

# Energía Nuclear en la Propulsión Espacial

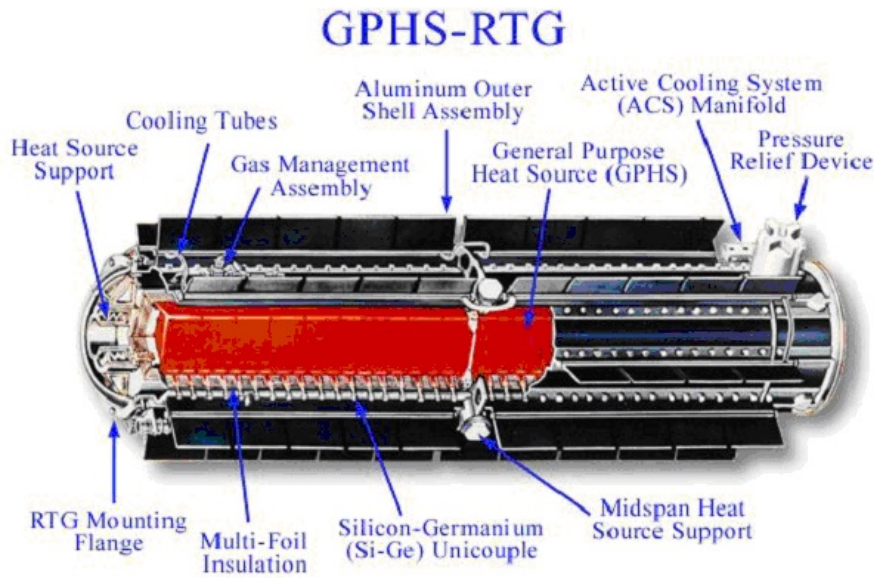
Por Manuel Fernández Ordóñez

Duracotus, un joven islandés con alma de aventurero logró convencer a su madre Fiolxhilda y ambos, mediante un conjuro mágico, alcanzaron la Luna durante un eclipse solar. Ésta es una breve sinopsis de la que, probablemente, sea la primera novela de ciencia ficción de la Historia, *Somnium*. Esta libro, escrito en 1623 por nuestro inestimable Johannes Kepler, constituye el comienzo de la infinita proliferación de obras de ciencia ficción que constituyen el reflejo del sueño humano por la exploración del espacio.

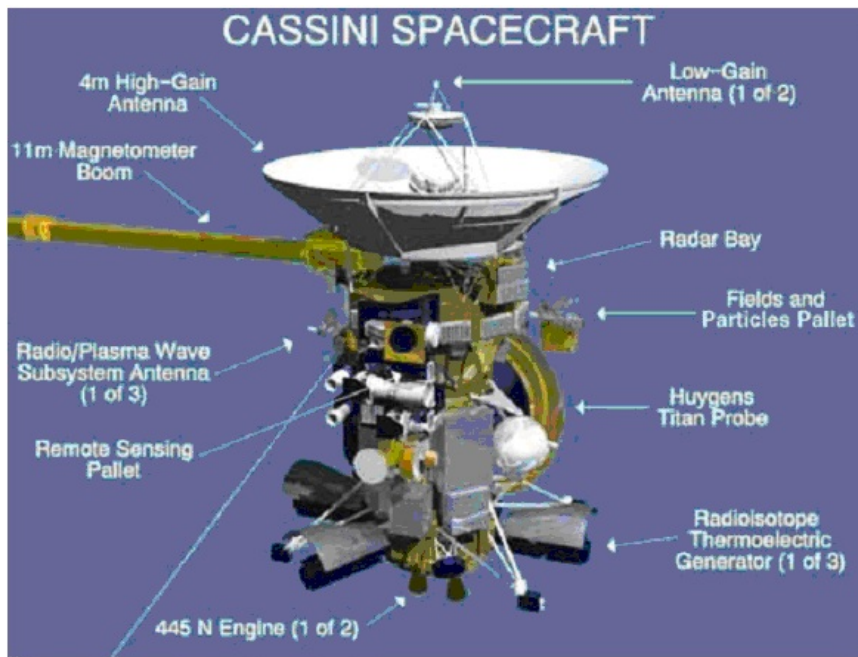
La exploración espacial comenzó su camino a principios de la segunda mitad del pasado siglo XX con las misiones rusas Sputnik y las norteamericanas Explorer y Vanguard [1]. Tras estos primeros satélites en la órbita terrestre los esfuerzos se centraron en alcanzar la Luna y la órbita de Venus y no fue hasta 1964 cuando se lograron enviar las primeras fotografías de las cercanías de Marte. La energía eléctrica necesaria para estas misiones era proporcionada por baterías estándar (en aquel entonces) y por paneles solares en la actualidad. Sin embargo, los problemas comenzaron cuando se quiso ir más lejos, más allá de Marte. Había que diseñar sistemas que proporcionasen autonomía suficiente para enviar misiones a lugares remotos como planetas más externos, sus respectivas lunas e incluso más allá de los límites del Sistema Solar. En este momento fue cuando la energía nuclear entró a formar parte del campo de la exploración espacial, ampliando de este modo la gama de usos civiles de este tipo de energía. Así, misiones como las Pioneer 10 y 11 para la exploración de Júpiter, la Voyager 1 para la exploración del Cinturón de Kuiper, Júpiter y Saturno, la Voyager 2 para la exploración de Saturno, Urano y Neptuno, la Galileo para la exploración de Júpiter y sus lunas, la Ulysses para la exploración del Sol, la Cassini-Huygens para la exploración de Saturno y sus lunas o la New Horizon para la exploración de Plutón y sus lunas llevan a bordo generadores nucleares para proporcionar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de sus sistemas. En palabras escritas por la propia NASA: *"...incluso con paneles solares que contengan las últimas células solares de mayor eficiencia no sería posible abordar la misión Cassini con energía solar...[]...los dispositivos serían tan masivos que sería imposible un lanzamiento"* [2]. Es decir, según la NASA, para exploraciones más allá de Marte no existe alternativa alguna a la energía nuclear.

Todas las misiones mencionadas anteriormente utilizaron (o utilizan) como generadores eléctricos unos dispositivos denominados RTGs, acrónimo inglés de Generadores Termoeléctricos de Radioisótopos. Estos dispositivos son baterías que proporcionan potencia eléctrica y constan, fundamentalmente, de dos partes: una fuente de calor y un sistema para convertir el calor en electricidad. La fuente de calor está formada por un

material radiactivo, que se calienta por la propia naturaleza del decaimiento de sus isótopos, mientras que ese calor es aprovechado por un convertidor termoelectrico que se basa en el efecto Seebeck<sup>1</sup>. En a Figura 1 podemos observar una visión esquemática de uno de los tres RTGs montados en la misión Cassini-Huygens para la exploración de Saturno y sus lunas. En la Figura 2 mostramos un esquema de la sonda Cassini, en la que podemos observar la posición de los tres RTGs en la parte inferior de la nave aeroespacial.



**Figura 1.** Visión esquemática de uno de los RTGs montados en la misión Cassini-Huygens para la exploración de Saturno y sus lunas. La fuente de calor está formada por pastillas de óxido de plutonio. RTGs análogos a éste fueron también montados en las misiones Galileo, Ulysses y New Horizon. Fuente: NASA



**Figura 2.** Esquema de la sonda espacial Cassini-Huygens para la exploración de Saturno y sus lunas. En la parte inferior de la sonda podemos observar la disposición de los tres RTGs para proporcionar energía eléctrica durante toda la misión. Fuente: NASA.

Uno de los criterios fundamentales a la hora de diseñar un RTG consiste en la elección del isótopo radiactivo que constituye la fuente de calor. Esta elección debe ser un compromiso entre la vida media de los radioisótopos (que determinará la duración de la pila), la actividad de la fuente (que determinará la cantidad de masa necesaria) y el tipo de radiación emitida (que determinará la cantidad de blindaje necesario para la fuente y, por tanto, el peso del dispositivo). La fuente elegida debe producir radiación de alta energía que se transforme fácilmente en calor y que no emita neutrones, por tanto, lo óptimo es un emisor de radiación alfa. Los emisores beta no son válidos ya que suelen emitir también gran cantidad de radiación gamma que necesita grandes blindajes. No hay muchos isótopos que cumplan los requisitos necesarios para alimentar un RTG, la lista se reduce a unos 30 cuyos principales candidatos son el  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{242}\text{Cm}$ ,  $^{244}\text{Cm}$  y  $^{241}\text{Am}$ .

El más utilizado de todos ellos, por sus propiedades óptimas, es el Plutonio-238. Este isótopo necesita únicamente 2.5 mm de blindaje de plomo (mientras que la mayoría de los demás isótopos necesita más de 25 mm de plomo). El  $^{238}\text{Pu}$  tiene una vida media de 87.7 años lo cual implica -debido a las propiedades del decaimiento radiactivo- que pierda únicamente el 0.8% de su capacidad para producir electricidad cada año. Imagínense que, utilizando estos RTGs de óxido de plutonio, pasados 30 años únicamente se ha agotado aproximadamente el 20% de la capacidad del generador para producir electricidad. Como ejemplo, la sonda Cassini-Huygens dispone de tres RTGs de 300W de potencia máxima que portan 7.8Kg de óxido de plutonio cada uno. La masa de cada uno de estos RTGs es de, aproximadamente, 56 Kg [3].

El Polonio-210 fue utilizado en los primeros prototipos en los años 50, pero este isótopo proporciona una densidad de energía tan elevada que, si no existe un mecanismo eficiente de enfriamiento de la muestra, su propio decaimiento es suficiente para fundirla y vaporizarla. Los dos isótopos del Curio ( $^{242}\text{Cm}$  y  $^{244}\text{Cm}$ ) necesitan un blindaje pesado debido a su probabilidad de fisión espontánea que emite neutrones y fotones de alta energía. El Americio-241 es un gran candidato a desbancar en el futuro al  $^{238}\text{Pu}$  como isótopo más utilizado en las RTGs. El  $^{241}\text{Am}$  tiene una vida media de 432 años, permitiendo el desarrollo de RTGs que duraran cientos de años, sin embargo necesita blindajes mayores que el plutonio, ya que genera radiaciones más penetrantes.

Las eficiencias propias de los RTGs son bastante bajas, del orden del 5%. Esto es debido a la baja eficiencia de los termopares que convierten el calor en electricidad. Sin embargo, se están desarrollando una nueva serie de generadores denominados SRGs (del inglés Stirling Radioisotope Generator) que pueden alcanzar eficiencias mayores al 20% según el centro de investigaciones Glenn de la NASA [4]. Estos nuevos generadores utilizan, en lugar de termopares, convertidores Stirling accionados por helio calentado por el decaimiento radiactivo. Se está trabajando en la actualidad en un prototipo SRG de 114W de potencia que utilizará cuatro veces menos  $^{238}\text{Pu}$  que su análogo en RTG.

Sin embargo, si bien todas las misiones no tripuladas a los confines del Sistema Solar utilizan RTGs para su abastecimiento eléctrico, personalmente creo que el futuro de la exploración espacial (incluso la tripulada) se basará en el desarrollo de la propulsión por medio de reactores nucleares. En 1965, EEUU puso en órbita el reactor nuclear SNAP-10A, un reactor rápido de óxido de uranio con una potencia de 30kW térmicos y una masa de 300 Kg [5]. Estuvo en órbita durante 43 días produciendo una potencia eléctrica de 500W (debido a la baja eficiencia de los termopares). Es por tanto una tecnología demostrada que se abandonó por su alto coste en aquellos años. No obstante, la NASA ha comenzado a relanzar proyectos de investigación en reactores nucleares en el ámbito espacial [6, 7], una fuente de energía compacta e intensa que permitirá extender los límites de la exploración

espacial y enviar misiones tripuladas a lugares hasta ahora inaccesibles. El desarrollo de los reactores nucleares dedicados a la propulsión espacial, sin embargo, escapa a la pretensión de este escrito y presenta la entidad suficiente como para motivar un artículo exclusivo en el futuro.

---

1 El efecto Seebeck fue descubierto en 1921 por el físico alemán del que toma su nombre. Básicamente el principio establece que cuando se unen dos piezas de metales distintos se produce un voltaje que es proporcional a la diferencia de temperatura entre los dos metales. Por tanto, si unimos dos metales y el extremo de uno de ellos se encuentra en un foco caliente (como un material radiactivo) mientras que el extremo del otro metal se encuentra en un foco frío (como el Espacio) obtendremos una diferencia de potencial que proporcionará electricidad de forma estable y duradera.

#### REFERENCIAS

- [1] <http://www.elcielodelmes.com/cronologia/index.php>
- [2] [http://georgenet.net/hubble/cassini\\_pdf/power.pdf](http://georgenet.net/hubble/cassini_pdf/power.pdf)
- [3] <http://www.fas.org/nuke/space/bennett0706.pdf>
- [4] <http://www.grc.nasa.gov/WWW/RT/RT2002/5000/5490thieme.html>
- [5] <http://www.etec.energy.gov/History/Major-Operations/SNAP-Overview.html>
- [6] [http://www.space.com/scienceastronomy/solarsystem/nuclearmars\\_000521.html](http://www.space.com/scienceastronomy/solarsystem/nuclearmars_000521.html)
- [7] [http://www.space.com/news/nasa\\_nuclear\\_020205.html](http://www.space.com/news/nasa_nuclear_020205.html)

**Manuel Fernández Ordóñez**  
**Doctor en Física Nuclear**