

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 255**

21 Número de solicitud: 201531029

51 Int. Cl.:

**B64G 1/40** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**14.07.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**17.01.2017**

71 Solicitantes:

**SÁNCHEZ TORRES, Antonio (100.0%)  
C/ Urumea 2  
28670 Villaviciosa de Odón (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**SÁNCHEZ TORRES, Antonio**

54 Título: **Sistema de propulsión espacial por modificación eléctrica pulsante**

57 Resumen:

El sistema de propulsión espacial por modificación eléctrica pulsante comprende un medio de eyección (2) de un flujo de iones de baja velocidad dirigido hacia una estructura polarizada pulsante; red de cables positivamente polarizados (1) con disposición simétrica, un sistema de potencia (8) que genere la potencia eléctrica que requiere tanto el propulsor eléctrico de bajo impulso específico (2) como el cátodo (3), y que mantenga la estructura eléctrica pulsante; red de cables positivamente polarizados (1). El flujo de iones es repelido hacia el interior por el potencial eléctrico pulsante generado por la estructura pulsante; red de cables positivamente polarizados (1), produciendo un intercambio de momento. Como el empuje generado por el intercambio de momento de los iones es mayor que el empuje producido por el propulsor eléctrico (2) de bajo impulso específico se consigue que todo el sistema acelere en la misma dirección en la que se eyecta el flujo de iones. Los electrones que aparecen junto con el flujo de iones son recolectados por la estructura pulsante de los conductores (1), y finalmente serán eyectados al exterior por el cátodo (3). Este sistema de propulsión es adecuado para realizar misiones interplanetarias a altas velocidades, y permite aumentar la aceleración del sistema y reducir el tiempo de vuelo para llegar a otros planetas con cargas de pago de masas mayores que las que admite la tecnología actual. Además, se reduce la potencia eléctrica necesaria al ser de característica pulsante.

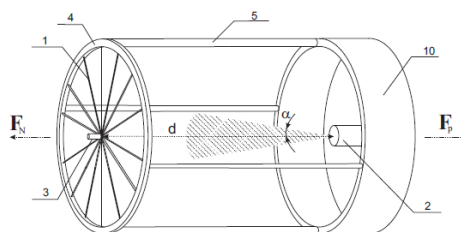


FIG. 1

ES 2 597 255 A1

**DESCRIPCIÓN****Sistema de propulsión espacial por modificación eléctrica pulsante****5 Campo técnico de la invención**

La presente invención se enmarca dentro del campo aeroespacial. En particular, pertenece a los sistemas de propulsión que, embarcados en vehículos espaciales, facultan a dicho vehículo la capacidad de alcanzar otros planetas en un determinado tiempo y, además, permiten modificar trayectorias orbitales. En concreto, aquellos que emplean la propulsión a través de un flujo  
10 dirigido de iones como medio para alcanzar otros planetas y modificar trayectorias orbitales.

**Estado de la técnica**

En la práctica totalidad de las misiones espaciales a planetas exteriores, las agencias espaciales han optado por considerar asistencias gravitatorias que impulsan el vehículo espacial hasta el  
15 planeta elegido con la ayuda pasiva de la rotación de un planeta secundario. En la mayoría de los casos, supone para el vehículo complejas maniobras y tiempos de vuelo bastante largos, como ocurre con la misión Juno de la NASA lanzada en agosto de 2011 que pretende alcanzar Júpiter en Julio de 2016 por medio de una asistencia gravitatoria terrestre ya realizada en octubre de 2013.

20

Para reducir el tiempo de vuelo se han planteado sistemas alternativos de propulsión pasivos: amarras electrodinámicas, veleros solares y veleros electro-solares. Una amarra electrodinámica sin recubrimiento aislante es un cable conductor polarizado a un alto potencial que recolecta partículas del plasma ambiente a lo largo de su longitud y las eyecta en un extremo por medio de  
25 un cátodo, generando una corriente  $y$ , a su vez, una fuerza de Lorentz que permite la realización de diferentes maniobras orbitales. Los veleros solares, en cambio, funcionan por medio de la presión de radiación solar que ejerce el viento solar sobre unas ligeras velas de poliamida. Por otro lado, los veleros electro-solares son redes de amarras electrostáticas, polarizadas positivamente con ayuda de una fuente de alimentación. La red de amarras generan una  
30 superficie virtual de potencial positivo que repele las trayectorias seguidas por los iones que provienen del viento solar, generando un empuje dependiente de la presión dinámica de dicho viento y el tamaño de la vaina electrostática generada por cada uno de los cables conductores. En cuanto a los sistemas de propulsión activos, cabe mencionar aquellos que generan empuje a través de la expulsión de gases como un cohete químico o, de aquellos que eyectan un flujo de

iones como los propulsores eléctricos. También se ha estudiado la posibilidad de incluir reactores nucleares de fisión junto con propulsores eléctricos para producir empuje, como la finalmente cancelada misión JIMO de la NASA que pretendía realizar un viaje de exploración por las lunas Galileanas de Júpiter.

5

En la actualidad, los veleros electro-solares (patente US7641151B2) se han planteado como prometedores sistemas de propulsión para alcanzar planetas exteriores. Sin embargo, plantean grandes inconvenientes como el del gran tamaño que deben poseer los cables (más de 10 kilómetros). La gran variabilidad de las condiciones del viento solar a lo largo de la trayectoria seguida por dicho velero, hasta alcanzar el planeta elegido, conduce a que la fuerza aplicada en él no sea constante. Como se puede observar en la siguiente referencia: Antonio Sanchez-Torres, Propulsive force in an electric solar sail, Contributions to Plasma Physics, vol. 54, 3, pp. 314-319, 2014, la fuerza que pueden conseguir los veleros electro-solares a 1 Unidad Astronómica (distancia que hay desde el Sol a la Tierra) es del orden de 1 N si se utilizan 100 cables a alta polarización positiva, -con un potencial por encima de 30 kV-, con una longitud de cada uno de ellos de 20 kilómetros. En la solicitud de Patente Nacional P201431740 se desvela un concepto con el que se mejoraría el velero electro-solar de la patente US7641151B2, dotando al velero una serie de pulsos que aumentarían la fuerza propulsiva y reduciría tanto el potencial necesario como la longitud de los cables. El objeto de la presente adición es añadir este concepto pulsante a la patente P201431234.

15  
20

Para la familia de propulsores eléctricos (efecto Hall, iónico como el modelo NSTAR desarrollado por la NASA, etc.) el empuje puede variar entre un modelo y otro, pero no suelen ser capaces de desarrollar empujes por encima de 100 mN durante un tiempo largo de funcionamiento. En este punto, es importante considerar tanto el tipo de ión que es utilizado como la velocidad a la que se eyecta el flujo de iones desde el propulsor, la cual se mide generalmente en función del impulso específico. Para los propulsores de efecto Hall se suele considerar xenón con un impulso específico de unos 3000 s, -lo que equivale a una velocidad de eyección de unos 30 km/s-. Algunos de los problemas que plantea el uso de propulsores eléctricos para realizar misiones a planetas exteriores son el gasto másico de los iones eyectados y la elevada potencia que necesitan para generar un empuje alto, y, que para tiempos de misión relativamente largos son inasumibles.

25  
30

35

**Breve descripción de la invención**

La solicitud de adición a la invención considera varios modos de realización con estructuras de potencial pulsante que repelerán los iones: una red de cables en disposición como la referida en la patente P201431234 y una pared de potencial eléctrico pulsante.

5

La solicitud de adición a la invención considera la utilización de una estructura (red de cables o pared) polarizada positivamente con potencial pulsante y un tipo de propulsor eléctrico de muy bajo impulso específico; con muy baja velocidad en la eyección de iones. Se puede considerar incluso el uso de descargas eléctricas en el plasma producido por un cátodo sin necesidad de las  
 10 rejillas de aceleración que tradicionalmente aparecen en los propulsores de tipo iónicos (tres o más rejillas).

En la presente adición de patente se considerarán dos ejemplos: propulsor eléctrico de muy bajo impulso específico (baja velocidad de eyección de iones) y una descarga eléctrica en el plasma.  
 15 A la estructura eléctrica pulsante (red de cables o pared) se aplicarán pulsos de potencial pico a pico, siendo el potencial inferior del pulso,  $\phi_{pb}$ , aproximadamente igual (aunque ligeramente superior) al que proviene del flujo de iones producido por el propulsor eléctrico o la descarga eléctrica del plasma;  $\phi_{pb} \approx E_i/e = 0.5 m_i v_i^2/e$ , donde  $E_i$  es la energía del flujo de iones,  $e$  es la carga del electrón y  $m_i$  es la masa del ión que se considere en el propulsor eléctrico o la descarga  
 20 eléctrica. Se requiere que la energía  $E_i$  de la energía del flujo de iones sea lo más bajo posible; por ello se utilizarán propulsores que generen iones a muy baja velocidad, y se considerarán los iones más ligeros posibles. Los pulsos se generarán por medio de una fuente de alimentación variable. La aplicación de pulsos en esta solicitud de adición a la invención aumentará la fuerza propulsiva y reducirá notablemente la potencia requerida para que pueda entrar en el mercado de  
 25 la industria espacial.

Se incorpora, también, en la presente adición de patente, -de forma secundaria-, el uso de pequeños granos cargados en el plasma. Aunque, en principio, es necesaria una baja masa de los iones, la utilización de pequeños granos cargados que sean repelidos por la estructura pulsante  
 30 podría ser beneficioso para obtener mayor fuerza propulsiva. Además, estos pequeños granos cargados, al ser repelidos hacia el interior, no dañarían la estructura eléctrica pulsante. En el caso de utilizar estos pequeños granos habría que reforzar las estructuras laterales de la invención.

El objeto de la presente adición a la patente se refiere a un sistema de propulsión de pulsos eléctricos que incluye varios modos de realización. Los elementos comunes de la invención según los diferentes modos de realización estarían caracterizados por:

- una fuente de alimentación de potencial variable por pulsos.
- 5 - un propulsor eléctrico que eyecta un flujo de iones hacia una estructura eléctrica pulsante; cables conductores o pared;
- varios elementos de sujeción entre la estructura eléctrica pulsante (cables conductores o pared) y el propulsor eléctrico;
- un cátodo para mantener la estructura eléctrica pulsante (cables conductores o pared) positivamente, expulsando los electrones recolectados por la estructura polarizada;
- 10 - un elemento anular no conductor que sujeta a la estructura eléctrica pulsante (cables conductores o pared);
- un elemento cilíndrico con forma de tapa donde se apoya el propulsor eléctrico.
- una estructura no conductora que se acopla al elemento anular no conductor para evitar que los electrones eyectados por el cátodo vuelvan a ser recogidos por la estructura eléctrica pulsante
- 15 (cables conductores o pared).

En lo que se refiere a los elementos particulares según modo de realización 1:

- una red de cables conductores polarizados positivamente con característica eléctrica de voltaje
- 20 pulsante.

En lo que se refiere a los elementos particulares según modo de realización 2:

- una pared conductora, polarizada positivamente con característica eléctrica de voltaje pulsante.

Se propone transmitir un empuje por medio de un intercambio de momento del flujo de los iones que, eyectados por el propulsor eléctrico de bajo impulso específico, son repelidos por la

25 superficie virtual de potencial variable por pulsos generado en la estructura eléctrica pulsante (cables o pared). El procedimiento que se considera en este invento es utilizar un pulso de potencial que se suministra a los cables conductores, donde el potencial inferior es  $\phi_{pb} \approx E_i/e$  y el potencial superior es  $\phi_{pa} \approx \phi_{pb} + \Delta\phi$ , donde  $\Delta\phi$  es la diferencia de potencial pico a pico que puede

30 ser del orden de 1 kV. Los iones que llegan del propulsor eléctrico son frenados por el potencial inferior del pulso,  $\phi_{pb}$ , hasta alcanzar una posición de máximo acercamiento,  $r_o$ , donde comienzan

a ser repelidos. Una vez que el ión alcanza esa posición,  $r_0$ , el potencial superior del pulso,  $\phi_{pa}$ , produce una repulsión sobre el ión; acelerándose en dirección contraria a la inicial hasta que recorra toda la distancia de la nueva vaina generada por ese potencial alto del pulso  $\phi_{pa}$ , - de tamaño algo mayor que la producida por el potencial inferior  $\phi_{pb}$ .

- 5 La fuerza repulsiva de Coulomb que repele a los iones hacia el interior también transfiere una fuerza sobre la estructura eléctrica pulsante (cables conductores o pared), y por ello, produce una fuerza propulsiva en el sentido contrario con el que se mueven los iones repelidos por la estructura pulsante (cables conductores o pared), que se puede estimar como

$$F = n_i m_i v_f^2 \times \pi L^2 \quad (A)$$

- 10 donde  $L$  es el radio de la estructura polarizada (longitud de los cables conductores o el radio de la pared). Esta peculiaridad del sistema pulsante referido en la presente adición de patente hace que el ión expulsado por el potencial adquiera una velocidad mucho más alta,  $v_f$ , cuando sale de la vaina producida por el potencial superior del pulso,  $\phi_{pa}$ , que cuando entra en ella (con velocidad  $v_i$ ), mientras que en el caso de la de patente P201431234 (sistema de propulsión espacial por  
15 modificación electrostática), con potencial electrostático, la velocidad,  $v_i$ , a la que llegan los iones en la vaina electrostática es la misma que la de salida. Sobre la estructura polarizada pulsante, se produce, por repulsión de Coulomb, la misma aceleración a la que se ve sometido el ión pero en sentido contrario.

- 20 En el caso de utilizar los cables conductores, la disposición de los cables debe ser simétrica, para evitar que durante el pulso los iones tengan aceleraciones en otra dirección (perpendicular a la dirección inicial). La disposición simétrica hace que cada pareja de cables conductores se encuentren enfrentados con el nexo común del cátodo central.

- 25 Para la presente adición se busca que el ángulo de divergencia,  $\alpha$ , sea el mayor posible y menor velocidad de eyección de los iones producido por el propulsor eléctrico. Considerando un ángulo de divergencia de  $40^\circ$ , y una distancia,  $d$ , entre el propulsor y la red de cables de un metro, la longitud de los cables que debería utilizarse sería de unos 84 cm. Asumiendo una densidad de iones,  $n_i$ , de  $2 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ , para iones de argón de masa  $m_i = 6.68 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ , se puede estimar una  
30 velocidad final,  $v_f$ , de 98.75 km/s para el potencial superior del pulso de  $\phi_{pa} \approx 2 \text{ kV}$ . El empuje generado será de 28.9 N. Suponiendo el mismo ángulo de divergencia de  $40^\circ$  y una distancia de 20 cm entre el propulsor y la red de cables, la longitud de los cables que debería utilizarse sería de unos 17 cm. Asumiendo una densidad de iones,  $n_i$ , de  $2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ , para iones de argón, se puede estimar que éstos adquieren una velocidad final,  $v_f$ , de 98.95 km/s para un potencial  $\phi_{pa} \approx 2$

kV. El empuje generado sería de cerca de 12 N. Como se puede ver, este sistema eléctrico pulsante supone una mejora en la patente original, produciéndose una mayor fuerza propulsiva utilizando un menor potencial, y por ello, menor potencia eléctrica es requerida. Es importante resaltar que se debe utilizar iones que tengan la menor masa posible para reducir el potencial inferior que se exigirá al pulso. Por ello será preferible utilizar iones ligeros como el argón en vez de iones más pesados como el xenón.

Para la presente invención, el material de los cables conductores debe ser un buen conductor eléctrico, soportar altas tensiones y disponer de una baja densidad. Se puede considerar aluminio, o también incluir algún tipo de fibra de carbono, aleaciones de acero o kevlar.

Una vez definidos los límites tecnológicos del sistema de empuje se puede pasar a la descripción detallada de la invención según los modos de realización.

### 15 **Descripción de las figuras**

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña la presente memoria descriptiva de las figuras 1 a 3, como parte integrante de la misma.

20 La invención se describirá en lo que sigue con más detalle haciendo referencia a varios modos de realización de la misma representado en dichas figuras.

**La figura 1** representa el modo de realización 1, produciéndose el empuje del sistema por medio del intercambio de momento entre la estructura eléctrica pulsante; red de cables conductores (1) y el flujo de iones dirigido mediante el propulsor eléctrico (2) de bajo impulso específico. La red de cables conductores (1) se encuentra a una distancia  $d$  del propulsor eléctrico (2) que eyecta iones con un ángulo de divergencia  $\alpha$ . El diseño de la red de cables conductores (1) tiene una disposición simétrica con un cátodo central (3) que eyecta electrones hacia el exterior para mantener cada uno de los cables conductores positivamente polarizados. Los cables conductores se encuentran sujetos por un extremo con un elemento anular (4) y en el otro extremo se encuentra el cátodo (3). El propulsor eléctrico (2) se apoya en una estructura cilíndrica (10) cerrada por un extremo. El sistema formado por la red de cables conductores (1) y el propulsor eléctrico (2) se encuentra unido por sujeciones laterales (5); en la figura se representan cuatro

elementos de sujeción entre el elemento anular (4) y la estructura cilíndrica (10). Se puede considerar también un mayor número de elementos de sujeción lateral (5).

5 **La figura 2** representa el modo de realización 2, con una pared eléctrica pulsante (2) y el flujo de iones dirigido mediante el propulsor eléctrico de muy bajo impulso específico (2). La pared (11) se encuentra a una distancia  $d$  del propulsor eléctrico (2) que eyecta iones con un ángulo de divergencia  $\alpha$ . La pared tiene un cátodo central (3) que eyecta electrones hacia el exterior para mantener la pared (11) positivamente polarizada. La pared (11) se encuentran rodeada por un elemento anular (4) y en el otro extremo se encuentra el cátodo (3). El propulsor eléctrico (2) se  
10 apoya en una estructura cilíndrica (10) cerrada por un extremo. El sistema formado por la pared (11) y el propulsor eléctrico (2) se encuentra unido por sujeciones laterales (5); en la figura se representan cuatro elementos de sujeción entre el elemento anular (4) y la estructura cilíndrica (10). Se puede considerar también un mayor número de elementos de sujeción lateral (5).

15 **La figura 3** representa un dispositivo para evitar que los electrones que son eyectados por el cátodo (3) vuelvan a ser recogidos por la red de cables conductores (1). Para ello se acopla una tapa no conductora (6) sobre una estructura anular (4), que une la red de cables conductores (1) con el cátodo (3). La tapa no conductora (6) tiene una abertura central por donde aparece el cátodo (3).

20 **La figura 4** representa un dispositivo para evitar que los electrones que son eyectados por el cátodo (3) vuelvan a ser recogidos por la pared (11). Para ello se acopla una tapa no conductora (6) sobre una estructura anular (4), que rodea a la pared (11) con el cátodo (3). La tapa no conductora (6) tiene una abertura central por donde aparece el cátodo (3).

25 **La figura 5** representa un diagrama de la invención según el modo de realización 1, en la que el módulo de control de misión (9) permite suministrar más o menos potencia eléctrica al sistema de potencia (8) para mantener en funcionamiento al propulsor eléctrico (2), a la estructura eléctrica pulsante de la red de cables conductores (1) y al cátodo central (3). Un dispositivo  
30 optativo como es el acelerómetro (7) muestra al módulo de control de misión cuál es el empuje real que necesita el vehículo para llevar a cabo la maniobra orbital.



**La figura 6** representa un diagrama de la invención según el modo de realización 2, en la que el módulo de control de misión (9) permite suministrar más o menos potencia eléctrica al sistema de potencia (8) para mantener en funcionamiento al propulsor eléctrico (2), a la estructura eléctrica pulsante de la pared (11), y al cátodo central (3). Un dispositivo optativo como es el acelerómetro (7) muestra al módulo de control de misión cuál es el empuje real que necesita el vehículo para llevar a cabo la maniobra orbital.

### Descripción detallada de la invención

Los parámetros de entrada conocidos son la distancia  $d$  que puede alcanzar el flujo dirigido de iones y el ángulo de divergencia  $\alpha$  del flujo de iones. Por lo que se refiere a los parámetros de salida, tenemos la fuerza  $F_p$  que es proporcionada por el propulsor iónico y  $F_N$  la fuerza producida por la transferencia de momento en la repulsión del flujo de iones por la estructura eléctrica pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11).

A continuación se explica el funcionamiento de la invención según varios modos de realización de la misma. Para ello se enumeran todos dispositivos que están involucrados en el diseño de la invención según los diferentes modos de realización son:

*Red de cables conductores positivamente polarizados* (1): alojados a una distancia apropiada. La red de cables conductores genera una superficie eléctrica pulsante que produce un intercambio de momento con el flujo de los iones dirigidos por el propulsor eléctrico (2), generando una fuerza  $F_N$  en sentido contrario a  $F_p$ . Para un suficiente número de cables la fuerza neta es prácticamente  $F_N$ . Dada la característica pulsante de la red y para evitar la modificación del flujo de los iones en direcciones perpendiculares al flujo inicial se utiliza una disposición de los cables conductores (1) totalmente simétrica; esto es, que cada pareja de cables se encuentran enfrentados con el nexo común del cátodo central como se muestra en la figura 1. La red de cables conductores (1) será alimentada por una fuente de alimentación variable por pulsos.

*Pared eléctrica pulsante* (11): alojada a una distancia apropiada. El potencial pulsante de la pared (11), generado por una fuente de alimentación variable por pulsos, produce un intercambio de momento con el flujo de los iones dirigidos por el propulsor eléctrico (2), generando una fuerza  $F_N$  en sentido contrario a  $F_p$ . La pared sería más sencilla de producir industrialmente e incorporarla a la invención.

*Propulsor eléctrico*(2): es un sistema que ioniza átomos de argón, mercurio, xenón o kriptón mediante la exposición de electrones provenientes de un cátodo, y acelera los iones producidos al pasar éstos a través de rejillas cargadas antes de expulsarlos generando una fuerza  $F_p$  en sentido contrario al de la eyección de los iones.

5 *Cátodo eyector de electrones* (3): para mantener la estructura polarizada; red de cables positivamente polarizados (1) o pared (11). Con la puesta en funcionamiento de la invención los electrones que se encuentran en el plasma generado por el propulsor eléctrico (2) son recogidos por la estructura eléctrica pulsante; red de cables positivamente polarizados (1) o pared (11), y deben ser eyectados al exterior. Se puede considerar cualquier tipo de método para mantener la  
10 estructura polarizada: contactor de plasma, cátodo por emisión termiónica y redes de emisión por efecto de campo. En la presente invención se considerará un cátodo por emisión termiónica. Este método es el utilizado por los cables electrodinámicos y por los veleros electro-solares para mantener la red de cables positivamente polarizados. Los electrones pueden ser emitidos en cualquier dirección exterior, por ejemplo a lo largo del eje central.

15 *Sistema de potencia* (8): Proporciona la potencia necesaria para alimentar la estructura polarizada pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11), propulsor iónico (2), cátodo central (3) y a los instrumentos de medida a bordo del vehículo. Puede ser cualquiera: paneles solares, amarras electrodinámicas, sistema nuclear, fuentes de alimentación de alto voltaje, etc. Debe de incluirse también un regulador de control para suministrar la potencia eléctrica que  
20 requiere la estructura polarizada pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11), el propulsor iónico (2), y el cátodo (3). Para la estructura polarizada pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11), se utilizará una fuente de alimentación variable por pulsos.

*Elementos laterales de unión* (5): unen la estructura cilíndrica (10) con la estructura anular (4) no conductora. Los elementos laterales de sujeción deben ser de un material metálico de gran  
25 robustez con una capa no conductora.

*Tapa no conductora* (6): encierra a la estructura eléctrica pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11), en la cara exterior de la invención, evitando que los electrones que son expulsados por el cátodo (3) sean recogidos otra vez por la estructura eléctrica pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11).

30

Dispositivos opcionales:

*Acelerómetro* (7): para medir la aceleración que produce el sistema propulsivo de la presente invención, cuando se modifica el potencial suministrado a los cables conductores o la potencia eléctrica del propulsor iónico.

*Granos cargados*: añadidos en el plasma formando un plasma granular. Los granos son pequeñas esferas de material conductor de tamaño variable; del orden de micrómetros. Estos granos cargados serán repelidos por la estructura eléctrica pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11).

5

#### Modo de realización 1:

Como se manifiesta en la figura 1, la invención, que se implanta en un vehículo espacial, posee un sistema de generación de potencia (8) y un sistema de eyección de un flujo de iones de baja velocidad (2) dirigido hacia una red de cables (1) polarizados positivamente de potencial pulsante, que repelen a los iones hacia el interior para generar una transferencia de momento que propulsa todo el sistema. El propulsor eléctrico de bajo impulso (o una simple descarga eléctrica) eyecciona iones y produce un empuje  $F_p$  en la dirección descrita por la Figura 1. La transferencia de momento de los iones sobre la estructura de potencial pulsante; red de cables conductores (1) proporciona un empuje  $F_N$  contrario a  $F_p$ . Como el empuje generado por la estructura de potencial pulsante; red de cables conductores (1), es mucho mayor que el conseguido por el propulsor eléctrico (2) se produce una aceleración en la dirección de  $F_N$  como se muestra en la Figura 1. El regulador en el sistema de potencia controla la velocidad de eyección del flujo de iones y el potencial variable con el que se mantiene el potencial pulsante de la red de cables conductores (1). Una tapa no conductora (6), con abertura central por donde aparece el cátodo (3), se acopla a la estructura anular (4) que cubre la red de cables conductores (1). Sobre la estructura cilíndrica (10) cerrada en un extremo se posiciona centralmente el propulsor eléctrico (2). La estructura cilíndrica (10) y la estructura anular (4) se unen por medio de elementos de sujeción no conductores (5).

#### 25 Modo de realización 2:

Como se manifiesta en la figura 2, la invención, que se implanta en un vehículo espacial, posee un sistema de generación de potencia (8) y un sistema de eyección de un flujo de iones de baja velocidad (2) dirigido hacia una pared (11) de potencial pulsante, que repele a los iones hacia el interior, para generar una transferencia de momento que propulsa todo el sistema. El propulsor eléctrico de bajo impulso (o una simple descarga eléctrica) eyecciona iones y produce un empuje  $F_p$  en la dirección descrita por la Figura 1. La transferencia de momento de los iones sobre la pared (11) de potencial pulsante, proporciona un empuje  $F_N$  contrario a  $F_p$ . Como el empuje generado por la pared (11) de potencial pulsante es mucho mayor que el conseguido por el propulsor eléctrico (2) se produce una aceleración en la dirección de  $F_N$  como se muestra en la Figura 2. El regulador en el sistema de potencia controla la velocidad de eyección del flujo de iones y el potencial con el que se mantiene polarizada la pared (11) de potencial pulsante. Una tapa no

35

conductora (6), con abertura central por donde aparece el cátodo (3), se acopla a la estructura anular (4) que cubre la pared (11). Sobre la estructura cilíndrica (10) cerrada en un extremo se posiciona centralmente el propulsor eléctrico (2). La estructura cilíndrica (10) y la estructura anular (4) se unen por medio de elementos de sujeción no conductores (5).

5

Modo de realización 3:

10 Se considera cualquier modo de realización 1 ó 2, con la peculiaridad de utilizar un propulsor iónico (2) sin rejillas de aceleración de los iones, de tal forma que solo existe un plasma donde la estructura de potencial pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11), producirá una repulsión de los iones hacia el interior. Como el sistema se encuentra prácticamente abierto; solamente se encuentran los elementos de sujeción no conductores (5), los iones repelidos hacia el interior pueden salir finalmente hacia el exterior.

Modo de realización 4:

15 Se considera cualquier modo de realización 1, 2 ó 3, con la peculiaridad de añadir en el plasma granos cargados. La estructura de potencial pulsante; red de cables conductores (1) o pared (11), repelerá a los iones junto con los granos cargados positivamente hacia el interior.

20 Suponiendo una carga de pago como la de Juno, con una masa de 1600 kg, y un sistema como el de la presente invención con un empuje efectivo de 10 N, un vehículo espacial lanzado desde la Tierra alcanzaría Júpiter en unos 4 meses, que sería bastante inferior en comparación a los 5 años que requiere la actual misión Juno de la NASA.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de propulsión espacial por medio de la modificación eléctrica pulsante de un flujo de iones dirigido desde un medio que eyecta iones hacia una estructura polarizada con potencial eléctrico pulsante, **caracterizado** porque comprende:

- un medio de propulsión (2) de bajo impulso específico con eyección de un flujo de iones de baja velocidad dirigido hacia una estructura eléctrica pulsante;
- una estructura eléctrica pulsante que repelerá los iones hacia el interior;
- un cátodo (3) que eyecta electrones al exterior para mantener la polarización correcta de la estructura eléctrica pulsante;
- un módulo de control de misión (9) configurado para activar el generador de potencia eléctrica (8) y regular la potencia eléctrica que se suministra a la estructura eléctrica pulsante a través de una fuente de alimentación variable, al medio de propulsión (2) y al cátodo (3);
- una estructura cilíndrica (10) cerrada en un extremo donde se apoya el medio de propulsión (2);
- una estructura anular no conductora (4) donde se sujeta la estructura eléctrica pulsante;
- unos elementos laterales no conductores (5) que unen la estructura anular (4) con la estructura cilíndrica abierta (10);
- una tapa aislante (6) con abertura para el cátodo (3) que encierra a la estructura eléctrica pulsante, y se acopla a la estructura anular (4).

2. Sistema según reivindicación 1, **caracterizado** porque la estructura eléctrica pulsante, que repele los iones hacia el interior, es una red de cables conductores (1) en una disposición simétrica.

3. Sistema según reivindicación 1, **caracterizado** porque la estructura eléctrica pulsante, que repele los iones hacia el interior, es una pared conductora (11).

4. Sistema según reivindicaciones 1, 2 ó 3, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) es un sistema de propulsión iónico con rejillas de aceleración.

5. Sistema según reivindicaciones 1, 2 ó 3, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) es un propulsor iónico desprovisto de rejillas de aceleración, produciéndose solo descarga eléctrica en el plasma.

6. Sistema según reivindicaciones 1, 2 ó 3, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) es un tipo de propulsor eléctrico.

7. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el sistema formado por el medio de propulsión (2) es redundante.

8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el sistema formado por el módulo de control de misión (9) pueda utilizar el acelerómetro (7) como elemento de medida para suministrar potencia eléctrica desde el sistema de potencia (8).

9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) eyecta un flujo de iones de neón.

10. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) eyecta un flujo de iones de argón.

11. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) eyecta un flujo de iones de kriptón.

12. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) eyecta un flujo de iones de xenón.

13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) eyecta un flujo de iones de mercurio.

14. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) eyecta un flujo de iones de cualquier tipo de pequeña masa.

15. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el medio de propulsión (2) eyecta granos cargados en el plasma.

16. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el cátodo (3) eyecta electrones al exterior por medio de un contactor de plasma.

17. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el cátodo (3) eyecta electrones al exterior por medio de un sistema de emisión termiónica.

18. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el cátodo (3) eyecta electrones al exterior por medio de un sistema de redes de emisión por efecto campo.

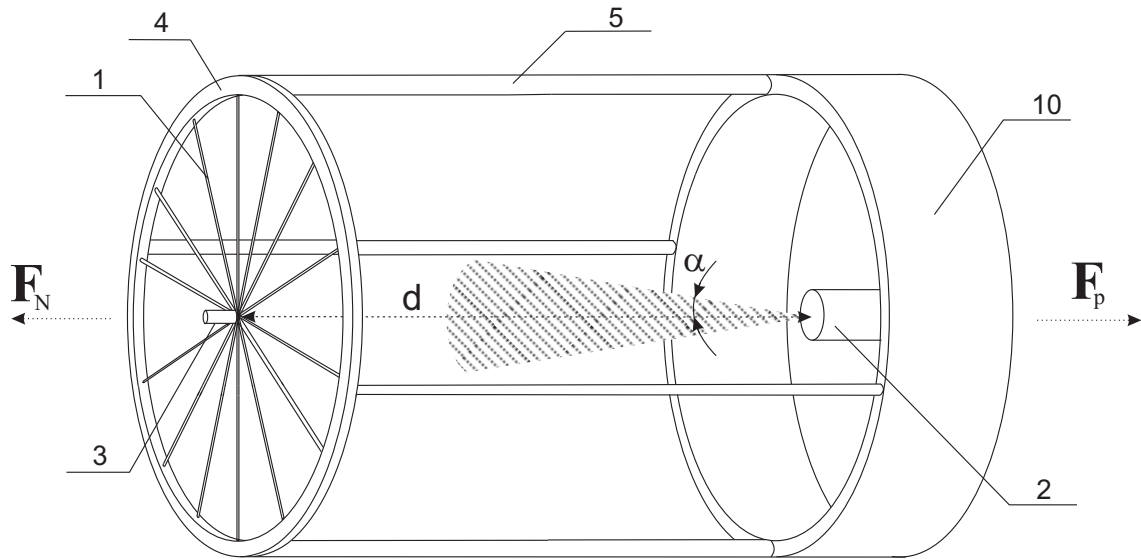


FIG. 1

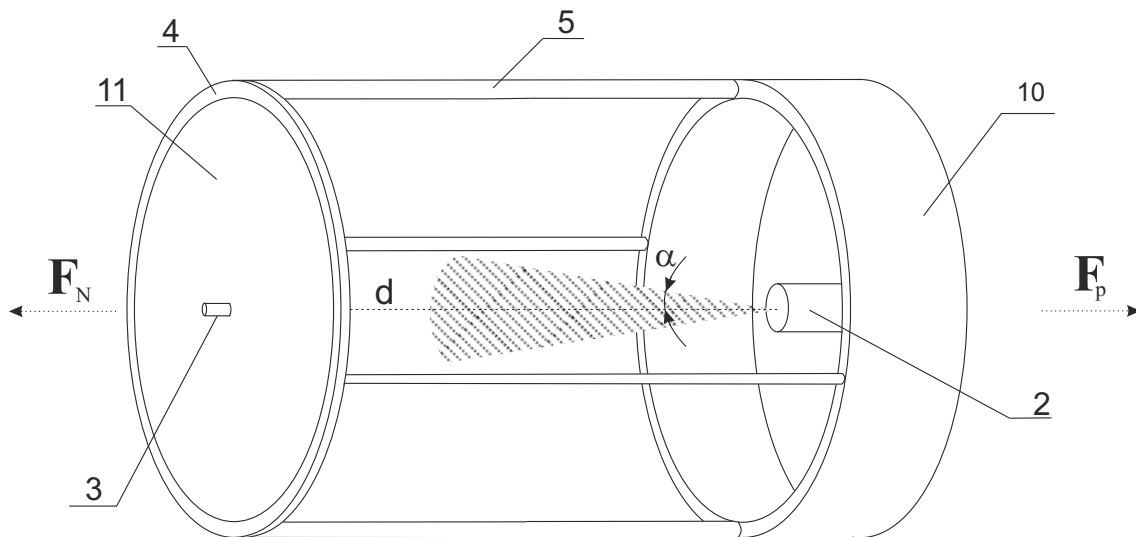


FIG. 2



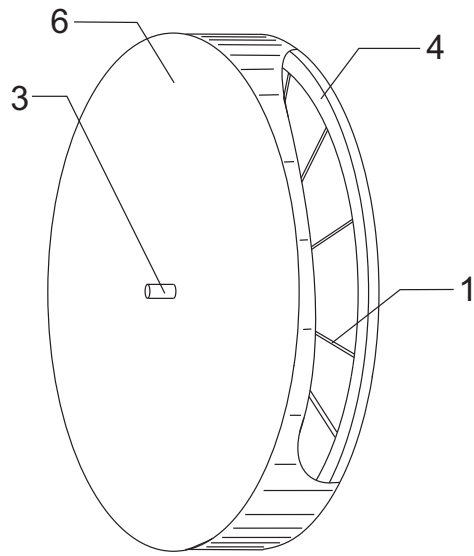


FIG. 3

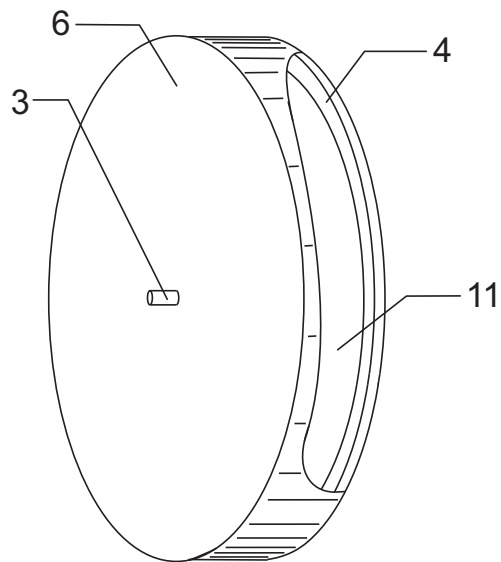


FIG. 4

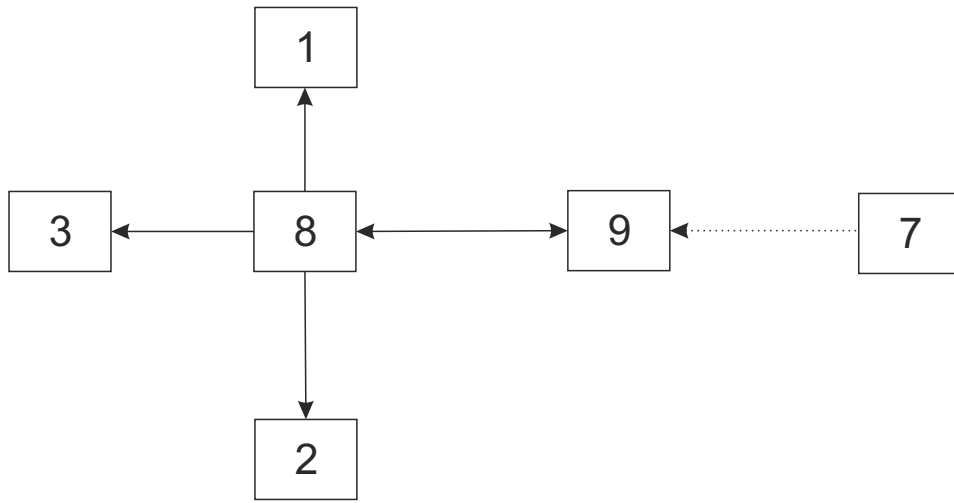


FIG. 5

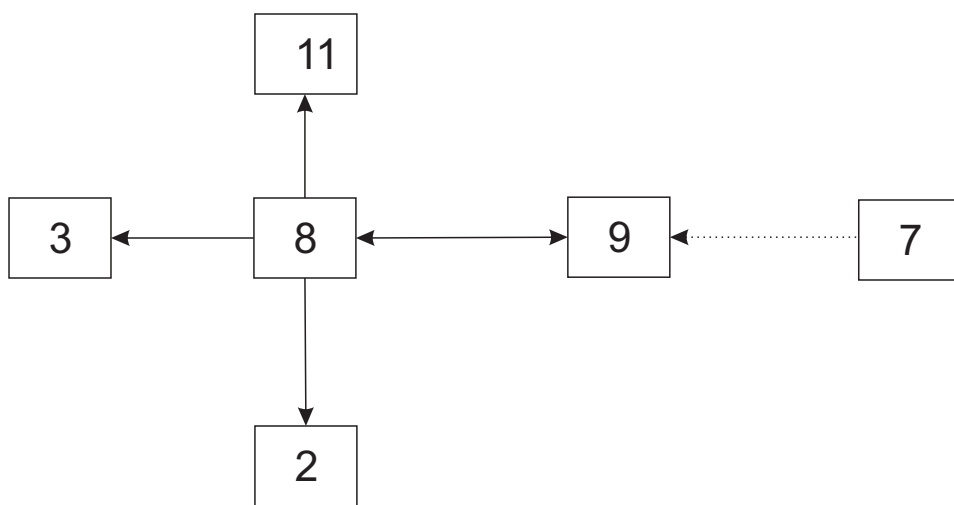


FIG. 6



- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201531029  
 ②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 14.07.2015  
 ③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **B64G1/40** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	EP 0890739 B2 (HUGHES ELECTRONICS CORP) 08.07.2015, párrafos 20-25,43-45.	1-18
Y	ES 2536800 A1 (SANCHEZ TORRES) 28.05.2015, resumen.	1-18
A	US 20140013724 A1 (FETTA) 16.01.2014, todo el documento.	1-18
Y	WO 8808488 A1 (HUGHES AIRCRAFT CO) 03.11.1988, página 6, línea 1 – página 7, línea 20.	1-18
Y	CA 2827166 A1 (LESKOSEK JAMES ANDREW) 12.03.2015, página 1, líneas 20-30; página 24, líneas 20-26.	1-18

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe  
05.11.2015

Examinador  
Manuel Fluvià Rodríguez

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B64G

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 05.11.2015

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-18	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-18	<b>NO</b>

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D1	EP 0890739 B2 (HUGHES ELECTRONICS CORP)	08.07.2015
D2	ES 2536800 A1 (SANCHEZ TORRES)	28.05.2015
D3	WO 8808488 A1 (HUGHES AIRCRAFT CO)	03.11.1988
D4	CA 2827166 A1 (LESKOSEK JAMES ANDREW)	12.03.2015

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

NOTA: Ley de Patentes, artículo 4.1: Son patentables las invenciones nuevas, que impliquen actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial,....  
Ley de Patentes, artículo 6.1. Se considera que una invención es nueva cuando no está comprendida en el estado de la técnica.  
Ley de Patentes, artículo 8.1. Se considera que una invención implica una actividad inventiva si aquella no resulta del estado de la técnica de una manera evidente para un experto en la materia.  
(Reglamento de Patentes Artículo 29.6. El informe sobre el estado de la técnica incluirá una opinión escrita, preliminar y sin compromiso, acerca de si la invención objeto de la solicitud de patente cumple aparentemente los requisitos de patentabilidad establecidos en la Ley, y en particular, con referencia a los resultados de la búsqueda, si la invención puede considerarse nueva, implica actividad inventiva y es susceptible de aplicación industrial. Real Decreto 1431/2008, de 29 de agosto, BOE núm. 223 de 15 de septiembre de 2008.)

Las características técnicas reivindicadas en la solicitud están agrupadas en 18 reivindicaciones, sobre cuya novedad, actividad inventiva y aplicación industrial se va a opinar, según el Reglamento de Patentes.

La primera reivindicación especifica el objeto técnico, en un sistema de propulsión espacial por modificación eléctrica pulsante de un flujo de iones en plasma acelerados electrostáticamente por una pantalla de conductores con alta tensión, con un cátodo que los mantiene polarizados, un módulo de control de misión y las estructuras dieléctricas de disposición. Las siguientes reivindicaciones añaden a la primera, que los conductores son simétricos, pudiendo ser una placa o unas rejillas, que el sistema de propulsión es redundante, que el módulo de control mide la aceleración del vehículo espacial, que los iones pueden ser de argón, kriptón, mercurio, xenón o neón, y que el cátodo que eyecta electrones al exterior, puede hacerlo por emisión termoiónica, efecto campo o contactor de plasma.

Según el contenido de la solicitud, y en especial de sus 18 reivindicaciones, la invención aparentemente puede considerarse que es susceptible de aplicación industrial, ya que al ser su objeto un propulsor iónico, puede ser usado en la industria aeroespacial (la expresión "industria" entendida en su más amplio sentido, como en el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial).

Según el contenido de la solicitud, y en especial del texto de sus reivindicaciones, el objeto de la invención pudo resultar del estado de la técnica de manera evidente para un experto en la materia, pues, D1 en fecha anterior a la de solicitud, divulgó un sistema de propulsión electrostática (título) para una nave espacial que usa un gas ionizable (resumen) como el xenón (párrafos 7, 19) en forma de plasma (párrafo 21) aceleradamente hacia unas placas, redes o rejillas metálicas simétricas con muy alto voltaje (figura 1), con un cátodo que las mantiene polarizadas (párrafos 20-25), un módulo de control de misión controlando la fuente de energía (párrafos 32, 36, 39), y las estructuras dieléctricas de disposición (figura 1), siendo redundante el sistema de propulsión (párrafos 43-45), con un control que mide la aceleración del vehículo espacial (párrafo 32), y el cátodo que eyecta electrones al exterior lo hace por emisión termoiónica (párrafos 23-25). D2 divulgó antes de la fecha de depósito de la solicitud, un velero electro-solar por pulsos (título) que tiene un eyector de partículas cargadas como una fuente de alimentación eléctrica por pulsos (resumen). La combinación de D1 con D2, anteriores a la fecha de solicitud, resultó evidente para un experto medio en la materia de propulsión aeronáutica, pues ambos pertenecen a dicho campo técnico, resolviendo el mismo problema de empuje eléctrico o electrostático, por lo que, ante la divulgación conjunta de D1 con D2, las 18 reivindicaciones de la solicitud, aparentemente podría considerarse que no implican actividad inventiva, al haber resultado evidente para un experto en la materia (ley de patentes, artículo 8), al confrontarse con el estado de la técnica representado por los citados documentos técnicos.

Además, según el contenido de la solicitud, y en especial del texto de sus reivindicaciones, el objeto de la invención pudo resultar del estado de la técnica de manera evidente para un experto en la materia, pues, D1 en fecha anterior a la de solicitud, divulgó un vehículo espacial con motor cohete electrostático (título), que usa un gas ionizable en estado de plasma, como el xenón (reivindicaciones 4-8), aceleradamente hacia unas redes metálicas con muy alto voltaje (figura 2), con un cátodo que las mantiene polarizadas por emisión termoiónica (página 7, líneas 10-20), un módulo de control de misión controlando la fuente de energía (figura 6), y las estructuras dieléctricas de disposición (figuras 1, 3a), con un control que mide la aceleración del vehículo espacial (80-84 en figura 6), D4 divulgó antes de la fecha de depósito de la solicitud, un Impulsor de plasma (título) que provoca una modificación pulsante de un flujo de iones acelerados contra placas simétricas (página 1, líneas 20-30), siendo el sistema redundante para caso de fallo (página 24, líneas 20-26). La combinación de D3 con D4, anteriores a la fecha de solicitud, resultó evidente para un experto medio en la materia de propulsión aeronáutica, pues ambos pertenecen a dicho campo técnico, resolviendo el mismo problema de empuje eléctrico o electrostático, por lo que, ante la divulgación conjunta de D3 con D4, las 18 reivindicaciones de la solicitud, aparentemente podría considerarse que no implican actividad inventiva, al haber resultado evidente para un experto en la materia (ley de patentes, artículo 8), al confrontarse con el estado de la técnica representado por los citados documentos técnicos.