamente (970) la tabla (1030) sobre la base de una realimentación desde la salida del elemento de carga.

25 19. Sistema según la reivindicación 1, en el que la tabla (1030) correlaciona valores que representan la diferencia entre las tensiones vigiladas y  $dv/dt$ , en el que  $dv/dt$  es una velocidad de cambio de la tensión de la salida del elemento de carga (720), en el que un valor mínimo en la tabla se basa en un primer impulso perfilado (810) y el tiempo que se requiere para que el primer impulso perfilado alcance una tensión predeterminada, un valor máximo en la tabla se basa en un segundo impulso perfilado (810) y el tiempo que se requiere para que el segundo impulso perfilado alcance la tensión predeterminada, alcanzando el segundo impulso perfilado el umbral predeterminado con más rapidez que el primer impulso perfilado, y en el que el controlador (730) recibe como entradas de la fuente de tensión (750) una primera tensión en un primer momento y una segunda tensión en un segundo momento, convierte la primera tensión en un primer valor digital y la segunda tensión en un segundo valor digital, determina una diferencia entre los valores de tensión digitales primero y segundo y realiza una búsqueda en la tabla para determinar  $dv/dt$  sobre la base de la diferencia determinada.

35

40

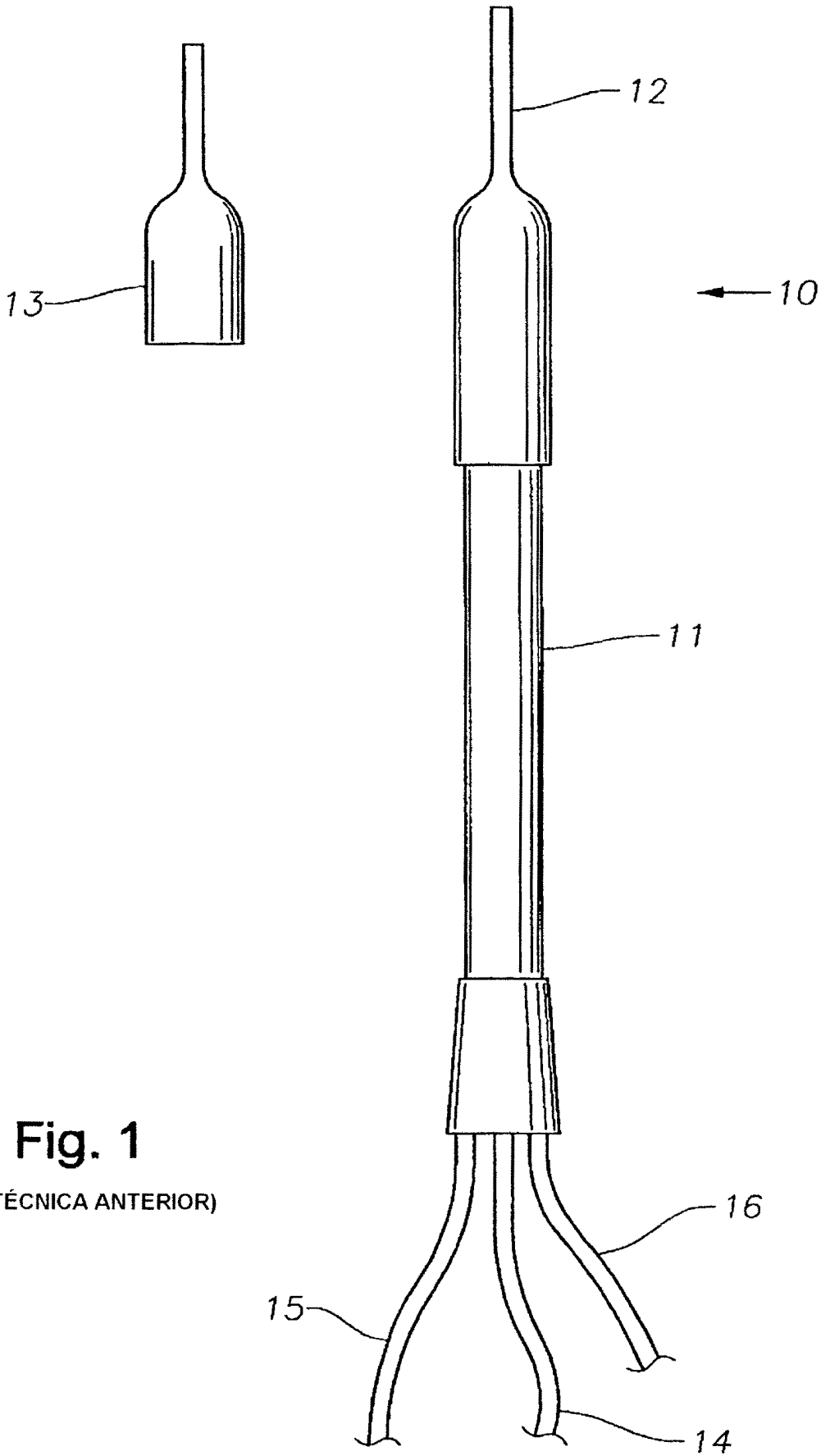
45

50

55

60

65



**Fig. 1**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

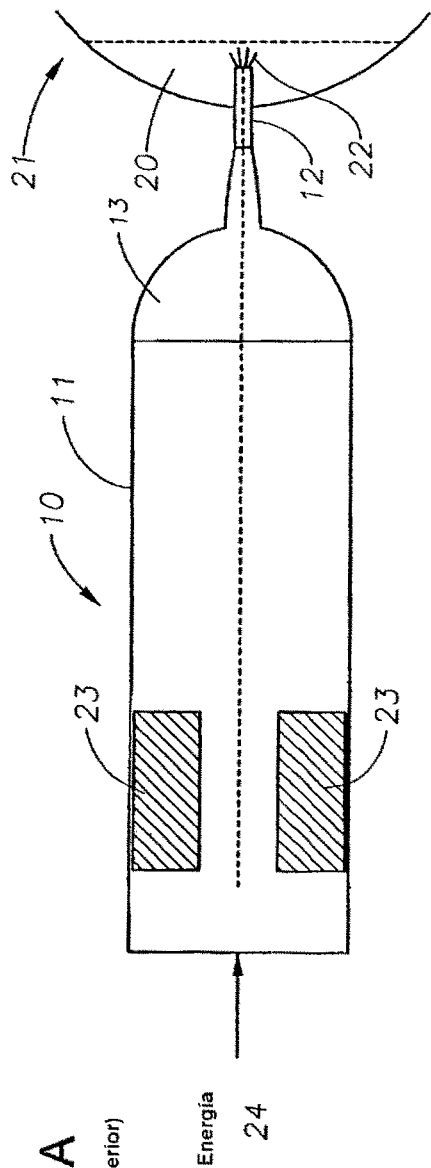


Fig. 2A  
(Técnica anterior)

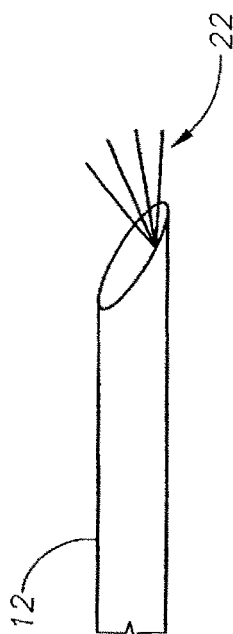


Fig. 2B  
(Técnica anterior)

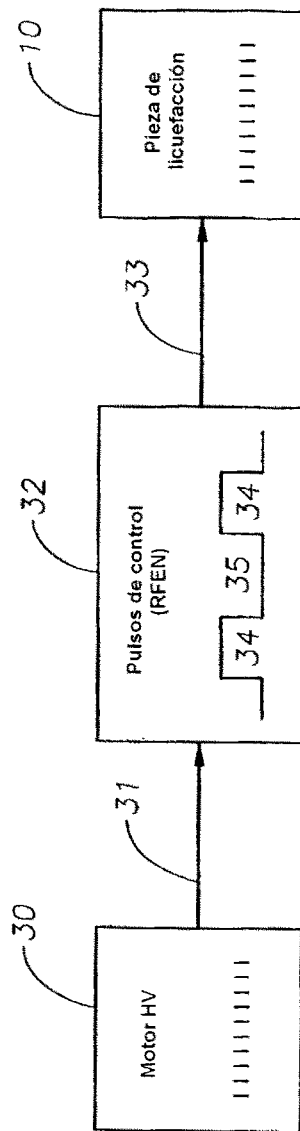


Fig. 3  
(Técnica anterior)

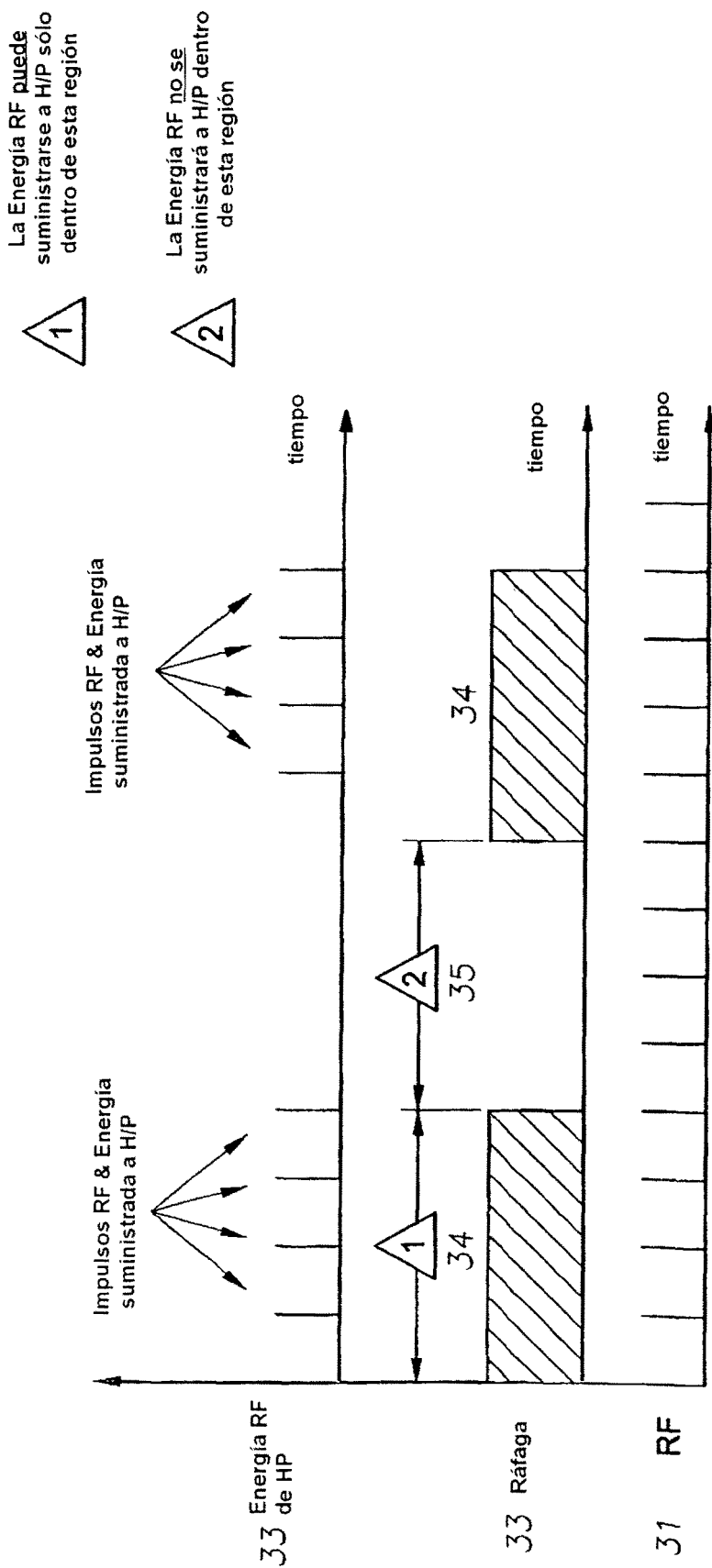
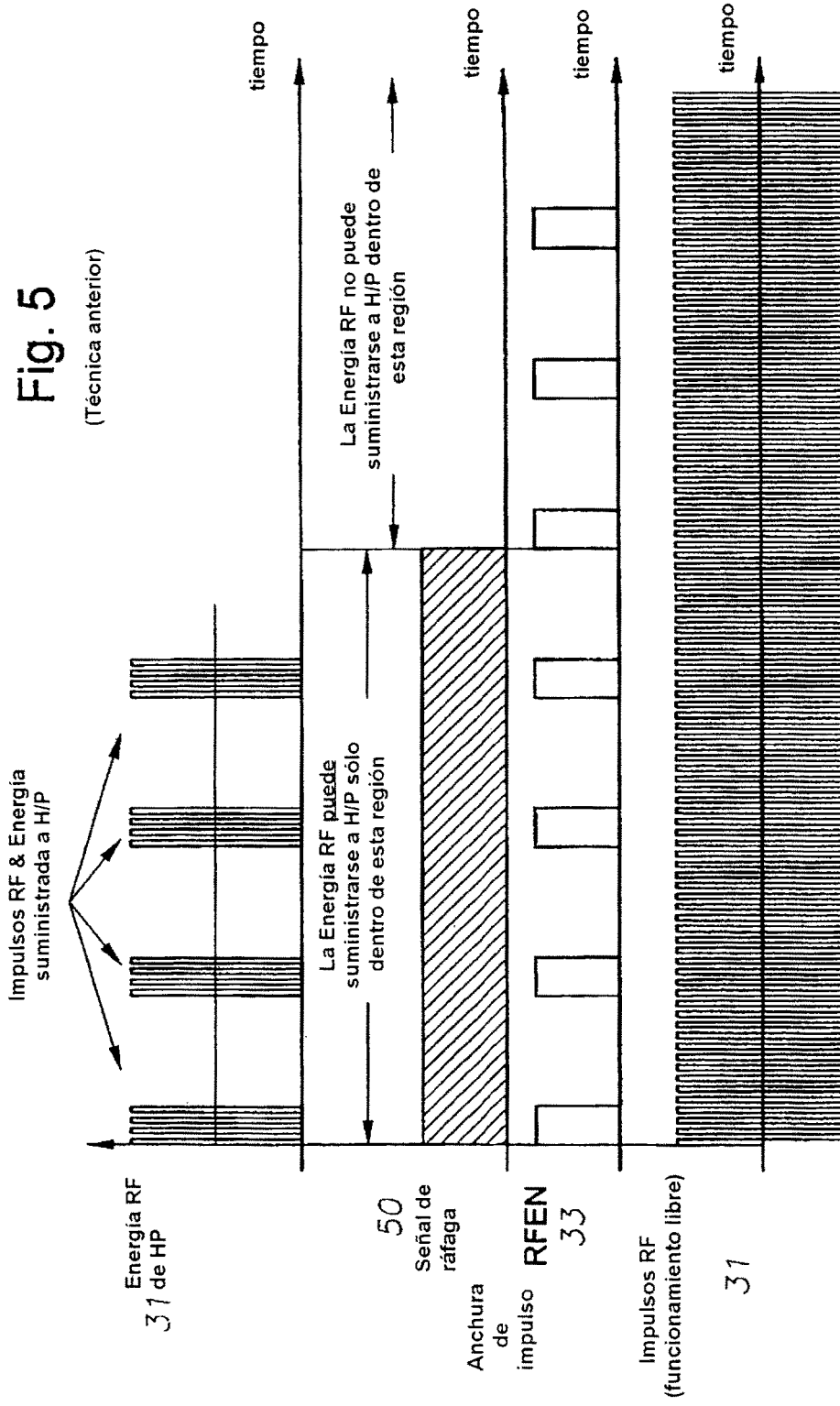


Fig. 4

(Técnica anterior)



Suministro de energía y controles de impulsos

Fig. 6

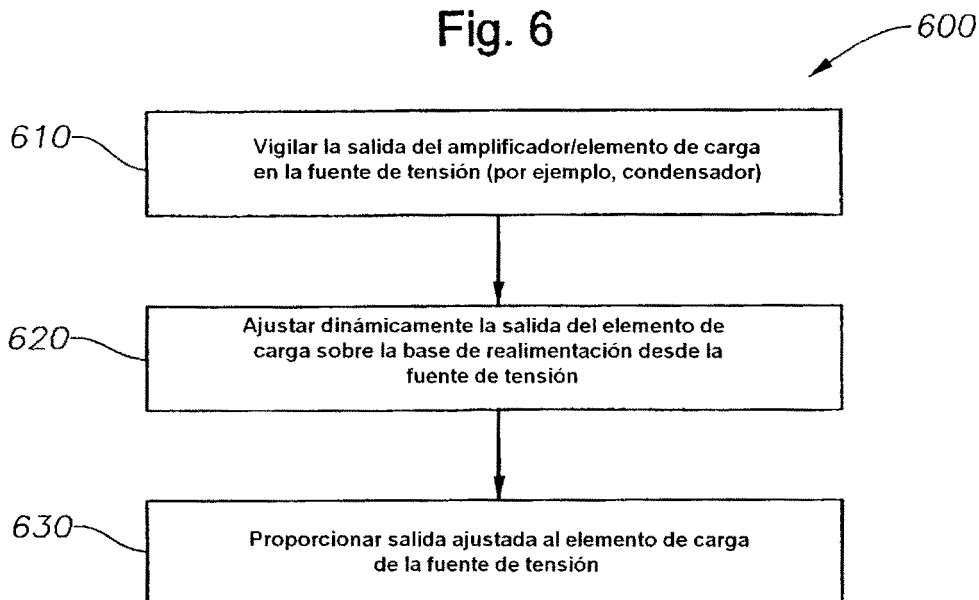


Fig. 7

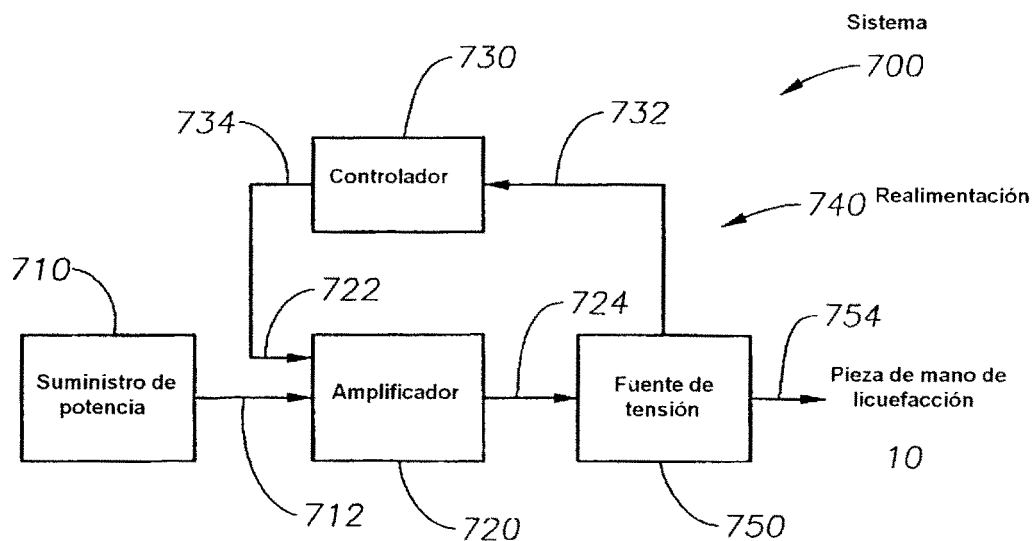
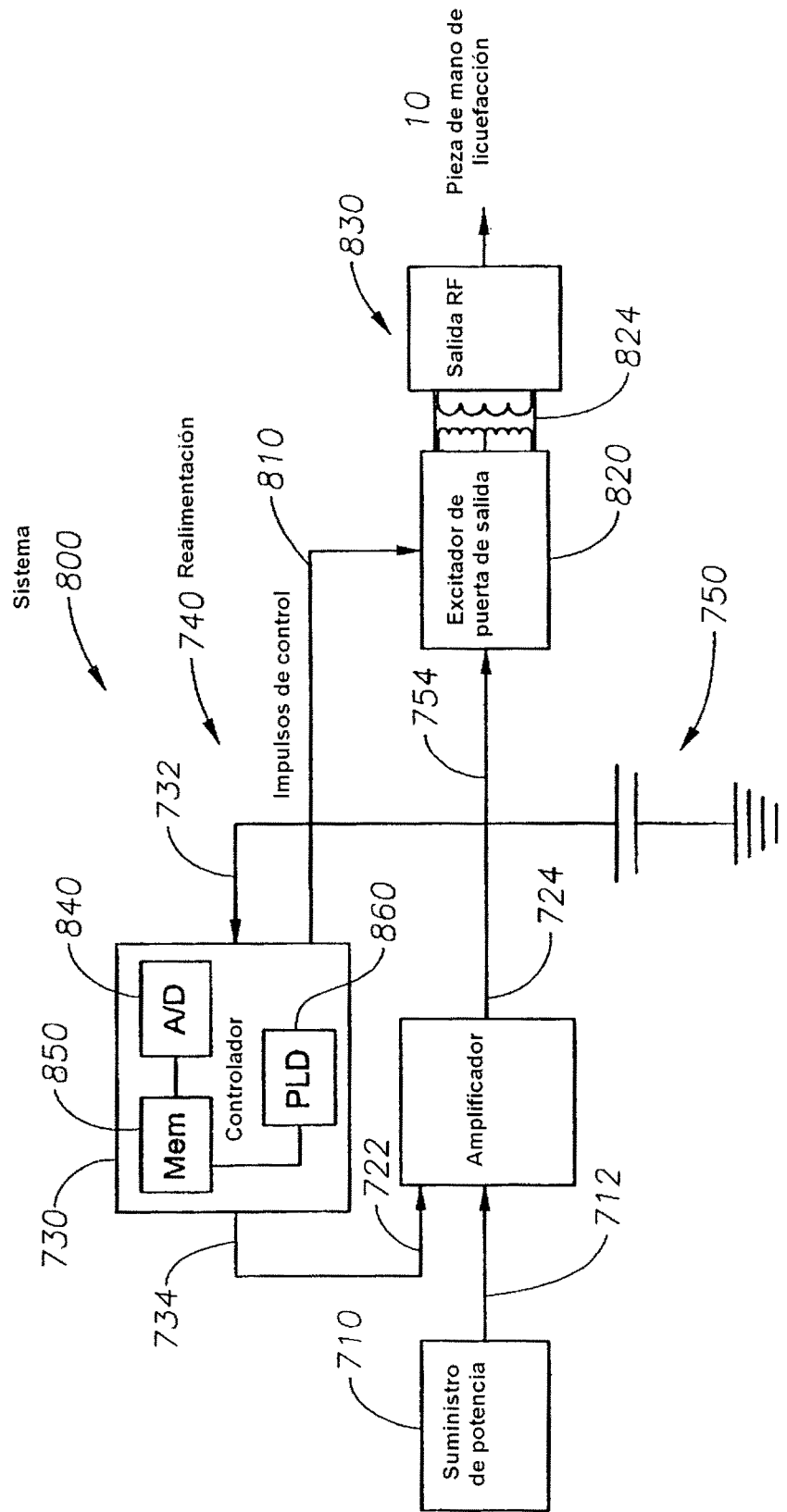


Fig. 8



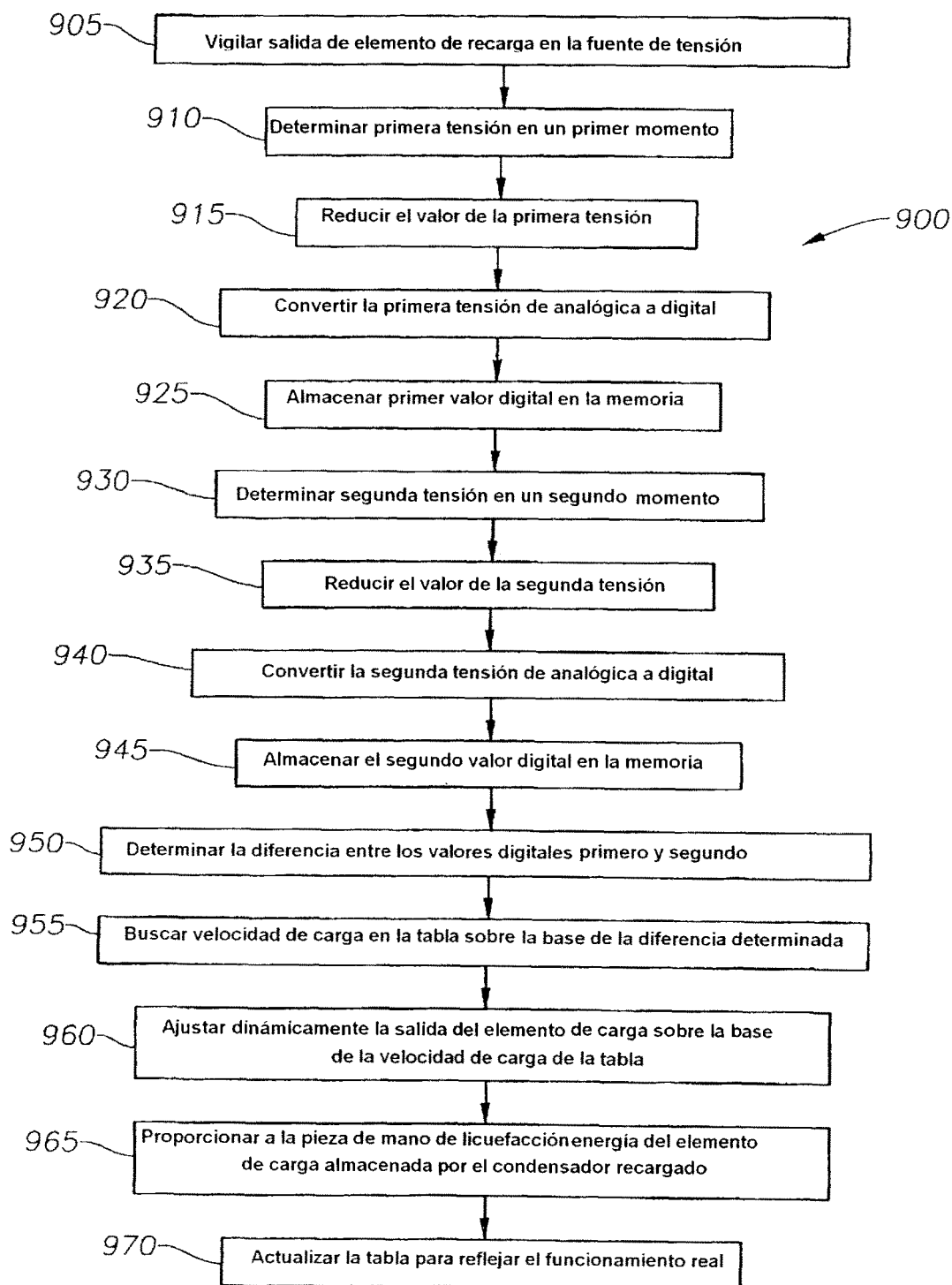
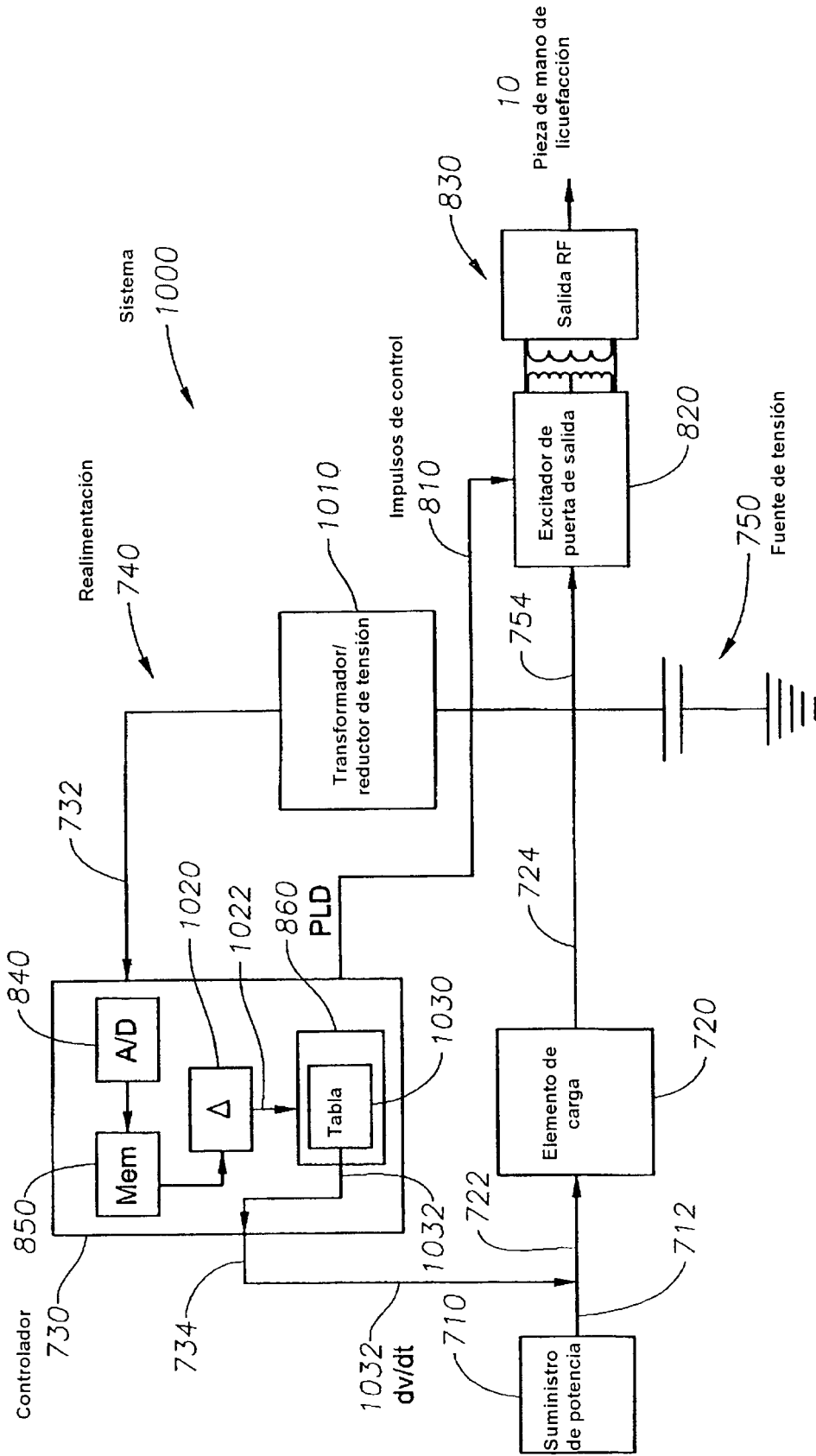


Fig. 9

Fig. 10A



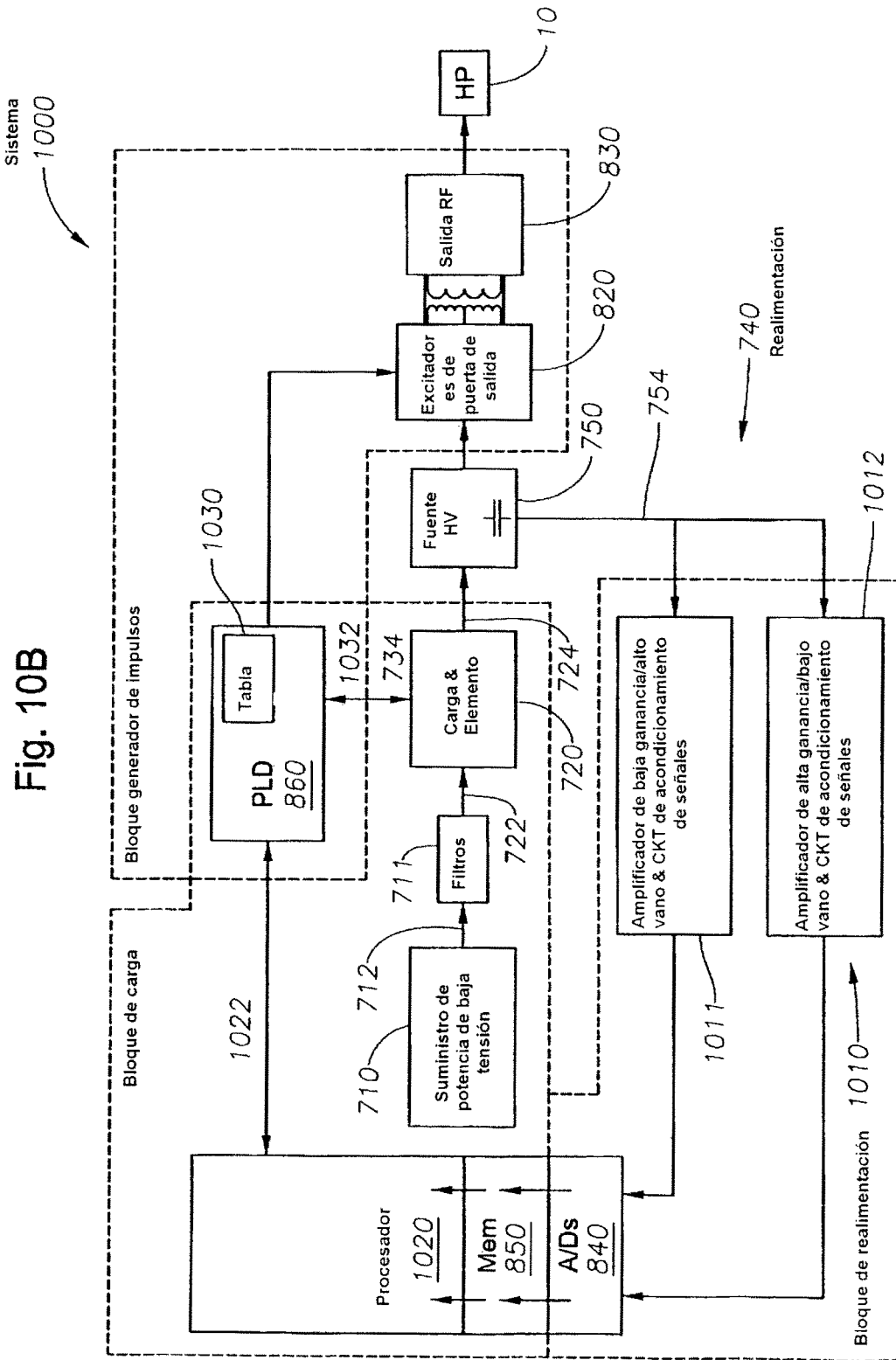


Fig. 11

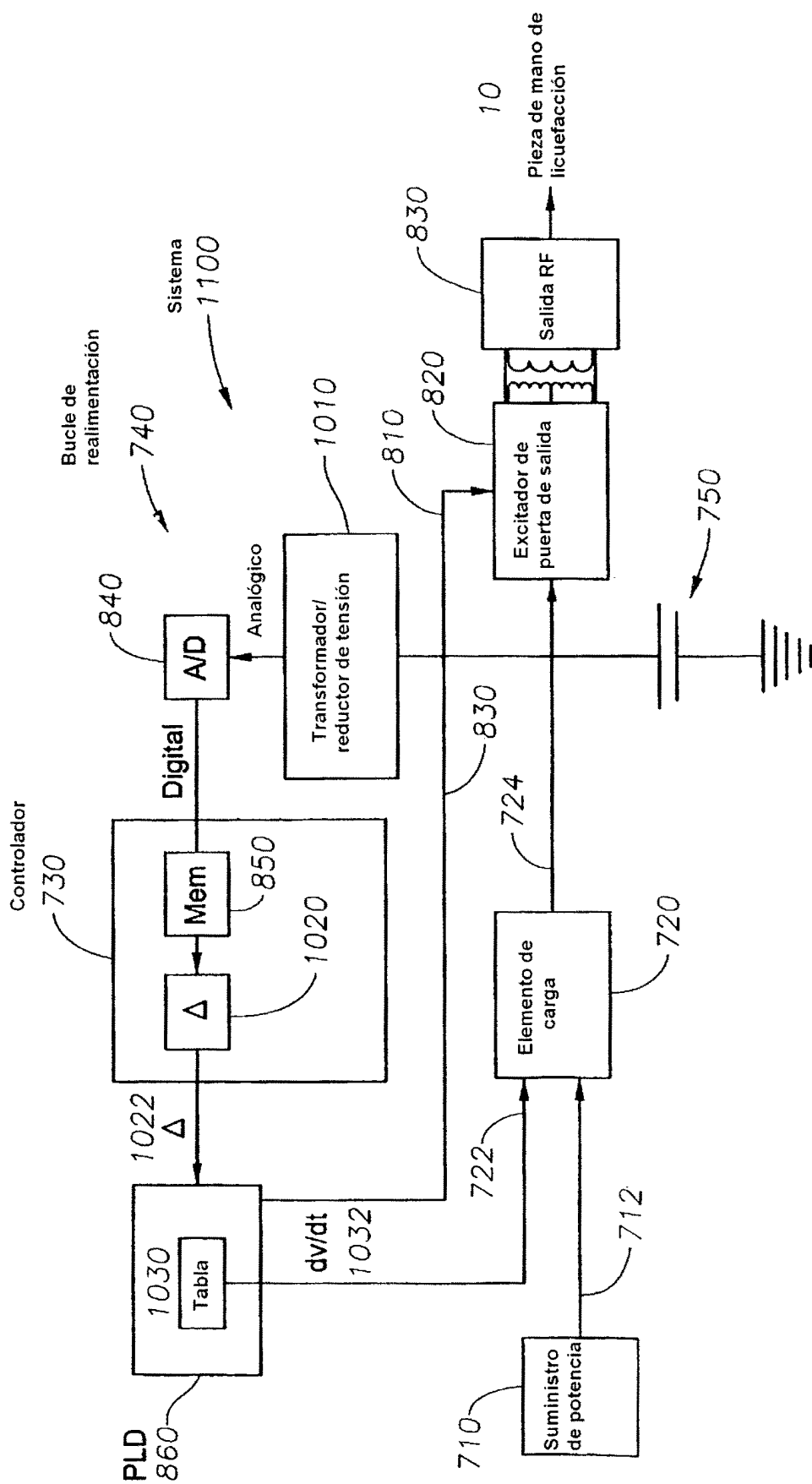


Fig. 12

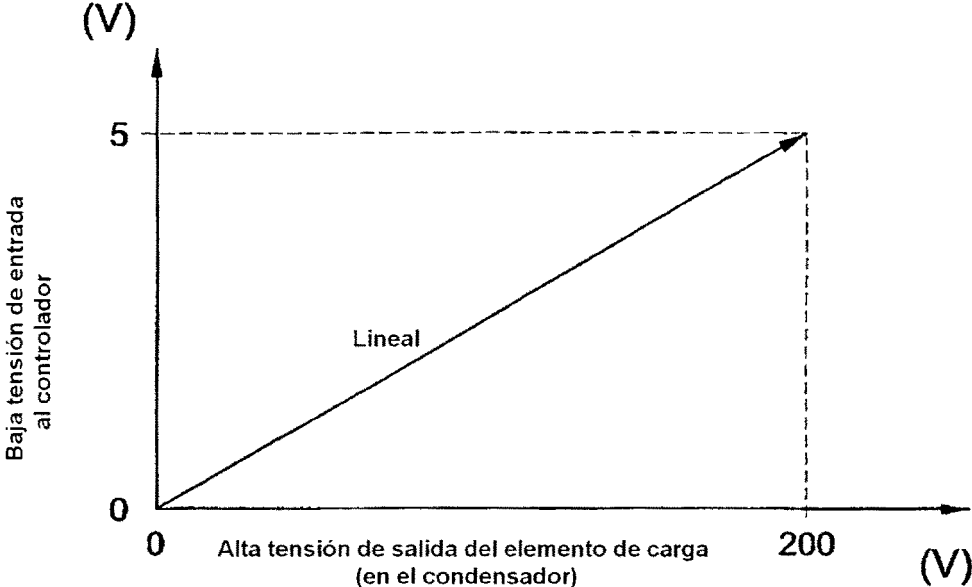


Fig. 13

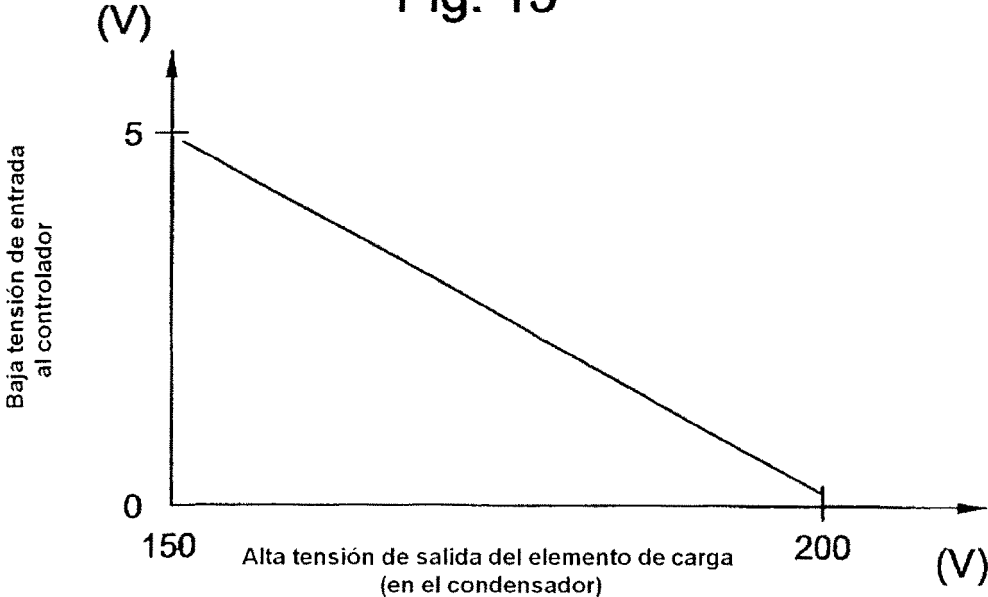


Fig. 14

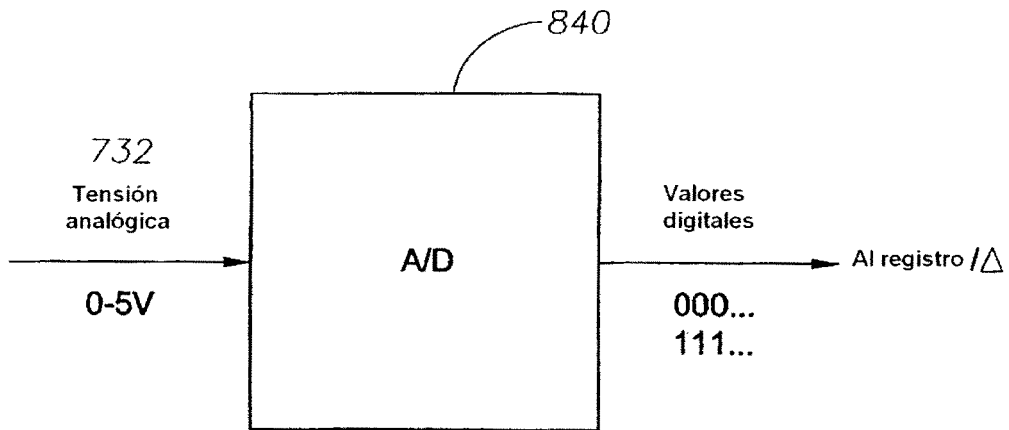


Fig. 15

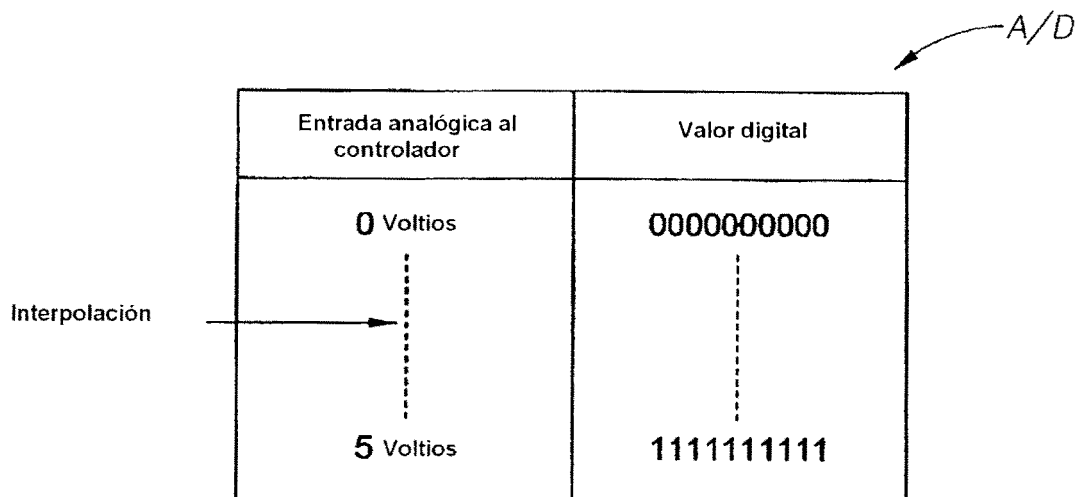


Fig. 16

1030  
Tabla

1022	1032
$\Delta V$	$\frac{dv}{dt}$
$\Delta V_1$	$\frac{dv}{dt} \quad 1$
$\Delta V_2$	$\frac{dv}{dt} \quad 2$
$\Delta V_3$	$\frac{dv}{dt} \quad 3$
$\Delta V_N$	$\frac{dv}{dt} \quad N$

Fig. 17

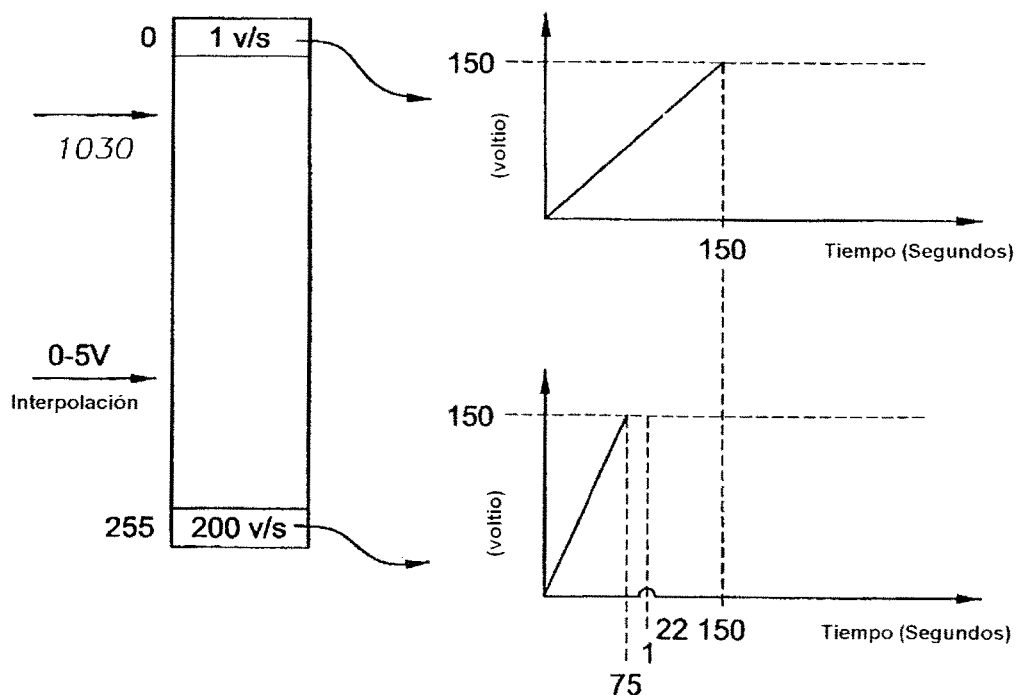


Fig. 18

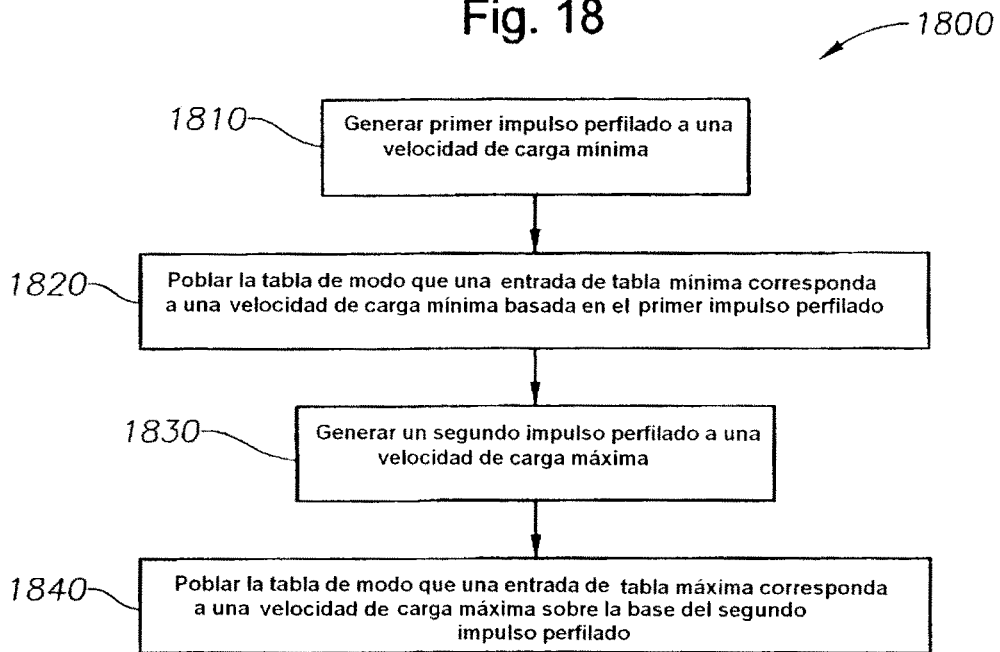


Fig. 19

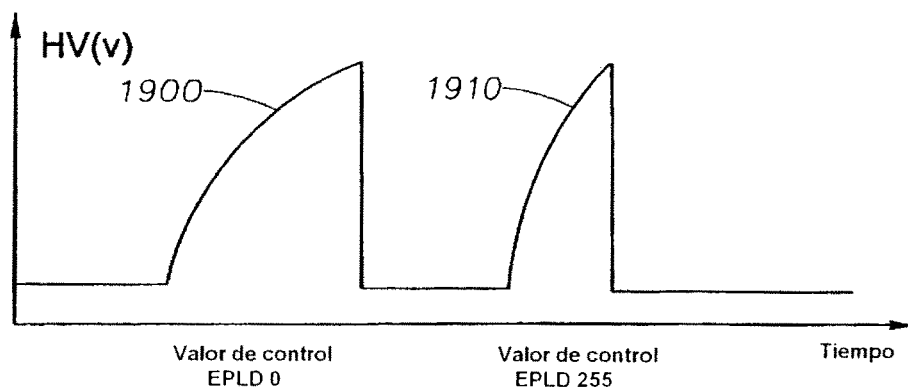


Fig. 20

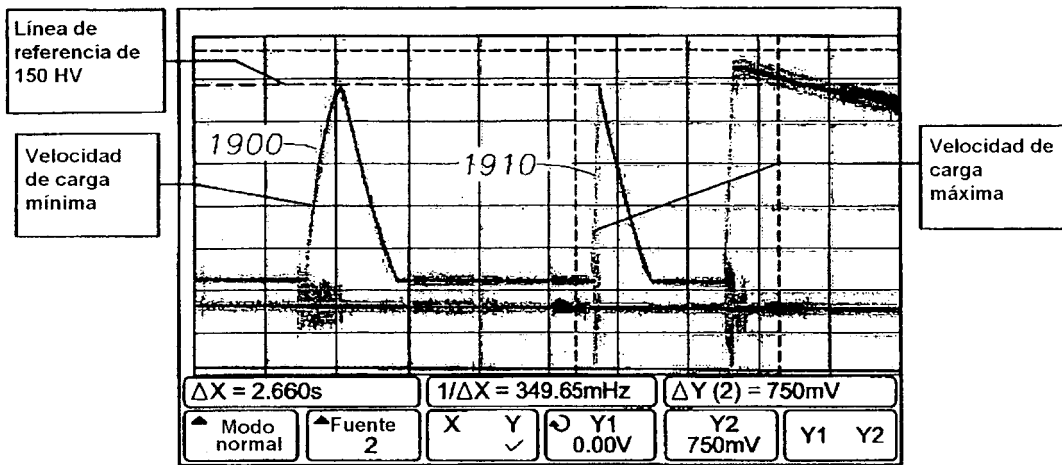


Fig. 21

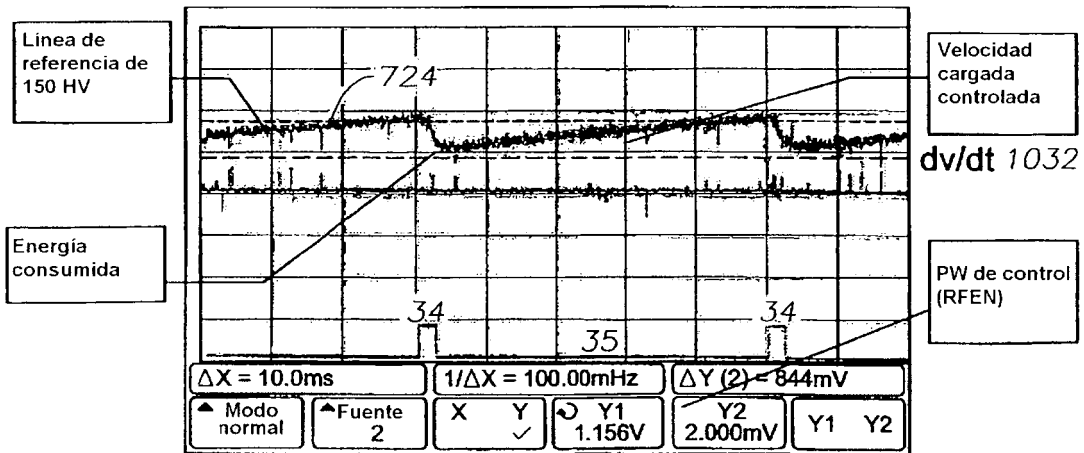


Fig. 22

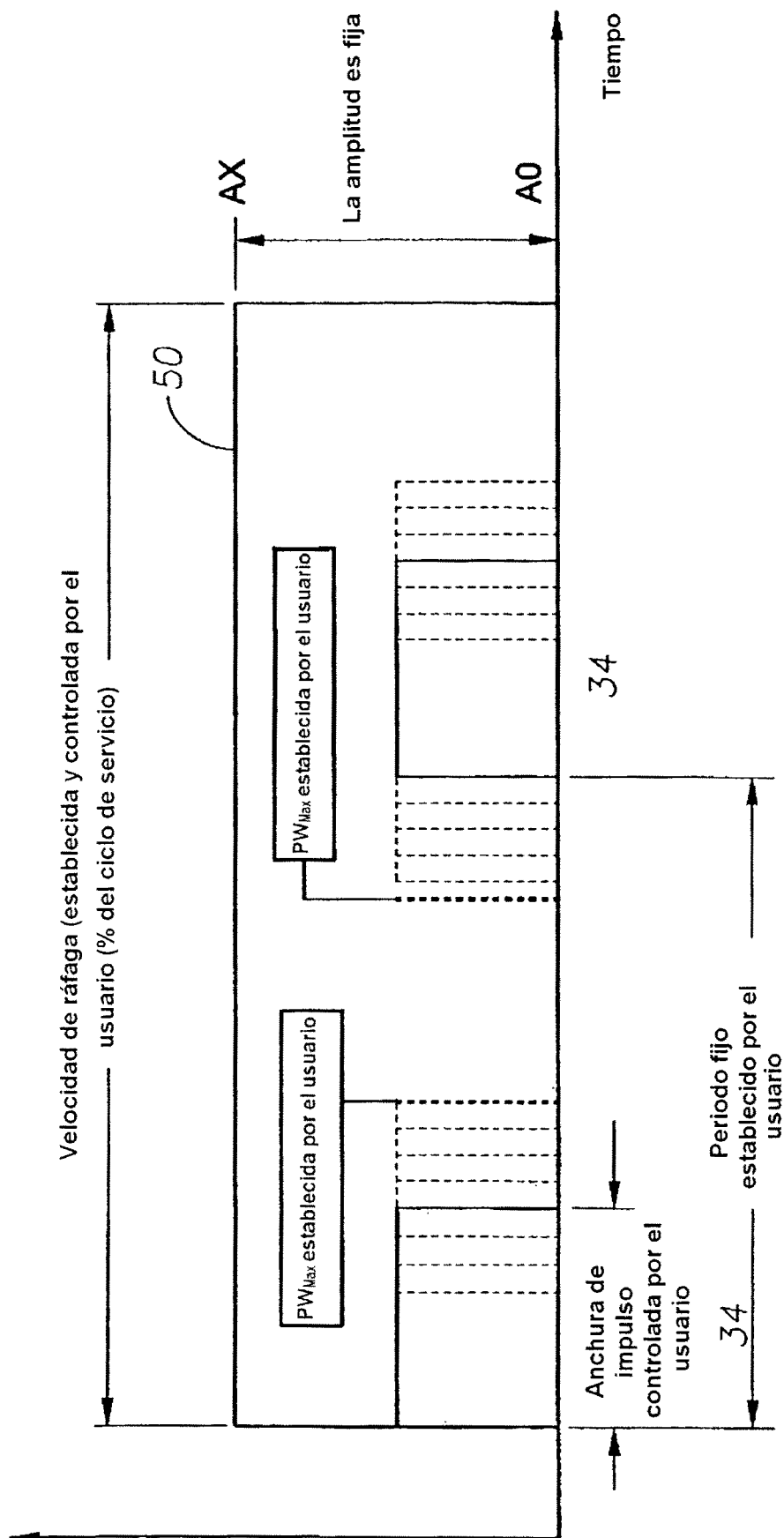


Fig. 23

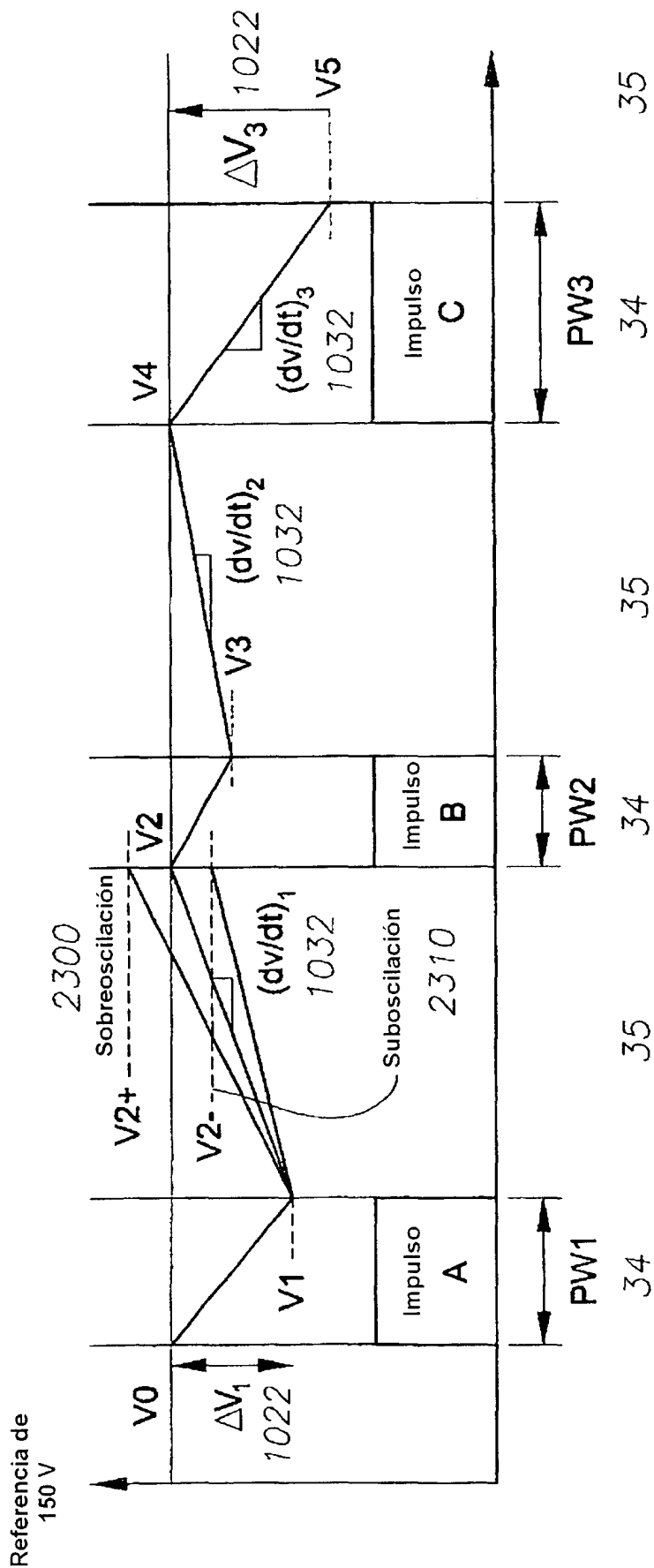
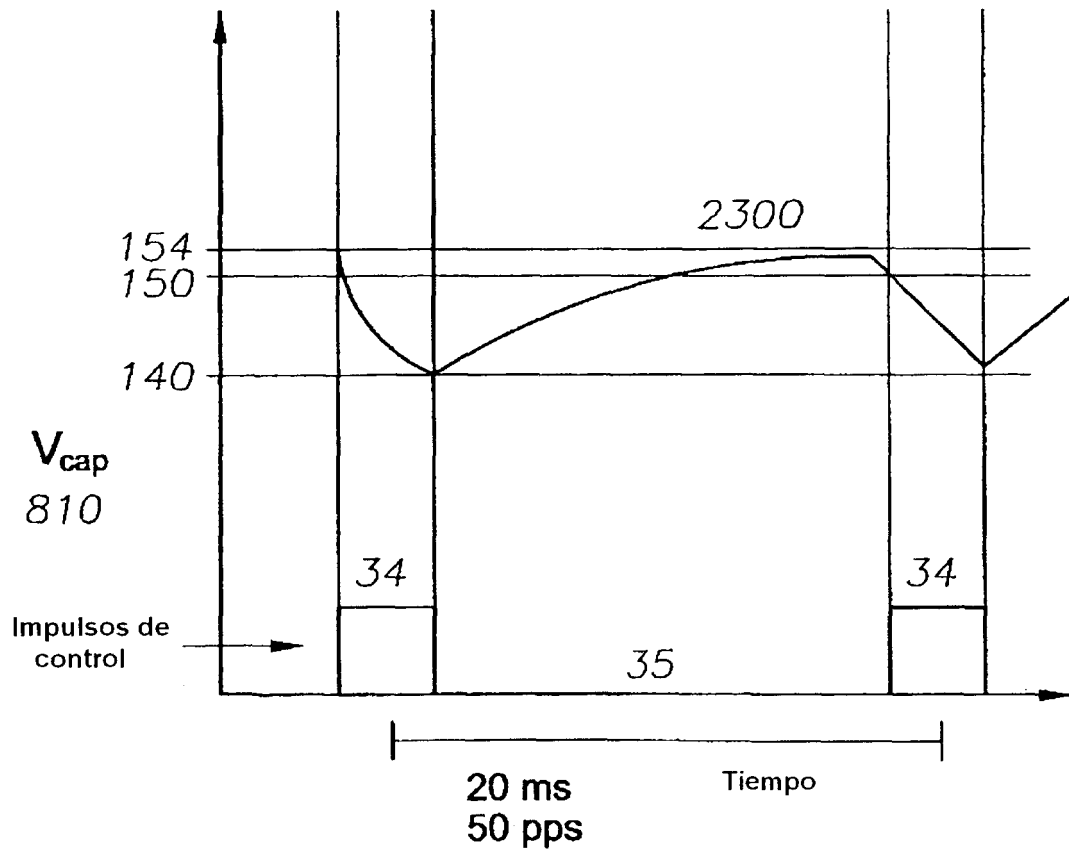


Fig. 24



Sobreoscilación

$\Delta V$  (Deseado) = 10 voltios

$V_{RECARGA}$  = 14 voltios

$\Delta V_{RECARGA}$  = 4 voltios

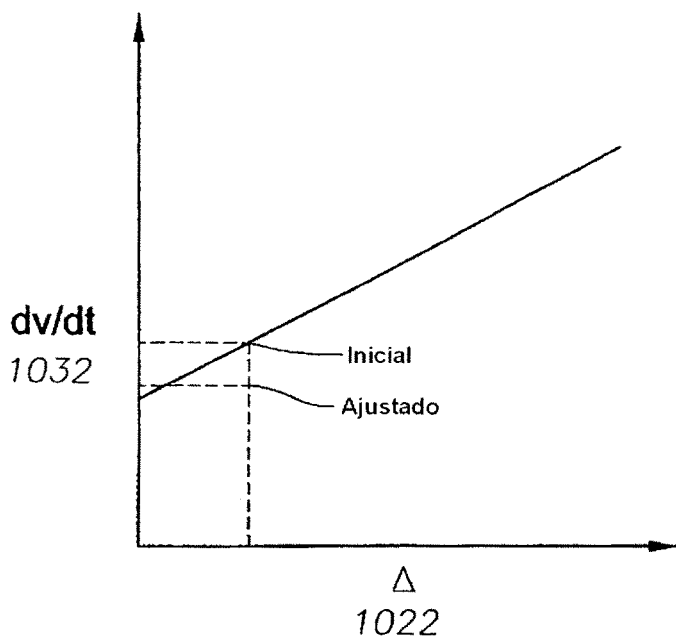


Fig. 25

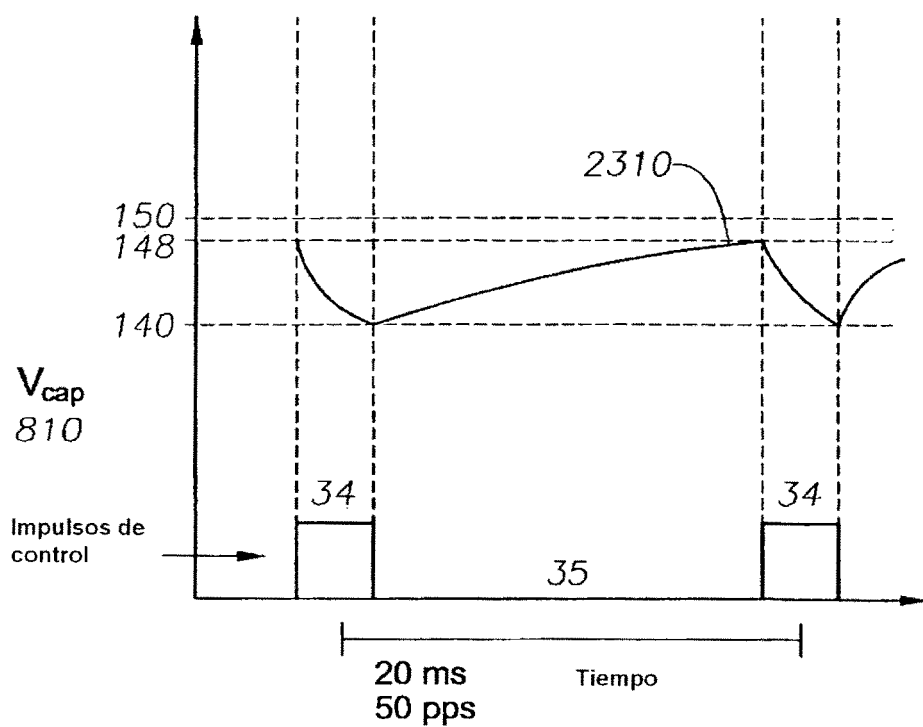


Fig. 26

Suboscilación

$\Delta v$  (Deseado) = 10 voltios

$V_{RECARGA}$  = 8 voltios

$\Delta V_{RECARGA}$  = 2 voltios

Fig. 27

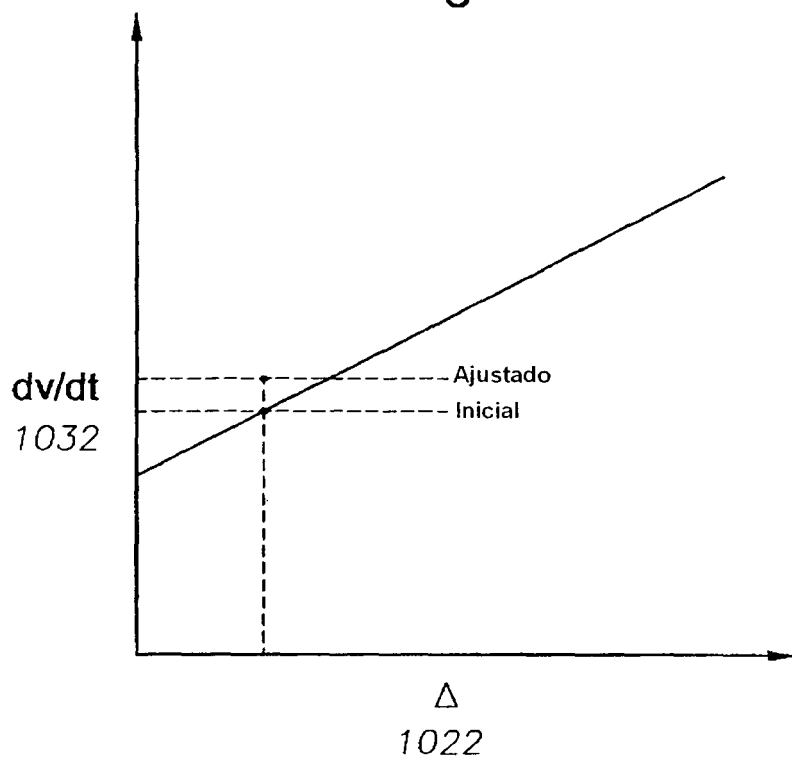


Fig. 28

1030

1022	1032
$\Delta V$	$\frac{dv}{dt}$
$\Delta V_A$	$\frac{dv}{dt} - x$
$\Delta V_B$	$\frac{dv}{dt} + y$
⋮	⋮

Fig. 29

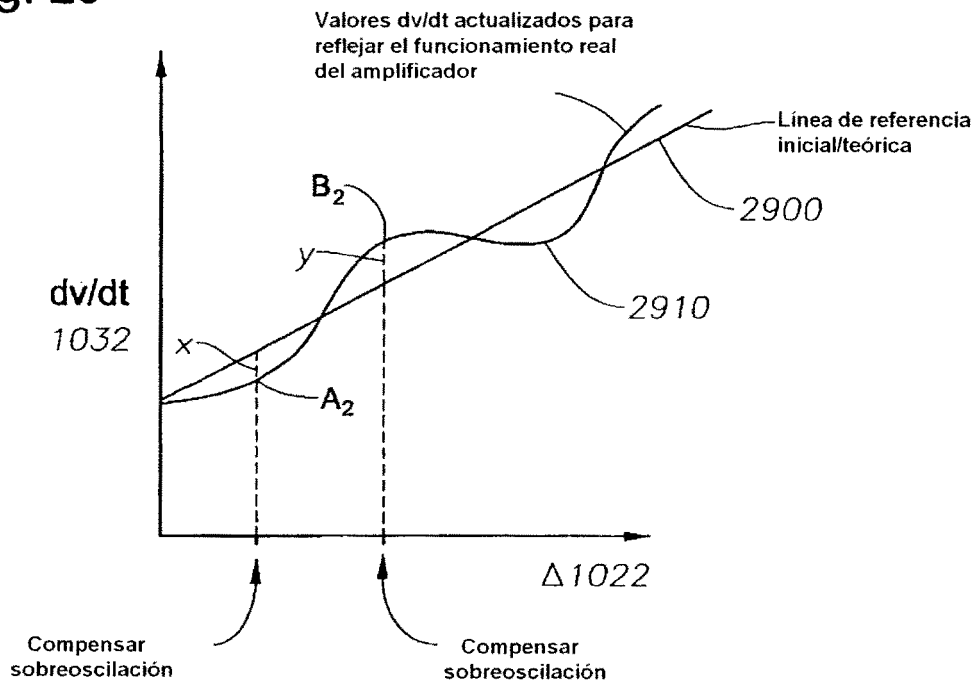


Fig. 30

