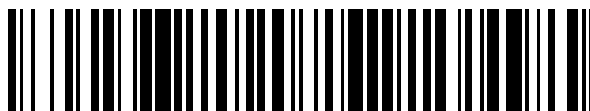


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 058**

51 Int. Cl.:

F02K 9/94 (2006.01)

C06B 33/06 (2006.01)

F02K 9/26 (2006.01)

F02K 9/95 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.10.2013** **PCT/US2013/066555**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014** **WO2014120299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2013** **E 13857653 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2017** **EP 2935848**

54 Título: **Propelentes accionados eléctricamente**

30 Prioridad:

24.12.2012 US 201213726462

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.06.2017

73 Titular/es:

RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 Winter Street
Waltham, MA 0245-1449, US

72 Inventor/es:

VILLARREAL, JAMES K. y
LOEHR, RICHARD D.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 618 058 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

Propelentes accionados eléctricamente

Reivindicación de prioridad

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de la prioridad a la solicitud de patente estadounidense con nº de serie 13/726.462, presentada el 24 de diciembre de 2012.

Campo técnico

Este documento versa en general, pero no a título de limitación, sobre propelentes accionados eléctricamente.

Antecedentes

10 Los misiles y los cohetes queman propelentes dentro de cámaras de combustión para generar gases a presión. Los gases a presión son dirigidos, a través de una tobera, para proporcionar empuje y, en consecuencia, impulsar el cuerpo del misil o el cohete. Los propelentes sólidos para cohetes se forman con un oxidante sólido, por ejemplo perclorato amónico, más combustibles, aditivos y un ingrediente aglomerante. Se usan sistemas de encendido que elevan la temperatura del propelente sólido para cohetes hasta el punto de combustión para encender el combustible sólido para cohetes. Después del encendido de un motor de combustible sólido de cohete, la reacción
15 no puede ser interrumpida hasta que el combustible se consume por completo. Además, el propelente sólido para cohetes arde según la forma del grano de propelente y su presión operativa, la cual está dictada por el tamaño de la angostura de la tobera. Es decir, la combustión del combustible (la velocidad de combustión) se produce según un conjunto de parámetros predefinidos y estos parámetros predefinidos no pueden ser cambiados durante el lanzamiento ni el vuelo, con la excepción del uso de un aparato mecánico (tal como un pivote de tobera). Dicho de
20 otra manera, una vez que el propelente sólido para cohetes se pone en marcha, la combustión no puede ser interrumpida y hay medios limitados para proporcionar un control de la velocidad de combustión del combustible basado en el lanzamiento o durante el vuelo.

25 En la solicitud estadounidense publicada 2011/0067789 se muestra un ejemplo de propelente configurado para su combustión controlable en un entorno de baja presión (por ejemplo, inferior a 1379 kPa). Se proporciona un propelente controlado eléctricamente que es susceptible de combustión controlable sostenida a presión ambiental. Según se expone en la solicitud, a presiones superiores a 1379 kPa, el propelente es autosostenible. En otras palabras, a estas presiones el propelente sigue ardiendo incluso con la interrupción del suministro eléctrico al propelente. En al menos este sentido, la combustión del propelente estudiado controlado eléctricamente, como el combustible sólido para cohetes expuesto anteriormente, no termina hasta que el propelente se consume por entero.

30 El documento US 2011/259230 A1 da a conocer un aparato para proporcionar una combustión iniciada y/o controlada eléctricamente de propelentes encendibles eléctricamente. En un ejemplo, el aparato incluye un volumen de propelente (líquido y/o gaseoso) encendible eléctricamente susceptible de combustión autosostenida, y electrodos accionables para encender el propelente. El aparato puede incluir, además, una fuente de alimentación y un controlador en comunicación eléctrica con los electrodos para suministrar un potencial entre los electrodos para
35 iniciar la combustión del propelente y/o controlar la velocidad de combustión del propelente. Son posibles configuraciones y geometrías diversas del propelente, de los electrodos y del aparato. En un ejemplo, se suministra a los electrodos una corriente continua que provoca la combustión del propelente en el electrodo positivo. En otro ejemplo, se suministra a los electrodos una corriente alterna, que inicia la combustión del propelente en ambos electrodos.

40 El documento US 2011/030859 A1 da a conocer un procedimiento para formar compuestos intermoleculares metaestables (MIC), así como tres categorías ejemplares de formulaciones MIC. Los MIC divulgados incluyen una primera categoría ejemplar para la cual la combustión puede ser iniciada y sostenida ya sea por una fuente de calor (llama) o por energía eléctrica, una segunda categoría ejemplar de formulaciones que pueden ser encendidas y que sostienen la combustión a bajas presiones únicamente con energía eléctrica y una tercera categoría ejemplar de
45 formulaciones que pueden ser encendidas y apagadas a bajas presiones únicamente con energía eléctrica. El nuevo procedimiento de formulación MIC proporciona oxidantes líquidos energéticos en lugar de los disolventes tradicionales, eliminando así la necesidad de extracción del disolvente. El oxidante líquido energético sirve de medio en el cual suspender y desarrollar la nanoestructura tridimensional formada por el polímero reticulado (PVA). En consecuencia, la nanoestructura tridimensional atrapa el oxidante líquido, impidiéndole evaporarse y eliminando con
50 ello la necesidad de extracción del disolvente, conservando la forma de la nanoestructura tridimensional. Además, la matriz del oxidante líquido proporciona un mecanismo a través del cual el encendido y la combustión pueden ser controlados. La velocidad de combustión de material puede regularse/estrangularse mediante ajustes en la cantidad de energía eléctrica suministrada y puede incluso apagarse mediante la eliminación completa del suministro de energía eléctrica. Es posible una activación/desactivación o un encendido/apagado reiterados a través de una
55 aplicación y una eliminación reiteradas de corriente eléctrica.

El documento US 2006/011276 A1 da a conocer un propelente controlado eléctricamente que comprende un aglomerante de polímeros oxidantes de ionómeros, una mezcla de oxidantes que incluye al menos una sal oxidante

y al menos un material eutéctico, y una fase móvil que comprende al menos un líquido iónico. El polímero PVAN puede ser de peso molecular medio (> 100.000) a alto ($< 1.000.000$). La divulgación también incluye la reticulación controlada del polímero usando resinas epoxídicas, el uso de un revestimiento barrera contra la humedad, la adición de aditivos energéticos de la combustión, tales como cromo III y polímero de polietilenglicol.

El documento US 2012/103479 A1 da a conocer un propelente controlado eléctricamente que comprende un aglomerante, un oxidante y un reticulante. Se ha descubierto que el ácido bórico (el reticulante) funciona como reticulante para el aglomerante de alto peso molecular usado para crear el propelente, mejorando con ello la capacidad de la composición de soportar la combustión sin fundirse. La presente invención también puede incluir 5-aminotetrazol (5-ATZ) como aditivo potenciador de la estabilidad. El aglomerante de la presente invención puede incluir alcohol polivinílico (PVA) y/o el copolímero de alcohol polivinílico/nitrato de polivinilamina (PVA/PVAN).

Visión general

En un aspecto, la presente divulgación proporciona un sistema de generación de gas con un propelente accionado eléctricamente que comprende: una cámara de combustión; al menos dos electrodos configurados para acoplarse con una fuente de alimentación eléctrica; un propelente accionado eléctricamente dentro de la cámara de combustión, estando configurado el propelente accionado eléctricamente para apagarse a presiones superiores a 1379 kPa, estando acoplados los al menos dos electrodos con el propelente accionado eléctricamente; y en el que el propelente accionado eléctricamente está configurado para encenderse en una condición de encendido y apagarse en una condición de apagado, siendo la condición de encendido que se aplique un suministro eléctrico entre los electrodos para encender el propelente accionado eléctricamente, y siendo la condición de apagado que se interrumpa el suministro eléctrico, siendo la presión dentro de la cámara de combustión superior a 1379 kPa, y pasando el propelente accionado eléctricamente de encendido a apagado.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un sistema de generación de gas con un propelente accionado eléctricamente que comprende: un oxidante a base de perclorato líquido de aproximadamente el 50 al 90 por ciento de la masa del propelente accionado eléctricamente; un aglomerante de aproximadamente el 10 al 30 por ciento de la masa del propelente accionado eléctricamente; un combustible a base de metales de aproximadamente el 5 al 30 por ciento de la masa del propelente accionado eléctricamente; y en el que el propelente accionado eléctricamente está configurado para encenderse y apagarse según la respectiva aplicación e interrupción de un suministro eléctrico al propelente accionado eléctricamente.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un método de uso de un propelente accionado eléctricamente situado dentro de una cámara de combustión que comprende: encender un propelente accionado eléctricamente aplicando un suministro eléctrico al propelente accionado eléctricamente; generar gas a presión dentro de la cámara de combustión a partir de la combustión del propelente encendido accionado eléctricamente, alcanzando la presión en la cámara de combustión más de 1379 kPa; y apagar el propelente accionado eléctricamente con la interrupción del suministro eléctrico mientras el propelente accionado eléctricamente es sometido a una presión de más de 1379 kPa.

Los presentes inventores han reconocido, entre otras cosas, que un problema que ha de resolverse puede incluir proporcionar formulaciones de propelentes accionados eléctricamente que sean encendibles y apagables en diversas condiciones, incluyendo bajo presiones elevadas dentro de la cámara de combustión de un motor de cohete que tenga en su interior presiones mayores que 1379 kPa. En un ejemplo, la presente materia objeto puede proporcionar una solución a este problema con un propelente accionado eléctricamente que comprende un oxidante a base de perclorato líquido, aditivos, un aglomerante y un combustible, apagándose el propelente con la interrupción del suministro eléctrico a presiones superiores a 1379 kPa (por ejemplo, dentro de una cámara de combustión que incluye el propelente en su interior). El propelente accionado eléctricamente que es encendido y apagado selectivamente en una amplia gama de condiciones facilita la generación selectiva de empuje para diversas aplicaciones. Por ejemplo, el propelente accionado eléctricamente es usado en un ejemplo para proporcionar combustiones por etapas para la llegada de un vehículo de lanzamiento a un objetivo. En otro ejemplo, el propelente accionado eléctricamente se apaga cuando surge, tras el lanzamiento, un problema catastrófico o que ponga en peligro la misión. En otro ejemplo adicional, el propelente accionado eléctricamente es accionado selectivamente (encendido y después apagado) cuando es preciso para proporcionar control de la posición de vuelo a un vehículo sin consumir la totalidad del propelente de golpe. En otros ejemplos, el propelente accionado eléctricamente es usado para proporcionar una fuente casi instantánea de gas a presión (por ejemplo, para mover una turbina, hacer girar un ventilador, accionar dispositivos mecánicos, para el accionamiento del propulsor de gas frío o caliente, la presurización del gas del depósito o similares) que puede ser activada o desactivada selectivamente según se necesite.

En otro ejemplo, las formulaciones de propelente accionado eléctricamente descritas en la presente memoria están configuradas para encenderse con aplicaciones de suministro eléctrico mucho menores que otros propelentes. Por ejemplo, las formulaciones de propelente accionado eléctricamente incluyen combustibles a base de metales que se mezclan en una proporción con el oxidante a base de perclorato líquido para proporcionar propelentes que tienen una energía específica de aproximadamente 800 julios por gramo o menos a presión ambiental. Para encender el propelente accionado eléctricamente, se necesita un suministro eléctrico, tal como una batería o un generador, que

esté acoplada con el propelente. Las características del suministro eléctrico están dictadas, al menos en parte, por la energía específica del propelente, que es aproximadamente igual a la cantidad de energía eléctrica necesaria para encender el propelente. Algunos propelentes tienen una energía específica de 2700 julios o más por gramo a presiones ambientales y, en consecuencia, requieren una batería mucho mayor (con mayor peso, mayor volumen, mayor superficie ocupada acompañantes y similares) para encender el propelente. Dado que las formulaciones de propelente accionado eléctricamente incluyen una mezcla de un oxidante a base de perclorato líquido en una proporción definida con respecto al combustible a base de metales, la energía específica de las formulaciones es mucho menor, de aproximadamente 800 julios por gramo y, en consecuencia, minimiza los requerimientos para una batería (peso, densidad de potencia y similares). Durante el funcionamiento a presiones mayores, este requerimiento de energía específica se reduce a 200 julios o menos por gramo para una combustión sostenida controlada eléctricamente. De importancia para aplicaciones limitadas en peso y volumen, tales como motores de cohetes, con ello se minimizan el peso y el volumen totales del propelente y el sistema de encendido (por ejemplo, la batería).

Se pretende que esta visión general proporcione una visión de conjunto de la materia objeto de la presente solicitud de patente. No se pretende que proporcione una explicación exclusiva ni exhaustiva de la invención. La descripción detallada está incluida para proporcionar información adicional sobre la presente solicitud de patente.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, que no están necesariamente dibujados a escala, numerales semejantes pueden describir componentes similares en diferentes vistas. Numerales semejantes que tengan diferentes letras de sufijo pueden representar casos diferentes de componentes similares. Los dibujos ilustran en general, a título de ejemplo, pero no a título de limitación, diversas realizaciones expuestas en el presente documento.

- La Figura 1A es una vista en sección transversal de un ejemplo de un conjunto de generación de gas que incluye un propelente accionado eléctricamente.
- La Figura 1B es una vista esquemática dual de otro ejemplo de un conjunto de generación de gas que incluye electrodos coaxiales.
- La Figura 2 es una vista esquemática de otro ejemplo de un conjunto de generación de gas que incluye un propelente accionado eléctricamente.
- La Figura 3A es una vista esquemática de un ejemplo de un sistema de control de desviación y de la posición de vuelo que incluye un propelente accionado eléctricamente en comunicación selectiva con varias toberas.
- La Figura 3B es una vista esquemática de otro ejemplo de un sistema de control de desviación y de la posición de vuelo.
- La Figura 3C es una vista esquemática de un ejemplo de un micropropulsor que incluye un propelente accionado eléctricamente.
- La Figura 4A es una vista esquemática de un ejemplo de un motor de cohete que incluye un sistema de encendido de propelente accionado eléctricamente para un combustible sólido para cohetes.
- La Figura 4B es una vista esquemática de otro ejemplo de un sistema de encendido de propelente accionado eléctricamente.
- La Figura 4C es una vista esquemática de otro ejemplo adicional de un sistema de encendido de propelente accionado eléctricamente.
- La Figura 5A es una vista esquemática de un ejemplo de un compresor de gas que incluye un propelente accionado eléctricamente configurado para comprimir un gas o expulsar un líquido.
- La Figura 5B es una vista esquemática de otro ejemplo de un compresor de gas configurado para presurizar un gas de escape del propelente.
- La Figura 6 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un método de uso de un propelente accionado eléctricamente.

Descripción detallada

Las Figuras 1A y 1B muestran dos ejemplos de sistemas 100, 120 de generación de gas que usan un propelente accionado eléctricamente. Con referencia en primer lugar a la Figura 1A, se muestra el sistema 100 de generación de gas como parte de un conjunto general, tal como un motor 102 de cohete. En un ejemplo, el sistema 100 de generación de gas incluye el motor 102 de cohete. El sistema de generación de gas incluye un propelente, tal como un propelente 108 accionado eléctricamente, configurado para proporcionar empuje a través de una tobera 112 de cohete.

Según se muestra en la Figura 1A, el sistema 100 de generación de gas incluye una cámara 104 de combustión que tiene un propelente 108 accionado eléctricamente situado en la misma. Dos o más electrodos 110 se extienden al interior del propelente 108 accionado eléctricamente dentro de la cámara 104 de combustión. El propelente 108 accionado eléctricamente llena una porción de la cámara 104 de combustión y tiene una forma de grano predeterminada. En otro ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente llena sustancialmente la totalidad de la cámara 104 de combustión. Es decir, el propelente 108 accionado eléctricamente se extiende desde la posición mostrada en la Figura 1A hacia una posición en proximidad estrecha con la tobera 112. En consecuencia, los dos o más electrodos 110 se extienden similarmente a través del propelente 108 accionado eléctricamente hacia la tobera 112.

Según se describirá en la presente memoria, el propelente 108 accionado eléctricamente incluye una formulación que permite el encendido y el apagado del propelente en diversas condiciones según la aplicación (y la interrupción de la aplicación) de electricidad a través de los electrodos 110. Por ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente está configurado para encenderse con la aplicación de una tensión entre los electrodos 110. A la inversa, el propelente 108 accionado eléctricamente se apaga con la interrupción de la tensión a un intervalo de presiones (por ejemplo, de 0 kPa a 1379 kPa). Por ejemplo, cuando la cámara 104 de combustión forma parte del motor 102 de cohete, y el motor está en el proceso de generar empuje, la presión dentro de la cámara 104 de combustión es mayor que 1379 kPa, por ejemplo entre 1379 kPa y 13790 kPa. En esta situación, puede ser deseable interrumpir la combustión del propelente 108 accionado eléctricamente (por ejemplo, debido a fallos del cohete catastróficos o críticos para la misión). En tal circunstancia, se interrumpe la tensión aplicada entre los electrodos 110. Pese a que el entorno presurizado de la cámara 104 de combustión somete el propelente 108 accionado eléctricamente a una presión mayor que 1379 kPa, por ejemplo presiones próximas a 13790 kPa, la interrupción de tensión a los electrodos 110 permite que el propelente 108 accionado eléctricamente se apague. Con el propelente 108 accionado eléctricamente apagado, se detiene la generación de empuje y se conserva el propelente para su uso futuro. Es decir, con el propelente 108 accionado eléctricamente descrito con detalle adicional en la presente memoria, los sistemas 100, 120 de generación de gas están configurados para su encendido y su apagado durante su funcionamiento. De importancia, incluso con presiones ambientales o elevadas dentro de la cámara 104 de combustión, tales como la presión atmosférica, presiones mayores que 1379 kPa, 3448 kPa, 6895 kPa, 10343 kPa y hasta 13790 kPa, el propelente 108 accionado eléctricamente se apaga con la interrupción de la electricidad (por ejemplo, tensión o corriente) aplicada entre los electrodos 110.

Con referencia ahora a la Figura 1B, se proporciona otro ejemplo de un sistema 120 de generación de gas. Según se ha mostrado previamente en la Figura 1A, los electrodos 110 se extienden como una o más conductores, varillas o similares a través del propelente 108 accionado eléctricamente. La Figura 1B muestra otra configuración para los electrodos. Según se muestra, los electrodos incluyen un electrodo cilíndrico 122, que se extiende alrededor del propelente 108 accionado eléctricamente, y un electrodo corradial 124 (por ejemplo, una varilla, un conductor o similar), que se extiende a través del propelente 108 accionado eléctricamente. Según se muestra, por ejemplo en la vista de frente del sistema generador 120 de gas, el electrodo 124 es corradial con el electrodo 122. Es decir, los electrodos 122, 124 comparten un eje longitudinal que se extiende por toda la longitud del propelente 108. En otros ejemplos, los electrodos 122, 124, así como los electrodos 110 mostrados en la Figura 1A, están dispuestos en diversas configuraciones, dependiendo de la orientación del propelente 108 accionado eléctricamente dentro de la cámara de combustión configurada para alojar el propelente 108 accionado eléctricamente.

En un ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente mostrado en las Figuras 1A, B está construido, sin limitación, con tres o más componentes, que incluyen un oxidante a base de perclorato líquido, un aglomerante y un combustible que forman un propelente sólido según se describe en la presente memoria. Según se describirá ulteriormente en la presente memoria, la combinación de estos tres componentes en diversas proporciones de la masa total del propelente 108 accionado eléctricamente regula el funcionamiento del propelente 108 accionado eléctricamente y garantiza que el propelente accionado eléctricamente esté configurado para su encendido y apagado en diversas condiciones. Por ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente descrito en la presente memoria, que incluye un oxidante a base de perclorato líquido, un aglomerante y un combustible, tal como un combustible a base de metales, está configurado para encenderse (en una condición de encendido) con la aplicación de tensión entre los electrodos 110 y, al mismo tiempo, está configurado para apagarse (en una condición de apagado) en un amplio intervalo de presiones dentro de la cámara 104 de combustión (presiones de hasta 13790 kPa). Es decir, la formulación del oxidante a base de perclorato líquido, un aglomerante y el combustible están configurados para facilitar el encendido del propelente 108 accionado eléctricamente con la aplicación de electricidad y, en correspondencia, para apagar el propelente 108 con el corte de la electricidad incluso cuando el propelente 108 accionado eléctricamente esté sometido a presiones mayores que 1379 kPa. Dicho de otra manera, el propelente 108 accionado eléctricamente no es autosostenible ni siquiera a presiones elevadas, tales como presiones de 1379 kPa o más e inferiores a 13790 kPa. En consecuencia, el propelente 108 accionado eléctricamente está configurado para un accionamiento de "activación" y "desactivación" en diversas condiciones y es capaz de apagarse automáticamente con la interrupción de la electricidad.

La Figura 2 muestra un ejemplo de un sistema 200 de control para ser usado con un sistema de generación de gas (incluyendo, sin limitación, los sistemas 100, 120, así como los otros sistemas proporcionados en la presente memoria). En un ejemplo, el sistema 200 de control está incluido como parte del sistema 100 de generación de gas o del sistema 120 de generación de gas. El sistema 200 de control incluye un controlador 202 acoplado con una

fuelle 204 de alimentación. En un ejemplo, la fuente de alimentación incluye, sin limitación, una fuente de alimentación eléctrica, tal como una batería, un generador o similar. Según se muestra además en la Figura 2, el controlador 202 está acoplado con uno de los sistemas de generación de gas. Según se muestra, el sistema 200 de control está acoplado con el sistema 120 de generación de gas, que incluye el propelente 108 accionado eléctricamente. El sistema 200 de control descrito en la presente memoria, así como cualquiera de los sistemas 100, 120 de generación de gas, no está limitado solamente a motores 102 de cohete. En vez de ello, el sistema 200 de control y los sistemas 100 y 120 de generación de gas están configurados para ser usados cuando se necesite una fuente de gas a presión. Según se describirá en la presente memoria, los sistemas 100, 120 de generación de gas son utilizables para proporcionar una fuente de gas a presión para un motor 102 de cohete, sistemas de control de la posición de vuelo, compresores de gas, sistemas de encendido y similares.

Con referencia nuevamente a la Figura 2, se muestra que el controlador 202 incluye en un ejemplo un módulo 206 de generación (por ejemplo, un módulo de vuelo en un ejemplo en el que el sistema 100, 120 es usado en un cohete). El módulo 206 de generación está acoplado con un módulo 208 de control de tensión y un módulo 210 de medición de potencia. En un ejemplo, el módulo 206 de generación es un módulo de vuelo, y el módulo de vuelo está configurado para controlar la cantidad de empuje proporcionado por el sistema 120 de generación de gas como parte del motor 102 de cohete mostrado en la Figura 1A. Por ejemplo, dado que se desea del sistema 120 de generación de gas una salida con encendido, apagado y estrangulamiento del empuje, el módulo 206 de vuelo está configurado para proporcionar este control mediante la gestión de la potencia eléctrica al sistema 120 de generación de gas mediante el control del módulo 208 de control de tensión.

Según se muestra adicionalmente en la Figura 2, el módulo 208 de control de tensión está acoplado siguiendo el circuito eléctrico entre la fuente 204 de alimentación y el sistema 120 de generación de gas. En un ejemplo, el módulo 208 de control de tensión está acoplado con el módulo 210 de medición de potencia. El módulo 210 de medición de potencia está configurado para medir la potencia de la fuente 204 de alimentación y, con ello, facilitar el control y la administración de la cantidad apropiada de electricidad, tal como tensión, corriente o similares, al sistema 120 de generación de gas a través del módulo 208 de control de tensión. En un ejemplo, el módulo 206 de generación determina, por ejemplo, que se desean uno o más del apagado, el encendido o el estrangulamiento de la generación de gas del sistema 100, 120 de generación de gas. El módulo 208 de control de tensión es controlado por el módulo 206 de vuelo para regular en consonancia la aplicación de energía eléctrica, tal como tensión, a los electrodos 122, 124. El módulo 120 de medición de potencia mide la potencia de la fuente 204 de alimentación y, en consecuencia, coopera con el módulo 208 de control de tensión, por ejemplo por medio de un control retroactivo usando la potencia de la fuente 204 de alimentación, para medir y regular la cantidad de electricidad proporcionada al sistema 120 de generación de gas.

Según se ha descrito previamente en la presente memoria, en un ejemplo el controlador 202 incluye una serie de módulos configurados para controlar y hacer funcionar el sistema 120 de generación de gas. En un ejemplo, el controlador 202 incluye un módulo 206 de generación configurado para accionar el sistema 120 (o 100) de generación de gas, por ejemplo mediante el control del módulo 208 de control de tensión. En un ejemplo, el módulo 206 de generación incluye varios módulos, cada uno de los cuales está configurado para controlar una o más funciones del sistema 120 de generación de gas. Por ejemplo, con referencia nuevamente a la Figura 2, el módulo 206 de generación incluye uno o más de un módulo 212 de encendido, un módulo 214 de apagado y un módulo 216 de estrangulamiento. Cada uno de estos módulos controla diversas funciones correspondientes del sistema 120 de generación de gas.

En un ejemplo, el módulo 212 de encendido está configurado para controlar la aplicación de energía eléctrica al sistema 120 de generación de gas en una configuración de encendido, por ejemplo cuando se desea el encendido del propelente 108 accionado eléctricamente mostrado en las Figuras 1A, 1B. En otro ejemplo, el módulo 214 de apagado está configurado, de forma inversa, para interrumpir la aplicación de electricidad al propelente 108 y apagar con ello el propelente accionado eléctricamente cuando se desea tal interrupción de la generación de gas. En un ejemplo, el módulo 214 de apagado coopera con el módulo 208 de control de tensión para proporcionar una función de apagado al propelente 108 accionado eléctricamente cuando se desea el apagado del propelente accionado eléctricamente (incluye a presiones elevadas mayores que 1379 kPa). Dado que el propelente accionado eléctricamente no es autosostenible, ni siquiera a presiones que se aproximan a 13790 kPa, el módulo de apagado está configurado para apagar el propelente en entornos de alta presión.

Opcionalmente, el sistema 200 de control incluye, además, un módulo 216 de estrangulamiento configurado para graduar la aplicación de energía eléctrica al propelente 108 accionado eléctricamente. En un ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente es capaz de estrangular su combustión (aumentar o disminuir la velocidad de combustión) según la aplicación de energía eléctrica al propelente 108 (una tensión inicial comparada con una tensión incrementada y una tensión disminuida para cambios correspondientes en la velocidad de combustión). Por ejemplo, el módulo 216 de estrangulamiento controla el módulo 208 de control de tensión para aplicar energía eléctrica adicional al sistema 120 de generación de gas cuando se desea una mayor generación de gas (empuje en el caso de un motor 102 de cohete). Al contrario, el módulo 216 de estrangulamiento también está configurado para disminuir la aplicación de energía eléctrica al propelente 108 accionado eléctricamente a través del módulo 208 de control de tensión cuando se desea una disminución de la generación de gas, por ejemplo para disminuir el empuje proporcionado por un motor 102 de cohete, incluyendo uno o más de los sistemas 100, 120 de generación de gas.

En otro ejemplo, el sistema 200 de control incluye un módulo 218 de monitorización de la presión en comunicación con un sensor 220 de presión, según se muestra en la Figura 2. En un ejemplo, el sensor 220 de presión está acoplado con la cámara 104 de combustión y es capaz de medir la presión dentro de la cámara 104 de combustión y, con ello, medir en consecuencia la presión incidente en el propelente 108 accionado eléctricamente. En un ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente requiere diferentes salidas de potencia para el encendido, así como para el sostenimiento de la combustión del propelente después del encendido. Por ejemplo, en el encendido, el propelente 108 accionado eléctricamente requiere en un ejemplo aproximadamente 800 julios de electricidad por gramo para que el propelente accionado eléctricamente encienda. En otro ejemplo, el propelente accionado eléctricamente requiere significativamente menos suministro eléctrico para sostener la combustión del propelente 108 (por ejemplo, 150 a 250 julios por gramo, y en otro ejemplo 200 julios o menos por gramo). En consecuencia, en un ejemplo, el sensor 220 de presión está configurado para medir la presión dentro de la cámara 104 de combustión para determinar la velocidad de combustión y el empuje y, en consecuencia, contribuir a determinar cuándo comienza y se interrumpe el encendido dentro del sistema 100, 120 de generación de gas. Tras la determinación del encendido del propelente 108 accionado eléctricamente, el módulo 218 de monitorización de la presión coopera con el módulo 208 de control de tensión para reducir la cantidad de energía eléctrica aplicada al propelente 108 y, con ello, conservar la energía de la fuente 204 de alimentación.

En otro ejemplo adicional, el módulo 218 de monitorización de la presión coopera con el sensor 220 de presión para determinar y medir la presión dentro de la cámara 104 de combustión para monitorizar en consecuencia el empuje proporcionado por el sistema 100, 120 de generación de gas, por ejemplo a través de la tobera 112 mostrada en la Figura 1A. En este ejemplo, el módulo 218 de monitorización de la presión y el sensor 220 de presión son capaces con ello de medir la presión y, en consecuencia, el empuje el motor 102 de cohete y cooperan con el módulo 216 de estrangulamiento para estrangular la combustión del propelente accionado eléctricamente para regular la cantidad de generación de gas y el empuje proporcionados por los sistemas 100, 120 de generación de gas.

Además, el módulo 218 de monitorización de la presión y el sensor 220 de presión pueden actuar en cooperación en otras circunstancias, además de las de un motor 102 de cohete. Por ejemplo, en un sistema de generación de gas, tal como un compresor de gas que use el propelente 108 accionado eléctricamente, el módulo 218 de monitorización de la presión y el sensor 220 de presión cooperan para garantizar que la presión dentro del sistema de generación de gas (aplicado a un gas o a la presión suministrada en la corriente de gas de escape del propelente 108) tenga un valor deseado, por ejemplo 1379 kPa o más.

Según se ha descrito previamente en la presente memoria, los propelentes accionados eléctricamente, tales como el propelente mostrado en las Figuras 1A y 1B, incluyen varios componentes configurados para facilitar el accionamiento eléctrico del propelente mientras, al mismo tiempo, permiten el apagado del propelente en un intervalo de presiones; por ejemplo, presiones entre la ambiental atmosférica hasta mayores de 1379 kPa, y menores o iguales que 13790 kPa. En un ejemplo, una cámara de combustión, tal como la cámara 104 de combustión mostrada en la Figura 1A, alcanza presiones entre 1379 y 13790 kPa (por ejemplo, presiones dentro de un motor de cohete). El propelente 108 accionado eléctricamente configurado según se ha descrito en la presente memoria es capaz de encenderse y apagarse dentro del entorno de alta presión de la cámara 104 de combustión. Por ejemplo, a presiones entre al menos la presión ambiental y 13790 kPa, el propelente 108 accionado eléctricamente es capaz de apagarse con la interrupción de la electricidad aplicada a los electrodos 110. Dicho de otra manera, el propelente 108 accionado eléctricamente no es autosostenible a presiones elevadas (por ejemplo, no sigue ardiendo sin suministro eléctrico) y, por ello, es accionado según la aplicación de energía eléctrica desde los electrodos 110 en todo el funcionamiento del sistema (100, 120) de generación de gas.

Según se describe en la presente memoria, el propelente accionado eléctricamente en un ejemplo es un combustible sólido que tiene varios componentes, incluyendo, sin limitación, un oxidante, un combustible y un aglomerante. En un ejemplo, el oxidante es un oxidante a base de perclorato líquido que comprende aproximadamente del 50 al 90 por ciento de la masa total del propelente 108 accionado eléctricamente. Un oxidante a base de perclorato líquido incluye, sin limitación, oxidantes a base de perclorato, tales como perclorato de aluminio, perclorato de bario, perclorato de calcio, perclorato de litio, perclorato de magnesio, ácido perclórico, perclorato de estroncio, perclorato de sodio y similares, según se muestra en la siguiente tabla. No se pretende que la lista precedente sea limitante, sino que proporciona meramente ejemplos para ser usados con el propelente 108 accionado eléctricamente.

Propelente accionado eléctricamente

Oxidante: Oxidante a base de perclorato líquido (50 al 90 por ciento en masa)
perclorato de aluminio, perclorato de bario, perclorato de calcio, perclorato de litio, perclorato de magnesio, ácido perclórico, perclorato de estroncio, perclorato de sodio
Combustible: Combustible a base de metales (5 el 30 por ciento en masa)
wolframio, magnesio, óxido de cobre, cobre, titanio, aluminio
Aglomerante (resto)
caseína, metilcelulosa, óxido de polietileno, acetato polivinílico, alcohol polivinílico

Además, en otro ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente incluye un combustible. El combustible comprende aproximadamente del 5 al 30 por ciento en masa del propelente 108 accionado eléctricamente. En un ejemplo, el combustible incluye, sin limitación, un combustible a base de metales. Según se ha descrito previamente en la presente memoria, el combustible a base de metales contribuye al encendido y al apagado del propelente 108 accionado eléctricamente. Por ejemplo, la provisión de un combustible a base de metales aumenta la conductancia del propelente 108 accionado eléctricamente y, por ello, facilita la aplicación de electricidad al propelente para el encendido. Por el contrario, el combustible a base de metales retarda la combustión del propelente debido a la baja inflamabilidad del metal. En consecuencia, el combustible a base de metales retarda con ello la combustión del propelente 108 accionado eléctricamente y facilita el apagado del propelente tras la interrupción de la electricidad. Según se muestra en la tabla proporcionada arriba, el combustible a base de metales incluye, sin limitación, wolframio, magnesio, óxido de cobre, cobre, titanio y aluminio. No se pretende que la lista precedente sea limitante, sino que proporciona meramente ejemplos para ser usados con el propelente 108 accionado eléctricamente. Opcionalmente, el propelente 108 accionado eléctricamente es formado sin un combustible (por ejemplo, teniendo un porcentaje de masa de combustible de 0).

En otro ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente según se describe en la presente memoria incluye un tercer componente que incluye, sin limitación, un aglomerante. El aglomerante, en un ejemplo, comprende el resto del porcentaje de la masa del propelente 108 accionado eléctricamente. En un ejemplo, el aglomerante incluye, sin limitación, caseína, metilcelulosa, óxido de polietileno, acetato polivinílico, alcohol polivinílico o similares. El aglomerante en un ejemplo coopera con el oxidante y el combustible para combinar estos componentes en un propelente de combustible sólido moldeable en cualquier configuración, tal como las configuraciones cilíndricas proporcionadas en las Figuras 1A y 1B. Según se describe en la presente memoria, el propelente 108 accionado eléctricamente tiene un módulo de conservación suficientemente alto para permitir el mantenimiento de la forma que el propelente recibe en el momento de la fabricación. Por ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente tiene un módulo de conservación de 2069 kPa o mayor a temperatura ambiente que, en consecuencia, permite el propelente 108 en cualquiera de las dos configuraciones mostradas en las Figuras 1A, 1B u otras configuraciones para mantener su forma en condiciones dinámicas que incluyen, sin limitación, presurización, lanzamiento y vuelo. El propelente 108 con una forma coherente, mantiene, en consecuencia, un perfil de rendimiento previsible, dado que la forma y el área superficial del propelente son relativamente estáticas durante el funcionamiento. El propelente 108 accionado eléctricamente es, por ello, formable (por ejemplo, puede ser vaciado o moldeado) en un número cualquiera de configuraciones de grano y tiene un desempeño fiable con un perfil de rendimiento deseado (un empuje dictado, al menos en parte, por el área superficial del grano), incluso cuando está sometido a condiciones dinámicas.

El propelente 108 accionado eléctricamente con los componentes descritos anteriormente es capaz de encenderse y apagarse con la aplicación y la interrupción de aplicación respectivas de electricidad al propelente en un intervalo de presiones, desde la presión ambiental a presiones elevadas del tipo encontrado en un motor de cohete. El propelente 108 accionado eléctricamente es capaz de apagarse incluso mientras se encuentra a altas presiones, por ejemplo las presiones de una cámara 104 de combustión de un motor 102 de cohete. Estas presiones oscilan entre más de 1379 kPa y 13790 kPa. Con la interrupción de energía eléctrica al propelente 108 accionado eléctricamente, el propelente deja de arder y se apaga dentro de la cámara 104 de combustión. En un ejemplo, el combustible a base de metales y el oxidante a base de perclorato líquido cooperan facilitando el encendido y el apagado del propelente 108 accionado eléctricamente sometido a estas condiciones. Además, el oxidante a base de perclorato líquido coopera con el combustible a base de metales para garantizar que la aplicación variada de energía eléctrica al propelente 108 accionado eléctricamente estrangula en correspondencia la salida de gas del propelente accionado eléctricamente (por ejemplo, con una velocidad de combustión regulable en función de la graduación del potencial o de la corriente eléctricos aplicados al propelente).

Además, el propelente 108 accionado eléctricamente está configurado para minimizar la fuente 204 de alimentación al requerir una menor potencia relativa en comparación con otros propelentes accionados eléctricamente para encender y sostener la combustión del propelente. Por ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente tiene

una energía específica relativamente pequeña de aproximadamente 600 a 1100 julios por gramo (por ejemplo, en un ejemplo, 800 julios por gramo) en comparación con otros propelentes accionados eléctricamente con energías específicas significativamente mayores (por ejemplo, energías específicas de aproximadamente 2400 julios o más por gramo). En un ejemplo, el combustible a base de metales que incluye en el mismo, por ejemplo, wolframio coopera con el oxidante a base de perclorato líquido para garantizar que una aplicación relativamente pequeña de energía eléctrica equivalente a 800 julios por gramo es capaz de iniciar el encendido del propelente 108 accionado eléctricamente. Además, con la provisión de un combustible a base de metales, también se minimiza la energía específica necesaria para mantener la combustión del propelente 108 accionado eléctricamente (por ejemplo 200 julios por gramo son suficientes para mantener la combustión del propelente 108). Debido a los requisitos relativamente bajos de energía específica del propelente 108 accionado eléctricamente en estas dos o más configuraciones (encendido y combustión sostenida), se logra el encendido, así como el estrangulamiento, mediante la aplicación de un suministro eléctrico variado con una fuente de alimentación relativamente pequeña. En consecuencia, un sistema tal como el sistema 100 de generación de gas que incluye el motor 102 de cohete solo requiere una pequeña fuente de alimentación, tal como la fuente 204 de alimentación mostrada en la Figura 2, en contraposición con fuentes de alimentación de baterías mayores proporcionadas en otros casos con otros propelentes accionados eléctricamente que tienen requisitos más altos de energía específica. Por ejemplo, la fuente de alimentación está configurada en un ejemplo para proporcionar una potencia de encendido de 800 julios por gramo y una potencia sostenida de 200 julios por gramo con variaciones según diferentes permutaciones de las formulaciones del propelente proporcionadas en la presente memoria.

El propelente 108 accionado eléctricamente también es capaz de mantener su forma, por ejemplo durante el lanzamiento y el vuelo de los sistemas 100, 120 de generación de gas como parte de un motor 102 de cohete (u otro dispositivo expuesto a condiciones cinemáticas dinámicas). En un ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente tiene un módulo de conservación de 2069 kPa o mayor a temperatura ambiente. Con la incorporación de otros aglomerantes, el propelente 108 accionado eléctricamente puede tener un mayor módulo elástico que permite por ello el mantenimiento de la forma del propelente 108 accionado eléctricamente bajo esfuerzos aún mayores. Al dotar al propelente accionado eléctricamente un mayor módulo de elasticidad con respecto a otros propelentes accionados eléctricamente (por ejemplo, con un módulo elástico de aproximadamente 414 kPa o menos a temperatura ambiente), el propelente 108 es capaz de mantener una forma deseada en todo el transcurso del funcionamiento del sistema 100, 120 de generación de gas. En consecuencia, la velocidad de combustión y otras características de rendimiento para el propelente 108 son mantenidas previsiblemente en todo el funcionamiento de los sistemas 100, 120. Es decir, el propelente no está sometido a un agrietamiento o una deformación significativos en condiciones dinámicas, incluyendo el lanzamiento y el vuelo de un cohete. Con ello, se evitan sustancialmente fenómenos tales como el desplome, el aplanamiento o el agrietamiento del propelente 108 accionado eléctricamente y, en correspondencia con ello, el propelente accionado eléctricamente tiene un perfil previsible mecánico y de rendimiento.

Además, la combinación del oxidante a base de perclorato líquido y del combustible a base de metales en al menos algunos ejemplos proporciona un propelente 108 accionado eléctricamente que está configurado para ser almacenado durante periodos de tiempo significativos mientras, al mismo tiempo, mantiene sus características de rendimiento. Por ejemplo, en un ejemplo, cuando se proporcionan a un usuario final uno o más de los sistemas 100, 120 de generación de gas (por ejemplo, cuando se incorporan en el motor 102 de cohete), los sistemas 100, 120 son almacenados a menudo en espacios cerrados, tales como cajones de embalaje, durante periodos de tiempo prolongados, tales como meses, años o similares. A menudo, estos sistemas 100, 120 son almacenados en áreas que no están bien ventiladas y están sometidas al calor de componentes cercanos, a calentamiento exterior, tales como calentamiento solar y similares. El propelente 108 accionado eléctricamente descrito en la presente memoria es capaz de mantener sus características de rendimiento, por ejemplo su valor de impulso total, el tiempo de ascensión de encendido, la presión pico, la densidad del propelente en peso y similares en todo en el periodo de almacenamiento incluso mientras el propelente 108 accionado eléctricamente es sometido a temperaturas que se aproximan a 60 grados Celsius.

Por ejemplo, en un ejemplo, el propelente 108 accionado eléctricamente tiene un valor de impulso inicial de 3.558,58 newtons segundo en un tiempo de ascensión inicial y tiene un valor de impulso maduro, nuevamente, de aproximadamente 3.558,58 newtons segundo en un segundo momento después del almacenamiento de los sistemas 100, 120 de generación de gas durante al menos 30 días a una temperatura de aproximadamente 60 grados Celsius. Según se describe en la presente memoria, el valor de impulso maduro permanece sustancialmente igual en comparación con el valor de impulso inicial (por ejemplo, of 3.558,58 newtons segundo en un ejemplo) incluso con el almacenamiento en estas condiciones. En otros ejemplos, el propelente 108 accionado eléctricamente es almacenado en estas condiciones periodos de tiempo mucho más prolongados; por ejemplo un año, dos años, cinco años, diez años o más, mientras al mismo tiempo se mantienen sustancialmente las propiedades mecánicas y el valor de impulso total (y otras características del rendimiento) desde la configuración inicial hasta la configuración madura en estos tiempos posteriores.

Las Figuras 3A, 3B y 3C muestran tres ejemplos de conjuntos que usan el propelente 108 accionado eléctricamente descrito previamente y mostrado en las Figuras 1A y 1B. En el primer ejemplo mostrado en la Figura 3A, se proporciona un sistema 300 de control de desviación y de la posición de vuelo que incluye varios propulsores 308 acoplados por medio de un colector con el sistema 303 de generación de gas. Según se muestra en la figura, el

sistema 303 de generación de gas está situado dentro del alojamiento de otro dispositivo (por ejemplo, un cuerpo de cohete, un cuerpo de satélite, un sumergible o similar) e incluye una cámara 302 de combustión con el propelente 108 accionado eléctricamente contenido en la misma. Varios electrodos 110 se extienden a través del propelente 108. Estos componentes forman un sistema 303 de generación de gas que es similar en al menos algunos sentidos a los sistemas 100, 120 de generación de gas descritos previamente.

Según se muestra en la Figura 3A, el sistema 303 de generación de gas está acoplado con un colector 306 de sistema por medio de un acoplamiento 304 de colector. En un ejemplo, el colector 306 de sistema es un aro anular que se extiende alrededor de un alojamiento, tal como el alojamiento para un cohete. El colector 306 de sistema está acoplado con cada uno de los varios propulsores 308. Según se muestra en la Figura 3A, hay interpuestas varias válvulas (u otros reguladores) 310 entre cada uno de los propulsores 308 y el colector 306.

Cuando se requiere empuje direccional, se acciona el sistema 300 de control de desviación y de la posición de vuelo para proporcionar tal empuje. Por ejemplo, cuando se necesita gas a presión para uno o más de los propulsores 308, se acciona el sistema 303 de generación de gas que incluye el propelente 108 accionado eléctricamente. Se aplica energía eléctrica a través de los electrodos 110 para iniciar el encendido del propelente 108 accionado eléctricamente. En correspondencia, esto crea una corriente de gas a presión que es dirigida a través del acoplamiento 304 de colector al colector 306 de sistema. En un ejemplo, un controlador, por ejemplo un controlador, tal como el sistema 200 de control descrito en la presente memoria, acciona una o más de las válvulas 310 para dirigir en consecuencia el gas generado por el sistema 303 de generación de gas a través de los propulsores designados 308 para proporcionar con ello los ajustes deseados de la posición de vuelo y vectorial al dispositivo general, tal como un cohete. Cuando ya no se desea el control de la posición de vuelo del cohete, el sistema 303 de generación de gas (por ejemplo, el sistema 200 de control) apaga el propelente 108 accionado eléctricamente mediante la interrupción de la electricidad aplicada a los electrodos 110. Según se describe en la presente memoria, el propelente 108 accionado eléctricamente que tiene la composición proporcionada se apaga con el corte de la electricidad incluso mientras se mantienen presiones elevadas dentro de uno o más de la cámara 302 de combustión, el acoplamiento 304 de colector o el colector 306 de sistema. En consecuencia, el propelente 108 accionado eléctricamente puede ser almacenado y mantenido indefinidamente hasta que vuelva a necesitarse para un control adicional de la posición de vuelo de un cohete, un satélite, un sumergible o similar.

En consecuencia, el sistema 300 de control de desviación y de la posición de vuelo permite el ajuste selectivo de la posición de vuelo, vectorial y similares de conjuntos mientras, al mismo tiempo, se conserva el propelente 108 del sistema 300 de control de desviación y de la posición de vuelo durante un periodo de tiempo prolongado. Además, en al menos algunos ejemplos, el propelente 108 accionado eléctricamente incluido dentro de la cámara 302 de combustión, así como el acoplamiento 304 de colector del colector 306 de sistema proporciona una superficie ocupada significativamente menor al dispositivo general con respecto a un depósito que contiene un volumen presurizado de gas. Por ejemplo, en una aplicación en la que se desea un sistema previo de control de desviación y de la posición de vuelo, en al menos un ejemplo, se proporciona un depósito presurizado de gas que tiene una superficie ocupada significativa del dispositivo general y que, en consecuencia, acapara un espacio y un peso sustanciales del dispositivo que aloja el sistema. A diferencia del gran volumen del gas a presión almacenada en sistemas previos de control de desviación y de la posición de vuelo, el propelente 108 accionado eléctricamente descrito en la presente memoria está en forma sólida y, por ello, tiene una superficie ocupada relativamente mucho menor y es capaz de acaparar, en correspondencia, un menor espacio dentro del dispositivo general.

La Figura 3B muestra otro ejemplo de un sistema 320 de control de desviación y de la posición de vuelo. El sistema 320 mostrado en la Figura 3B es similar, en al menos algunos sentidos, al sistema 300 de control mostrado previamente en la Figura 3A. Por ejemplo, el sistema 320 de control de desviación y de la posición de vuelo incluye una cámara 322 de combustión que incluye en su interior el propelente 108 accionado eléctricamente, así como uno o más electrodos. En el ejemplo mostrado en la Figura 3B, los electrodos 122, 124 tienen una configuración similar a la de los mostrados en la Figura 1B. Los electrodos 122, 124, así como el propelente 108 accionado eléctricamente, forman el sistema 323 de generación de gas. Según se muestra, el sistema 323 de generación de gas está en comunicación con un mástil 324 de propulsor que se extiende desde el resto de la cámara 322 de combustión. Según se muestra además en la Figura 3B, el mástil 324 de propulsor incluye varios propulsores 326 dispuestos en torno al mástil y en al menos un extremo. Los propulsores 326 están separados del mástil 324 de propulsor con válvulas (o reguladores) interpuestas 328.

De una manera similar al sistema 300 de control de desviación y de la posición de vuelo, las válvulas 328 del sistema 320 de control de desviación y de la posición de vuelo dirigen selectivamente el gas generado desde el sistema 323 de generación de gas a través de uno o más de los propulsores 326 para proporcionar en correspondencia un control de la posición de vuelo (y ajustes vectoriales) a un dispositivo general que incluye el sistema 320 de control de desviación y de la posición de vuelo (por ejemplo, el cohete, el satélite, el sumergible marino o similar). En el ejemplo mostrado en la Figura 3B, el gas generado desde el sistema 323 es dirigido a través del mástil 324 de propulsor a la manera de un colector a cada una de las válvulas 328. El controlador tal como el sistema 200 de control mostrado previamente en la Figura 2 es accionado en un ejemplo para abrir selectivamente una o más de las válvulas 328 para permitir la salida del gas generado desde el sistema 323 a través de uno o más de los propulsores 326. En consecuencia, el sistema 320 de control de desviación y de la posición de vuelo es, por

ello, capaz de proporcionar control de la posición de vuelo y vectorial al dispositivo general que incluye el sistema 320.

La Figura 3C muestra otro ejemplo de un sistema configurado para usar el propelente 108 accionado eléctricamente. En este ejemplo, el propelente accionado eléctricamente está incorporado dentro de un micropropulsor 340. Según se muestra, el micropropulsor 340 incluye una cámara 342 de combustión que incluye el propelente 108 accionado eléctricamente, así como los electrodos 122, 124. Como en los otros ejemplos descritos en la presente memoria, el propelente 108 accionado eléctricamente y los electrodos 122, 124 forman un sistema 343 de generación de gas. Según se muestra en la Figura 3C, el sistema 343 de generación de gas está en comunicación directa con la tobera 344 de propulsor del micropropulsor 340 (en una opción sin una válvula o regulador intermedia). En un ejemplo, se proporcionan varios micropropulsores 340 alrededor de un dispositivo tal como un alojamiento de satélite, cuerpo de cohete, sumergible o similar. Los micropropulsores 340 son controlados, en un ejemplo, con un sistema similar, en al menos algunos sentidos, al sistema 200 de control. El sistema 200 de control está configurado para iniciar selectivamente el encendido (y apagar) del propelente 108 accionado eléctricamente en uno o más de los micropropulsores 340. En consecuencia, los micropropulsores 340, cuando son proporcionados en una pluralidad alrededor de un dispositivo mayor, son por ello capaces de ajustar selectivamente la posición de vuelo y vectorial del dispositivo según el accionamiento de uno o más de los micropropulsores 340. Además, con la aplicación graduada de electricidad a través de los electrodos 122, 124, cada uno de los micropropulsores 340 es capaz, en un ejemplo, de proporcionar una cantidad variable de empuje a través de las respectivas toberas 344 de propulsor.

Las Figuras 4A, 4B y 4C muestran ejemplos de conjuntos de encendido que incluyen un propelente 108 accionado eléctricamente, según se ha descrito previamente en la presente memoria. Con referencia en primer lugar a la Figura 4A, se proporciona un primer sistema 410 de encendido de generación de gas. Según se muestra, el sistema 410 de encendido de generación de gas está incorporado dentro de un motor 400 de cohete. El motor 400 de cohete incluye un alojamiento 402 de motor que tiene proporcionado en su interior un propelente 408 de cohete. En un ejemplo, el propelente 408 de cohete es un propelente sólido para cohetes que tiene una cavidad 406 de combustión, según se muestra en la Figura 4A. El alojamiento 402 de motor incluye una tobera 404 de cohete dimensionada y conformada para dirigir el gas de escape del propelente 408 de cohete para proporcionar con ello empuje.

Según se muestra en la Figura 4A, el sistema 410 de encendido del gas generado está acoplado a lo largo de la cavidad 406 de combustión del motor 400 de cohete. Por ejemplo, el sistema 410 de encendido de generación de gas incluye un anillo inflamador 414 que incluye el propelente 108 accionado eléctricamente, así como varios electrodos 110 situados en el mismo. En un ejemplo, el anillo inflamador 414 incluye una superficie interna 412 del anillo inflamador y una superficie externa 416 del anillo inflamador dimensionadas y conformadas para su acoplamiento a lo largo del propelente 408 de cohete, según se muestra en la Figura 5A. En otro ejemplo, el sistema 410 de encendido de generación de gas está separado del propelente 408 de cohete y está acoplado, en vez de ello, con un componente sólido del alojamiento 402 de motor distinto del propelente 408 de cohete.

En funcionamiento, se aplica electricidad entre los electrodos 110 para encender el propelente 108 accionado eléctricamente. Según se ha descrito previamente en la presente memoria, el encendido del propelente 108 accionado eléctricamente produce en correspondencia un gas de escape de temperatura elevada. El gas de escape de temperatura elevada es dirigido a lo largo del propelente 408 de cohete y, en correspondencia, enciende el propelente 408 de cohete para hacer funcionar con ello el motor 400 de cohete.

La Figura 4B muestra otro ejemplo de un sistema 420 de encendido de generación de gas. En este ejemplo, el sistema 420 de encendido incluye un cesto 422 de inflamador que incluye en su interior el propelente 108 accionado eléctricamente, así como los electrodos 110. Según se muestra, el cesto 422 de inflamador incluye varios orificios 424 de cesto que permiten dirigir las corrientes del gas de combustión del propelente accionado eléctricamente, por ejemplo, a un sistema mayor que incluya otro propelente, tal como un propelente de cohete.

En un ejemplo, el sistema 420 de encendido de generación de gas es utilizado en un sistema que tiene varios granos de propelente de cohete o granos de propelente que son accionados individualmente según el encendido proporcionado por el sistema 420 de encendido de generación de gas. Por ejemplo, en un ejemplo, el sistema 420 de encendido de generación de gas está incorporado en un motor de cohete que tiene dos o más granos individuales de propelente de cohete. El sistema 420 de encendido de generación de gas es encendido, por ejemplo, mediante el accionamiento del propelente 108 accionado eléctricamente y, por ello, enciende en correspondencia un primer grano de propelente del motor de cohete. El sistema 420 de encendido de generación de gas es desactivado posteriormente, por ejemplo mediante la interrupción de la electricidad aplicada a través de los electrodos 110 para apagar el propelente 108 accionado eléctricamente. Tras el consumo del primer grano de propelente del cohete y tras la instrucción de encendido del segundo grano de propelente del cohete, el sistema 420 de encendido de generación de gas vuelve a ser accionado con la aplicación renovada de electricidad a través de los electrodos 110 para encender en correspondencia el propelente 108 accionado eléctricamente y encender con ello el segundo grano de propelente del cohete.

La Figura 4C muestra otro ejemplo más de un sistema 440 de encendido de generación de gas; por ejemplo, una porción de un tren de encendido compuesto que utiliza dos o más sistemas de encendido que cooperan para

encender en correspondencia un grano mayor de propelente. En el ejemplo mostrado en la Figura 4C, el cesto 442 de inflamador incluye en su interior el propelente 108 accionado eléctricamente, así como los electrodos 110. Además, el cesto 442 de inflamador incluye un grano inflamador 446 que incluye, sin limitación, gránulos de boro y nitrato potásico situados dentro del cesto 442 del inflamador.

- 5 En un ejemplo, el sistema 440 de encendido de generación de gas es accionado aplicando en primer lugar un suministro eléctrico entre los electrodos 110. El suministro eléctrico enciende el propelente 108 accionado eléctricamente proporcionado en la presente memoria. Los gases de escape de alta temperatura proporcionados por el propelente 108 accionado eléctricamente inciden en el grano inflamador 446 y, en correspondencia, encienden el grano inflamador. Posteriormente, el grano inflamador 446 produce una corriente de gases de escape calientes que
10 son suministrados a través de los orificios 444 del inflamador a otro propelente, tal como un propelente de cohete. El sistema de encendido de generación de gas proporciona con ello un tren de encendido configurado para encender uno o más propelentes adicionales en comunicación con el sistema 440 de encendido de generación de gas.

- 15 Las Figuras 5A y 5B muestran dos ejemplos de compresores que usan un propelente 108 accionado eléctricamente, tal como el propelente descrito previamente en la presente memoria. Con referencia en primer lugar a la Figura 5A, se muestra un ejemplo de un compresor 500 que incluye un pistón compresor 515 que divide el alojamiento 503 del compresor en una cámara separada 502 de combustión y una cámara 504 de fluido. Según se muestra en la figura, un se proporciona un fluido, tal como un gas, un líquido o similar 506 dentro de la cámara 504 de fluido. La cámara 502 de combustión está en comunicación con el propelente 108 accionado eléctricamente y el propelente 108 accionado eléctricamente está acoplado con los electrodos 110.

- 20 En funcionamiento, el propelente 108 accionado eléctricamente es encendido, por ejemplo, mediante la aplicación de electricidad entre los electrodos 110. El propelente accionado eléctricamente produce un gas a presión dentro de la cámara 502 de combustión. El gas a presión fuerza al pistón compresor 510 hacia la derecha y al interior de la cámara 504 de fluido, comprimiendo con ello el fluido 506 (si es un gas o está presurizando un líquido). Según se muestra, el fluido comprimido 506 es suministrado a través de la salida 508 de fluido; por ejemplo, para su uso en
25 una o más aplicaciones que requieran fluidos comprimidos, tales como aire comprimido, aceites a presión o similares.

- Según se ha descrito previamente en la presente memoria, el propelente 108 accionado eléctricamente está configurado para el encendido y el apagado selectivos según la aplicación o la interrupción de electricidad a través de los electrodos 110. Además, cuando es encendido, el propelente 108 accionado eléctricamente crea gases de escape y, dentro de la cámara 502 de combustión, los gases de escape elevan la presión en su interior y, en correspondencia, mueven el pistón compresor 510 y comprimen el fluido 506. En consecuencia, el propelente 108 accionado eléctricamente también está bajo presión mientras genera el gas dentro de la cámara 502 de combustión. Según se ha descrito previamente en la presente memoria, el propelente 108 accionado eléctricamente está configurado para apagarse incluso a presiones mayores; por ejemplo, presiones de 1379 kPa o mayores llegando
30 hasta 13790 kPa. En consecuencia, con la interrupción de la aplicación de electricidad a los electrodos 110, el compresor 500 es apagado y, en consecuencia, el resto del propelente 108 accionado eléctricamente es conservado hasta que se desee la compresión de un fluido dentro de la cámara 504 de fluido.

- Además, y según se describe en la presente memoria, el propelente 108 accionado eléctricamente también es accionado en forma de estrangulamiento; por ejemplo, se aplica un suministro eléctrico variable entre los electrodos
40 de manera graduada para encender y quemar en correspondencia el propelente 108 accionado eléctricamente a diversas velocidades de combustión. La aplicación variada de electricidad al propelente 108 regula la velocidad de combustión y produce un gas a presión que tiene una presión variada para presurizar en correspondencia el fluido 506 en grados variables, según precise la aplicación para el compresor 500.

- La Figura 5B muestra otro ejemplo de un compresor 520. En este ejemplo, el compresor 520 no incluye el pistón compresor 510 ni las cámaras divididas del compresor 500 descritas anteriormente en la presente memoria. Por ejemplo, el compresor 520 incluye una cámara 522 de almacenamiento de combustión que tiene en su interior el propelente 108 accionado eléctricamente y los electrodos 110. Según se muestra en la Figura 5B, el compresor 520 está incluido dentro de un alojamiento 526 de compresor y se extiende una salida 528 de fluido desde el alojamiento 526 de compresor. La salida 528 de fluido está en comunicación directa con la cámara 522 de almacenamiento de
50 combustión y es abierta, cerrada y estrangulada selectivamente; por ejemplo, con una válvula o regulador 530.

- Cuando se desea el funcionamiento del compresor 520, se aplica un suministro eléctrico a los electrodos 110 para encender en correspondencia el propelente 108. El propelente en combustión genera un gas a presión que es recibido dentro de la cámara 522 de almacenamiento de combustión y acumula presión. La válvula o regulador 530 es accionada selectivamente para abrir la salida 528 de fluido y permitir el suministro del gas comprimido de escape
55 del propelente 108 accionado eléctricamente para una o más aplicaciones. En el ejemplo mostrado en la Figura 5B, el gas de escape del propelente 108 accionado eléctricamente es usado, por ello, como gas comprimido para el compresor 520, en contraposición con el fluido separado 506 dentro de la cámara 504 de fluido del compresor 500. Como en el compresor 500, el propelente 108 accionado eléctricamente es accionado selectivamente para encender, apagar y estrangular el encendido, la combustión y el apagado respectivos del propelente 108 para producir con ello, en correspondencia, gas a presión según la potencia aplicada al propelente 108 por los electrodos
60

110. Es decir, cualquiera de los dos compresores 500, 520 descritos en la presente memoria es capaz de proporcionar una fuente de gas a presión a una o más presiones (presiones graduadas según la aplicación de electricidad) para ser usado mediante su suministro a través de las respectivas salidas 508, 528 de fluido.

La Figura 6 muestra un ejemplo de un método 600 para usar un propelente accionado eléctricamente, tal como el propelente 108 previamente descrito en la presente memoria. Al describir el método 600, se hace referencia a uno o más componentes, características, funciones y similares descritos en la presente memoria. Cuando es conveniente, se hace referencia a los componentes y las características con números de referencia. Los números de referencia proporcionados son ejemplares y no son exclusivos. Por ejemplo, las características, los componentes, las funciones y similares descritos en el método 600 incluyen, sin limitación, los correspondientes elementos numerados, otras características correspondientes descritas en la presente memoria (tanto numeradas como no numeradas), así como sus equivalentes.

En 602, el método 600 incluye encender un propelente 108 accionado eléctricamente aplicando un suministro eléctrico al propelente accionado eléctricamente. El propelente 108 accionado eléctricamente en un ejemplo está dentro de una cámara 104 de combustión mostrada previamente en la Figura 1A. Opcionalmente, se extienden varios electrodos (110, 122, 124) a través de, al menos, una porción del propelente 108 accionado eléctricamente para proporcionar el suministro eléctrico al propelente.

En 604, el método 600 incluye generar gas a presión dentro de la cámara 104 de combustión a partir del propelente encendido 108 accionado eléctricamente. En un ejemplo, la presión en la cámara de combustión es mayor que la presión ambiental. Por ejemplo, la presión en la cámara de combustión alcanza más de 1379 kPa en el interior de la misma. Según se describe en la presente memoria, en un ejemplo, el gas a presión es suministrado a través de una tobera, tal como la tobera 112 de cohete mostrada en la Figura 1A, para proporcionar empuje en correspondencia para un motor 102 de cohete. En otro ejemplo, el gas a presión generado por el propelente 108 accionado eléctricamente es usado en un sistema de control de desviación y de la posición de vuelo, tal como cualquiera de los sistemas 300, 320, 340 de control mostrados en las Figuras 3A-C. En otro ejemplo adicional, el gas de escape proporcionado por el propelente 108 accionado eléctricamente es un gas de alta temperatura usado para encender uno o más propelentes, tales como un propelente 408 de cohete mostrado en la Figura 4A o un grano inflamador 446 en un tren de encendido de un sistema de encendido de generación de gas, por ejemplo, para su uso con otro conjunto, tal como un motor de cohete. En otro ejemplo adicional, el gas a presión generado por el propelente 108 accionado eléctricamente es usado para comprimir fluidos tales como el aire, un líquido o similares en compresores tales como el compresor 500. En otro ejemplo adicional, un compresor 520 usa el gas a presión generado por el propelente 108 accionado eléctricamente como una corriente de gas a presión para su uso en diversas aplicaciones.

En 606, el propelente 108 accionado eléctricamente se apaga con la interrupción del suministro eléctrico. En un ejemplo, el apagado del propelente 108 accionado eléctricamente se logra a diversas presiones, incluyendo presiones en un intervalo desde la presión ambiental hasta aproximadamente 13790 kPa. En otro ejemplo, el apagado del propelente accionado eléctricamente incluye el apagado del propelente 108 a presiones mayores que 1379 kPa. Es decir, el propelente 108 accionado eléctricamente, incluso a altas presiones tales como presiones mayores que 1379 kPa y menores o iguales que 13790 kPa, no es autosostenible. Dicho de otra forma, con la interrupción de la aplicación de electricidad a los electrodos 110 (122, 124), el propelente 108 accionado eléctricamente se apaga automáticamente y, por ello, detiene (apaga) la generación de gases de escape de alta presión. En consecuencia, cuando se incorpora un sistema de generación de gas tal como uno cualquiera de los sistemas 100, 120 de generación de gas en un entorno en el que se elevará la presión alrededor del propelente 108 accionado eléctricamente, el propelente accionado eléctricamente mantiene una propiedad de autoapagado en todo el intervalo de presiones, garantizando con ello que el propelente 108 accionado eléctricamente puede apagarse en el transcurso del funcionamiento de un sistema de generación de gas (incluyendo un cohete, un sistema de control de la posición de vuelo, un compresor o similar que incorporen el propelente 108).

Siguen varias opciones para el método 600. En un ejemplo, el encendido y el apagado del propelente 108 accionado eléctricamente se repiten en una o más etapas durante el lanzamiento o el vuelo del vehículo de lanzamiento. Por ejemplo, según se afirma en la presente memoria, en un ejemplo, un motor de cohete tal como el motor 102 de cohete incluye en su interior el propelente 108 accionado eléctricamente. Con el encendido y el apagado reiterados del propelente 108, se proporcionan al motor 102 de cohete etapas correspondientes de empuje. Es decir, con un único grano del propelente 108 accionado eléctricamente, un motor 102 de cohete es capaz de aplicar el empuje en etapas mediante la aplicación y la interrupción de electricidad al propelente 108. En otro ejemplo, cuando se usa el propelente 108 accionado eléctricamente en un sistema de encendido, el encendido y el apagado del propelente 108 se usan para encender en correspondencia varios granos de propelente de cohete dentro del motor de cohete.

En otro ejemplo, el método 600 incluye, además, el cambio del suministro eléctrico aplicado al propelente 108 accionado eléctricamente (por ejemplo, a través de los electrodos 110) para cambiar la velocidad de combustión del propelente 108 y cambiar en correspondencia la velocidad de generación del gas a presión de una primera velocidad a una segunda velocidad diferente. En un ejemplo, el suministro eléctrico aplicado al propelente 108 accionado eléctricamente es, en un ejemplo, un primer suministro, tal como una primera tensión. El propelente 108 accionado eléctricamente tiene una primera velocidad de combustión correspondiente a la primera tensión. Cuando se desea un aumento en el empuje, correspondiente a un aumento en la velocidad de combustión del propelente 108, la

tensión es elevada a un segundo suministro; por ejemplo, una tensión mayor que la primera tensión. Al contrario, cuando se desea un menor empuje, la correspondiente velocidad de generación de gas es correspondientemente menor. En esta circunstancia, la tensión del segundo suministro aplicada al propelente 108 a través de los electrodos 110 es correspondientemente menor para aminorar la generación de gas del propelente 108 accionado eléctricamente.

En otro ejemplo, el método 600 incluye, además, almacenar el propelente 108 accionado eléctricamente durante al menos 30 días a una temperatura de aproximadamente 60 grados Celsius. El propelente 108 accionado eléctricamente tiene un valor de impulso total inicial en un momento inicial, por ejemplo al comienzo del lapso de 30 días, y tiene un valor de impulso total maduro después del lapso de 30 días de almacenamiento en condiciones de almacenamiento a temperatura elevada (o valores inicial y maduro correspondientes de una o más características de rendimiento). Los valores de impulso total inicial y maduro del propelente 108 accionado eléctricamente son sustancialmente iguales tanto al comienzo como al final del lapso de 30 días. Es decir, las características de rendimiento del propelente accionado eléctricamente se mantienen incluso después de que el propelente 108 sea almacenado, por ejemplo, durante 30 días o más a temperaturas de 60 grados Celsius. En un ejemplo, el valor de impulso del propelente es aproximadamente 3.558,58 newtons segundo como valor de impulso inicial y también como valor de impulso maduro.

Además, el método 600 incluye en otro ejemplo controlar la forma del propelente 108 accionado eléctricamente según el módulo elástico del propelente. En un ejemplo, el módulo elástico del propelente es al menos 2069 kPa o más a temperatura ambiente durante uno o más del lanzamiento o el vuelo de un vehículo de lanzamiento; por ejemplo, el motor 102 de cohete que incluye en su interior el propelente 108 accionado eléctricamente. Es decir, el propelente 108 accionado eléctricamente con un módulo elástico de 2069 kPa o más es capaz de mantener sustancialmente su forma mientras está sometido a condiciones cinemáticas dinámicas o relacionadas con la edad. En consecuencia, las características de rendimiento de un grano de propelente que incluye en el mismo el propelente 108 accionado eléctricamente son sustancialmente las mismas después del lanzamiento, el vuelo u otras condiciones dinámicas, y el propelente 108 accionado eléctricamente se comporta de manera previsible en función forma mantenida y de otras características del propelente.

La anterior descripción detallada incluye referencias a los dibujos adjuntos, que forman parte de la descripción detallada. Los dibujos muestran, a título de ilustración, realizaciones específicas en las que la invención puede ser puesta en práctica. Estas realizaciones también son denominadas "ejemplos" en la presente memoria. Tales ejemplos pueden incluir elementos además de los mostrados o descritos. Sin embargo, los presentes inventores también contemplan ejemplos en los que solo se proporcionen los elementos mostrados o descritos. Además, los presentes inventores también contemplan ejemplos que usan cualquier combinación o permutación de los elementos mostrados o descritos (o uno o más aspectos de los mismos), ya sea con respecto a un ejemplo particular (o uno o más aspectos del mismo) o con respecto a otros ejemplos (o uno o más aspectos de los mismos) mostrados o descritos en la presente memoria.

En el caso de usos incoherentes entre este documento y cualquier documento así incorporado por referencia, el uso en el presente documento lleva el control.

En este documento se usan los términos "un" o "una", como es común en los documentos de patentes, para incluir uno o más de uno, con independencia de cualquier otro caso o uso de "al menos uno" o "uno o más". En este documento el término "o" se usa para referirse a un o no excluyente, tal que "A o B" incluye "A, pero no B", "B, pero no A" y "A y B", a no ser que se indique algo distinto. En este documento, las expresiones "que incluye" y "en el que" son usados como sus equivalentes en español llano de las expresiones respectivas "que comprende" y "en el cual". Además, en las reivindicaciones siguientes, los términos "que incluye" y "que comprende" tienen el final abierto; es decir, se sigue considerando que un sistema, dispositivo, artículo, composición, formulación o procedimiento que incluye elementos además de los enumerados después de tal término en una reivindicación se encuentra dentro del alcance de esa reivindicación. Además, en las reivindicaciones siguientes, los términos "primero", "segundo y "tercero", etc., son usados meramente como etiquetas, y no se pretende que impongan requisitos numéricos en sus objetos.

Los ejemplos de métodos descritos en la presente memoria pueden ser implementados mediante máquina u ordenador, al menos en parte. Algunos ejemplos pueden incluir un medio legible por ordenador o medio legible por máquina codificado con instrucciones operables para configurar un dispositivo electrónico para llevar a cabo métodos descritos en los anteriores ejemplos. Una implementación de tales métodos puede incluir código, tal como microcódigo, código en lenguaje ensamblador, un código en lenguaje de mayor nivel o similares. Tal código puede incluir instrucciones legibles por ordenador para llevar a cabo diversos métodos. El código puede formar porciones de productos de programa informático. Además, en un ejemplo, el código puede ser almacenado de forma tangible en uno o más soportes tangibles legibles por ordenador volátiles, no transitorios o no volátiles, tales como durante su ejecución o en otros momentos. Ejemplos de estos soportes tangibles legibles por ordenador pueden incluir, sin limitación, discos duros, discos magnéticos extraíbles, discos ópticos extraíbles (por ejemplo, discos compactos y discos de video digital), cassetes magnéticas, tarjetas o lápices de memoria, memorias de acceso aleatorio (RAM), memorias de solo lectura (ROM) y similares.

Se pretende que la anterior descripción sea ilustrativa y no restrictiva. Por ejemplo, los ejemplos anteriormente descritos (o uno o más aspectos de los mismos) pueden ser usados en combinación mutua. Pueden usarse otras realizaciones, tal como por parte de una persona con un dominio normal de la técnica tras repasar la anterior descripción. Se proporciona el Resumen para acatar la norma 37 C.F.R. § 1.72(b), para permitir que el lector determine rápidamente la naturaleza de la divulgación técnica. Es presentada con el entendimiento de que no será usada para interpretar o limitar el alcance o el significado de las reivindicaciones. Además, en la anterior Descripción Detallada, diversas características pueden estar agrupadas entre sí para racionalizar la divulgación. No debería interpretarse que con esto se pretenda que una característica divulgada no reivindicada sea esencial para ninguna reivindicación. Más bien, la materia objeto inventiva puede encontrarse en menos que la totalidad de las características de una realización divulgada particular. Así, las reivindicaciones siguientes son incorporadas por la presente memoria en la Descripción Detallada como ejemplos o realizaciones, valiéndose cada reivindicación por sí misma como una realización separada.

El alcance de la invención debería determinarse con referencia a las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) de generación de gas con un propelente (108) accionado eléctricamente que comprende:
una cámara (104) de combustión;
al menos dos electrodos (110) configurados para su acoplamiento con una fuente (204) de alimentación eléctrica;
un propelente (108) accionado eléctricamente dentro de la cámara (104) de combustión, estando configurado el propelente (108) accionado eléctricamente para apagarse a presiones superiores a 1379 kPa, estando acoplados los al menos dos electrodos (110) con el propelente (108) accionado eléctricamente; y
en el que el propelente (108) accionado eléctricamente está configurado para encenderse en una condición de encendido y para apagarse en una condición de apagado,
en el que la condición de encendido es que se aplique un suministro eléctrico entre los electrodos para encender el propelente accionado eléctricamente, y
en el que la condición de apagado es que se interrumpa el suministro eléctrico, y la presión dentro de la cámara (104) de combustión es superior a 1379 kPa.
2. El sistema de generación de gas de la reivindicación 1 en el que el propelente (108) accionado eléctricamente está configurado para apagarse a presiones entre 1379 kPa y 13790 kPa, y la condición de apagado es que la presión dentro de la cámara (104) de combustión está entre 1379 kPa y 13790 kPa.
3. El sistema de generación de gas de la reivindicación 1 en el que el propelente accionado eléctricamente incluye:
un oxidante a base de perclorato líquido,
un aglomerante, y
un combustible.
4. El sistema de generación de gas de la reivindicación 3 en el que el combustible es un combustible a base de metales, y el combustible a base de metales en cooperación con el oxidante a base de perclorato líquido aporta al propelente (108) accionado eléctricamente una energía específica de 600 a 1100 julios por gramo a presión ambiental.
5. El sistema de generación de gas de la reivindicación 3 en el que el combustible incluye un combustible a base de metales en una proporción del 5 al 30 por ciento en masa del propelente (108) accionado eléctricamente.
6. El sistema de generación de gas de la reivindicación 5 en el que el combustible a base de metales incluye wolframio en una proporción de aproximadamente el 10 al 25 por ciento en masa del propelente (108) accionado eléctricamente.
7. El sistema de generación de gas de la reivindicación 1 en el que el propelente (108) accionado eléctricamente tiene un módulo elástico de 2069 kPa o más a temperatura ambiente.
8. El sistema de generación de gas de la reivindicación 1 que comprende un controlador (202) acoplado con una fuente (204) de alimentación eléctrica acoplada con los al menos dos electrodos (110), estando configurado el controlador (202) para controlar el encendido, el apagado y el estrangulamiento del propelente (108) accionado eléctricamente, e incluyendo el controlador (202):
un módulo (212) de encendido configurado para controlar la aplicación del suministro eléctrico a los electrodos (110) en la condición de encendido,
un módulo (214) de apagado configurado para interrumpir la aplicación del suministro eléctrico a los electrodos (110) en la condición de apagado, y
un módulo (216) de estrangulamiento configurado para ajustar la aplicación del suministro eléctrico para cambiar la velocidad de combustión del propelente (108) accionado eléctricamente; y
preferentemente, en el que el controlador (202) incluye un módulo (218) de monitorización de la presión, y uno o más de los módulos (212, 214, 216) de encendido, apagado y estrangulamiento se comunican con el módulo (218) de monitorización de la presión para controlar uno o más del encendido, el apagado y el estrangulamiento del propelente (108) accionado eléctricamente según una presión monitorizada.

9. Un sistema de generación de gas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el propelente (108) accionado eléctricamente:

un oxidante a base de perclorato líquido de aproximadamente el 50 al 90 por ciento de la masa del propelente accionado eléctricamente;

5 un aglomerante de aproximadamente el 10 al 30 por ciento de la masa del propelente accionado eléctricamente;

un combustible a base de metales de aproximadamente el 5 al 30 por ciento de la masa del propelente accionado eléctricamente; y

10 en el que el propelente (108) accionado eléctricamente está configurado para encenderse y apagarse según la aplicación y la interrupción respectivas de un suministro eléctrico al propelente (108) accionado eléctricamente.

10. El sistema de generación de gas de la reivindicación 9 en el que el oxidante a base de perclorato líquido es una solución acuosa que tiene una concentración de oxidante de al menos el 70 al 90 por ciento.

15 **11.** El sistema de generación de gas de la reivindicación 9 en el que el combustible a base de metales en cooperación con el oxidante a base de perclorato líquido aporta al propelente (108) accionado eléctricamente una energía específica de aproximadamente 600 a 1100 julios por gramo a presión ambiental.

20 **12.** El sistema de generación de gas de la reivindicación 9 en el que el propelente (108) accionado eléctricamente tiene un valor de impulso total inicial en un momento inicial, y un valor de impulso maduro en un segundo momento después de un almacenamiento durante al menos 30 días a una temperatura de aproximadamente 60 grados Celsius, y el valor de impulso total maduro es sustancialmente igual que el valor de impulso inicial.

13. El sistema de generación de gas de la reivindicación 9 en el que el propelente (108) accionado eléctricamente está configurado para apagarse mientras está sometido a presiones superiores 1379 kPa hasta aproximadamente 13790 kPa, con la interrupción de un suministro eléctrico.

25 **14.** Un método de uso de un propelente (108) accionado eléctricamente ubicado dentro de una cámara (104) de combustión que comprende:

encender un propelente accionado eléctricamente aplicando un suministro eléctrico al propelente (108) accionado eléctricamente;

30 generar gas a presión dentro de la cámara (104) de combustión a partir de la combustión del propelente encendido (108) accionado eléctricamente, alcanzando la presión en la cámara (104) de combustión más de 1379 kPa; y

apagar el propelente (108) accionado eléctricamente con la interrupción del suministro eléctrico mientras el propelente (108) accionado eléctricamente es sometido a una presión de más de 1379 kPa.

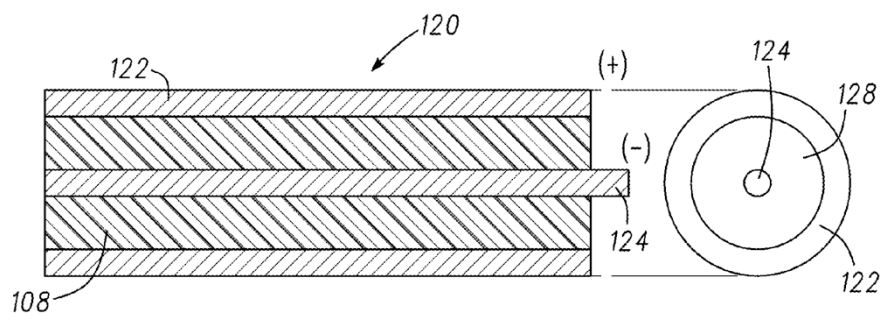
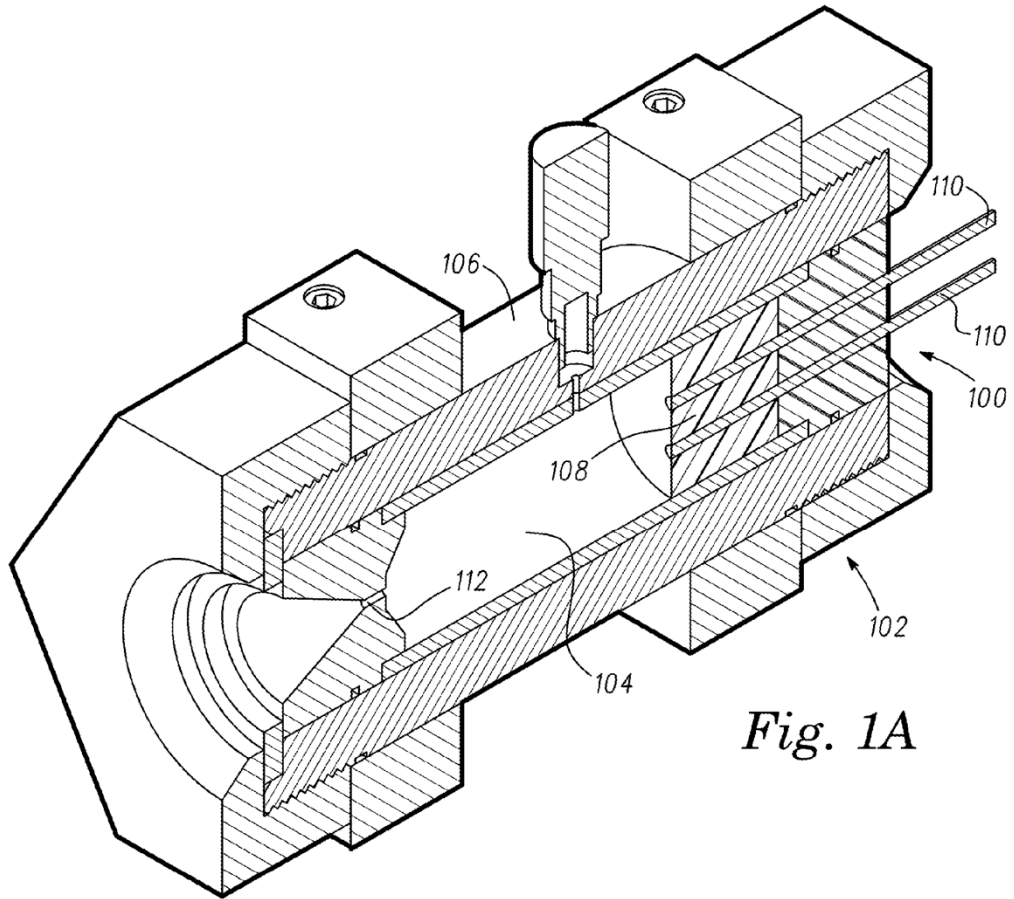
35 **15.** El método de la reivindicación 14 que comprende dirigir el gas a presión a través de al menos una tobera (112) que se extiende desde la cámara (104) de combustión.

16. El método de la reivindicación 14 en el que el encendido y el apagado del propelente (108) accionado eléctricamente son repetidos en una o más etapas durante el lanzamiento o el vuelo de un vehículo de lanzamiento.

40 **17.** El método de la reivindicación 14 que comprende un cambio del suministro eléctrico aplicado al propelente (108) accionado eléctricamente para cambiar la velocidad de combustión del propelente (108) accionado eléctricamente y, en correspondencia, para cambiar la velocidad de generación del gas a presión de una primera velocidad a una segunda velocidad diferente de la primera velocidad; o

45 que comprende almacenar el propelente (108) accionado eléctricamente durante al menos 30 días a una temperatura de aproximadamente 60 grados Celsius, teniendo el propelente (108) accionado eléctricamente un valor de impulso total inicial antes del almacenamiento y un valor de impulso total maduro después del almacenamiento, siendo sustancialmente iguales los valores de impulso total inicial y maduro.

18. El método de la reivindicación 14 que comprende el control de la forma del propelente (108) accionado eléctricamente según un módulo elástico del propelente de al menos 2069 kPa a temperatura ambiente durante uno o más del lanzamiento y el vuelo de un vehículo de lanzamiento que incluye en el mismo el propelente (108) accionado eléctricamente.



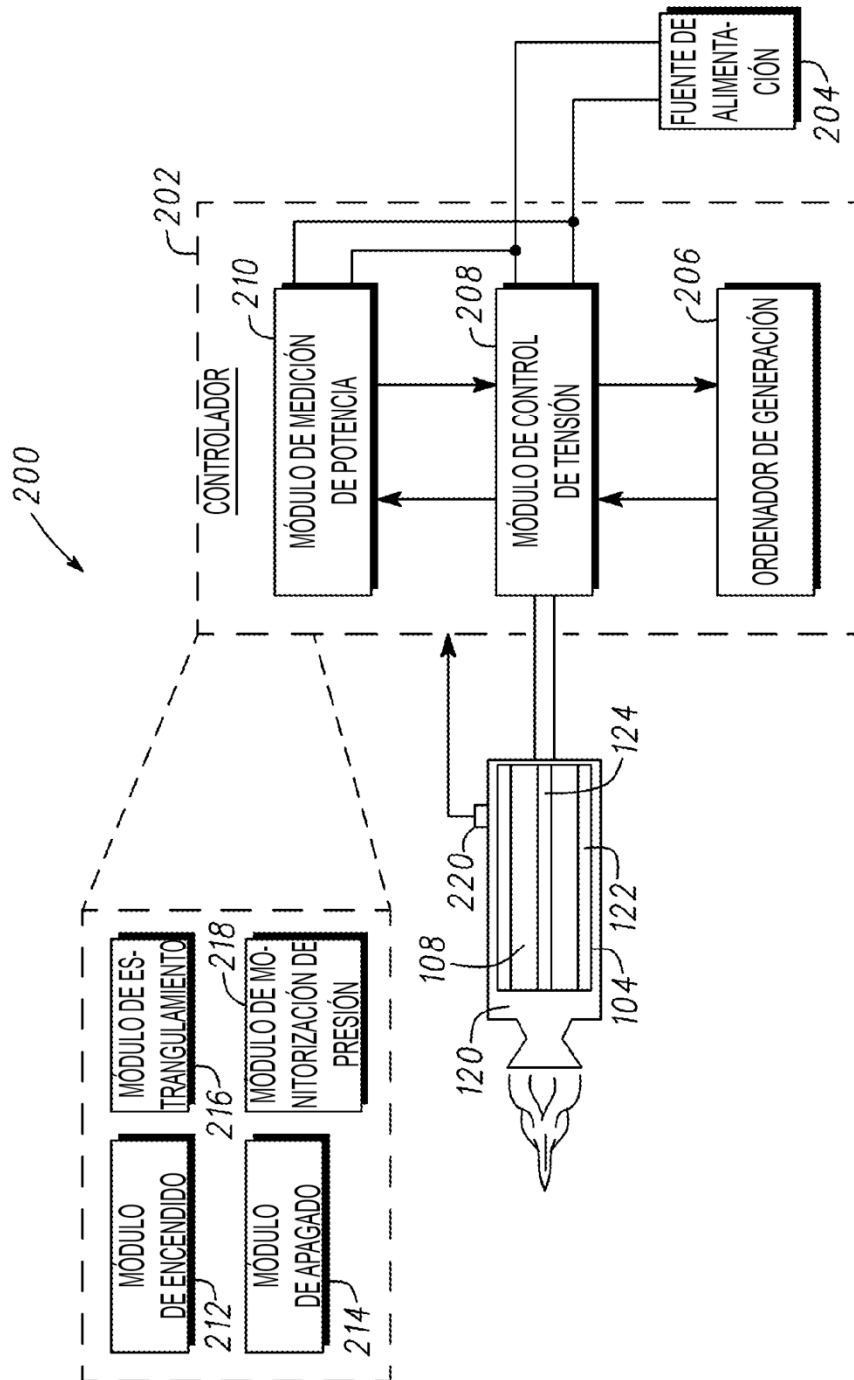


Fig. 2

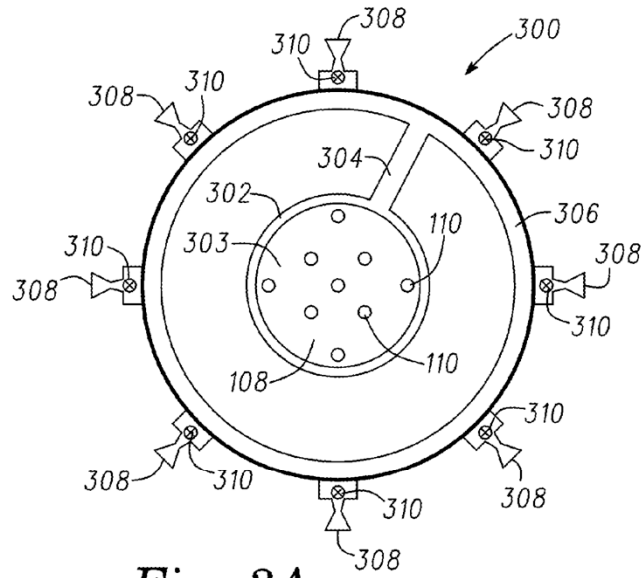


Fig. 3A

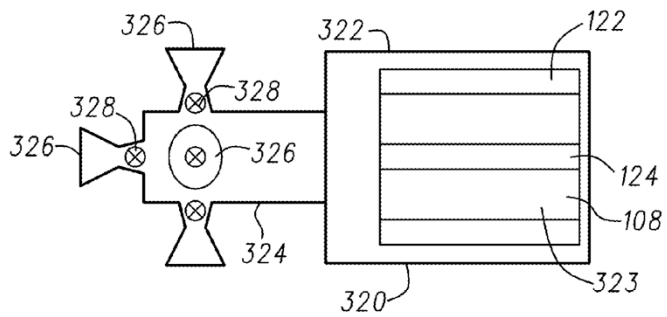


Fig. 3B

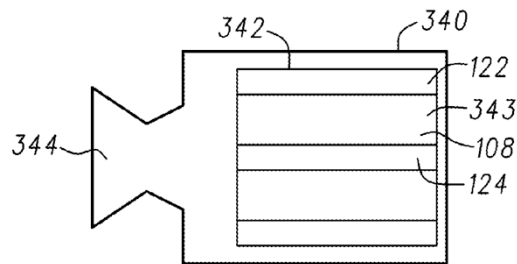


Fig. 3C

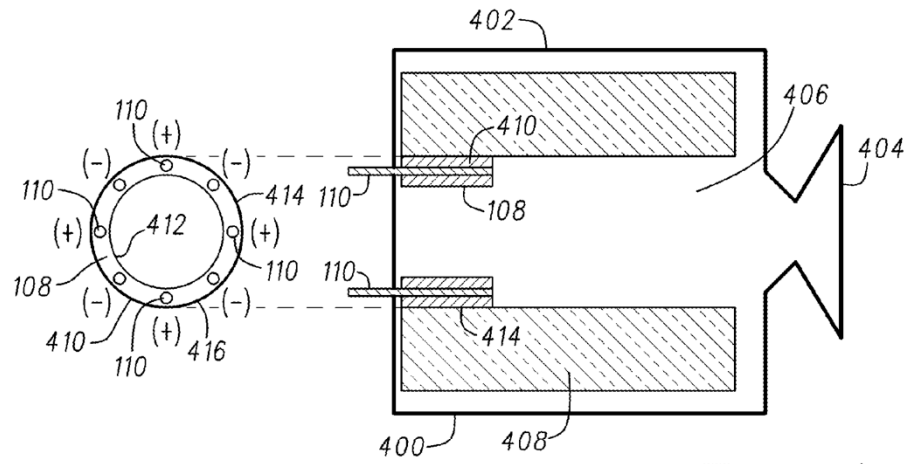


Fig. 4A

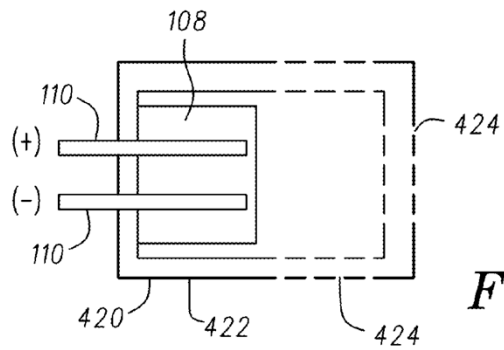


Fig. 4B

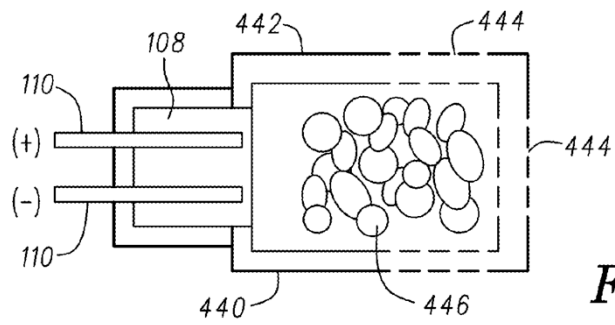


Fig. 4C

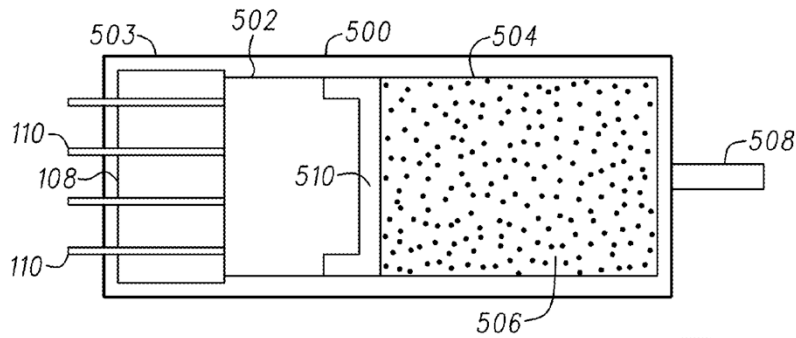


Fig. 5A

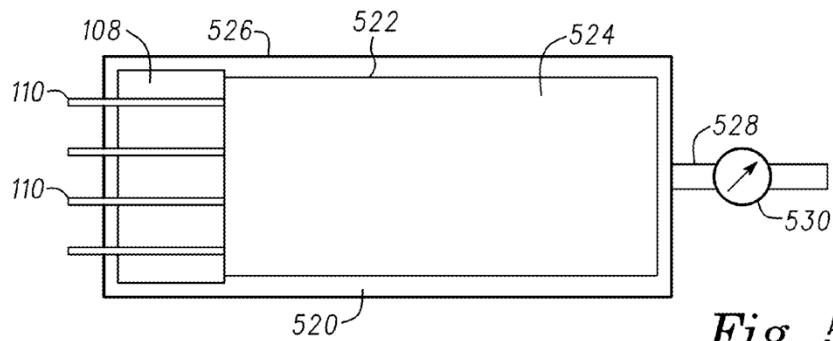


Fig. 5B

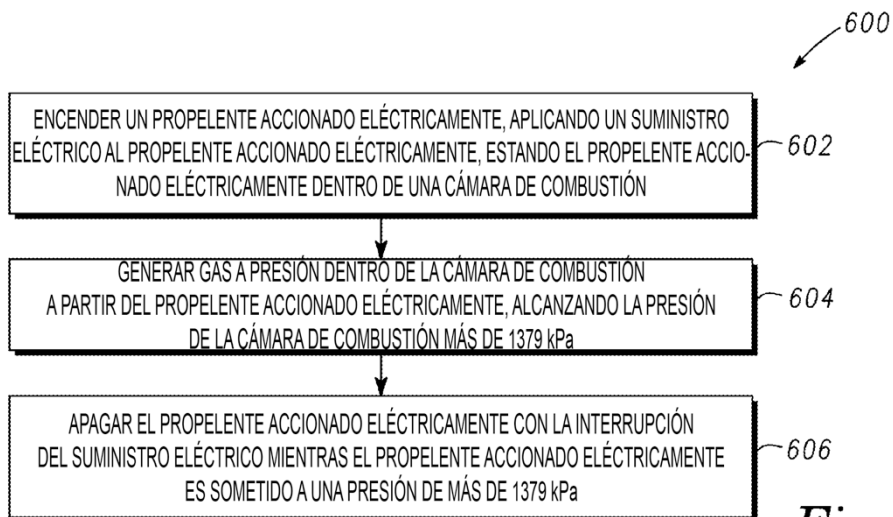


Fig. 6