

Un rayo de luz verde se proyecta al firmamento desde la cúpula del Real Observatorio de la Armada.



Pepe Diaz

# La amenaza de la BASURA ESPACIAL

El Real Observatorio de la Armada, en San Fernando (Cádiz), realiza el control y seguimiento de satélites inutilizados y otros objetos para prevenir colisiones

**CF Manuel Catalán Morollon**  
Jefe de la Sección de Geofísica del ROA

**E**L 4 de octubre de 1957 dio comienzo de forma efectiva lo que se conoce como «carrera espacial». Ese día la Unión Soviética lanzó el que sería el primer satélite artificial de la historia de la humanidad. A este lanzamiento le seguirían de cerca otros muchos que supondrían un tremendo avance en aspectos científicos y técnicos para el ser humano. Asuntos como conocer la distribución de masas en el interior de nuestro planeta, tener un acceso en tiempo real al continente antártico visualizando su deshielo, o tener un conocimiento preciso de nuestra posición mediante constelaciones GNSS, por citar algunos ejemplos, nos hacen pensar en un

futuro brillante. Esto pudiera ser algo incuestionable, pero también pudiera ocurrir lo contrario. La realidad es que nunca la humanidad ha sido tan dependiente de la tecnología como lo es en estos momentos. Sobre sus cabezas se ciernen amenazas que en otras épocas hubieran pasado inadvertidas. Un ejemplo de ello lo constituiría lo que se denomina «tiempo espacial». Toda la infraestructura creada y puesta en órbita por el ser humano podría quedar inutilizada, y sus sensores inoperativos caso de tener lugar una tormenta solar de la intensidad de la acaecida en 1859, y conocida como «evento Carrington». En paralelo, estas actividades han posibilitado la presencia en el espacio de restos de antiguos

## *El Observatorio vigila el espacio con su estación de telemetría láser y un telescopio en el Prepirineo leridano*

satélites artificiales o de cohetes utilizados para situarlos en órbita, de residuos originados por el choque de algunos de estos objetos, y de componentes, herramientas, etcétera, que permanecen perdidos en el espacio. Su número es enorme. Objetos de más de diez centímetros se calcula que puede haber por encima de 17.000. De tamaño superior a un centímetro pueden estar por encima de 700.000, y por debajo de este tamaño, podríamos encontrar probablemente millones.

Todos ellos se encuentran orbitando y su velocidad está acorde a la que corresponde a esta situación. Así, a unos 1.000 km de distancia, la velocidad es de 5 km/s. Obviamente, la energía cinética es muy grande, y por tanto un choque fortuito con un satélite activo podría ser, dependiendo del tamaño del objeto-proyectil, letal o capaz de causar daños considerables.

### **SEGUIMIENTO**

Existe acuerdo en la comunidad científica en cuanto a que la resolución del problema de la basura espacial debe abordarse en dos fases. Una primera debe consistir en conocer la posición de esos objetos, mientras que la segunda fase se orientaría a la extracción de la órbita que ocupan, de forma que se eviten las colisiones.

Las órbitas que siguen estos objetos, principalmente las bajas, distan de ser regulares, estando influenciadas por la parte más variable de nuestro campo gravitatorio y por la fricción atmosférica, entre otros factores, por lo que si no se mantiene el seguimiento sobre ellos, la incertidumbre en su posición podría ser de casi un kilómetro en el transcurso de pocos días. Ante esta circunstancia, el seguimiento debe efectuarse de forma continuada.

Esto implica un esfuerzo que una institución sola no puede realizar, ni siquiera una sola técnica es suficiente, por muy precisa que sea, como lo es la telemetría láser. Existen iniciativas que engloban a diversas instituciones y países, orientadas a mantener un catálogo de los objetos más relevantes. En este sentido, la Unión Europea en 2014 consideró este asunto como absolutamente prioritario y promovió la activación de la prestación de los primeros servicios de vigilan-

cia y seguimiento espacial (SST, por sus siglas en inglés) mediante una decisión conjunta del Parlamento y el Consejo Europeo en la que estableció el denominado Marco de Apoyo SST. Para ello, se conformó un consorcio de países que se constituyeron como el núcleo inicial del grupo de trabajo: Reino Unido, Francia, Alemania, Italia y España. A partir de 2019 se unirán a este grupo Rumania, Portugal y Polonia.

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) es la entidad representante de España en el consorcio y, en consecuencia, ejecuta la coordinación de las actividades de vigilancia y seguimiento espacial. Con este fin ha desarrollado un sistema nacional capaz de generar servicios SST en el Centro de Operaciones Español de SST donde se emplean las observaciones realizadas en una red de sensores específica: telescopios, radares, y telemetría láser.

El Real Observatorio de la Armada (ROA) aporta dos sensores: el telescopio TFRM, situado en la Sierra del Montsec (Prepirineo leridano), que está dirigido y operado conjuntamente con la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, y la estación de telemetría láser, en San Fernando.

La estación de telemetría láser es un telescopio que emite pulsos de luz verde a una cadencia de 10 Hz. Estos pulsos viajan a la velocidad de luz hasta el sa-

télite, son reflejados por sus espejos retro-reflectores, y de la medida del tiempo de vuelo de dicho pulso se infiere la distancia del centro de masas de dicho satélite con una precisión centimétrica. La utilización de esta técnica por el ROA se remonta a mediados de los años 70. La posición geográfica en la que se sitúa, en el sureste de la península ibérica, le permite realizar seguimientos sobre satélites artificiales durante el tramo orbital que sobrevuela el Atlántico oriental y, por tanto, posibilita mantener actualizadas orbitas que de otra forma no podrían ser observadas con esta técnica.

Desde abril de 2015 se lleva ejecutando un proyecto de investigación, que ha supuesto realizar modificaciones sobre la configuración original de la estación de telemetría láser del ROA, de forma que pudiera efectuar seguimientos sobre un determinado tipo de objetos: satélites artificiales



El CF Manuel Catalán y un operario civil en la sala de control de la estación de telemetría láser del Real Observatorio de San Fernando.

Pepe Diaz



## Las zonas protegidas en el espacio

**A** EFECTOS del interés para el ser humano, no todas las zonas del espacio son iguales. A dos de ellas se las considera de particular importancia debido a la relevancia de las misiones espaciales que acogen. La primera es la situada por debajo de los 2.000 km de altura. Esta zona, comúnmente conocida como LEO (*Low Earth Orbit*), acoge a satélites de monitorización de nuestro planeta, algunos de comunicaciones como los Iridium; también a satélites espías, así como a la estación espacial internacional (en la fotografía).

La otra zona con una especial consideración es la geostacionaria. Está situada a unos 36.000 km de altura sobre la superficie de la Tierra en el plano del ecuador (0° de inclinación) y los satélites en ella deshacen la rotación terrestre, de modo que siempre se encuentran sobre el mismo punto de la superficie de nuestro planeta. Esta situación, en realidad, es aproximada. Ningún objeto es capaz de encontrarse permanentemente sobre el mismo punto como consecuencia de las perturbaciones producidas por el viento solar y por la atracción del Sol y de la Luna. Todo ello introduce ligeros desequilibrios que hacen preciso, ocasionalmente, restituir el satélite a su posición mediante maniobras de reposicionamiento. Esta zona geostacionaria no debe ser visualizada como una circunferencia, sino más bien como un anillo simétricamente situado sobre el ecuador, abarcando  $\pm 15^\circ$  en torno al mismo, y con un «espesor» de 400 km, que recibe el nombre de Zona Geo protegida. Este anillo contiene la mayor parte de los satélites meteorológicos, de comunicaciones y de televisión.

Una vez acaba la vida útil de un satélite artificial debe ser retirado con la finalidad de que no constituya un peligro para los demás objetos en órbita. Los restos de estos objetos no se reparten de forma uniforme en el espacio. Existen dos zonas especialmente pobladas: la correspondiente a los satélites

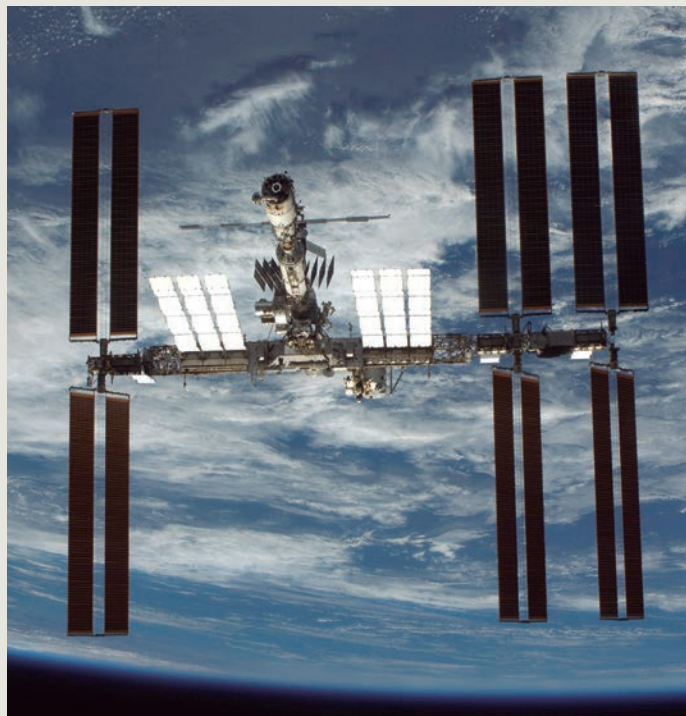
bajos, y la órbita correspondiente a los satélites geoestacionarios. En resumen, se encuentran localizados en las zonas especialmente protegidas, por lo que su vigilancia y catalogación se ha erigido en un asunto de la mayor importancia, al afectar de lleno a misiones actualmente activas.

Son dos los procedimientos que se siguen para la remoción de los objetos inactivos de la órbita original. En el caso de satélites en órbitas bajas (300 a 2.000 km), se procede a maniobrarlos forzando su reentrada en la atmósfera. Como consecuencia de la fricción y las altísimas temperaturas, deberían desintegrarse. Caso de que, por su tamaño, se alberguen dudas al respecto, se procedería a maniobrar de forma que su impacto se produzca en una zona especialmente reservada para ello al sur del océano Pacífico, alejada de zonas habitadas.

En el caso de objetos situados en órbitas altas, como la geostacionaria, con la finalidad de respetar esa zona «segura», se procede a situar el objeto en cuestión en una región alejada de ella. Esta región del espacio es conocida como «órbita cementerio». En ella, el campo gravitatorio terrestre es débil, la fricción atmosférica, despreciable, y aunque actúan otros efectos, como la radiación solar, podemos considerar las

órbitas descritas por estos objetos, una vez en ella, como razonablemente estables, tratándose de una zona amplia, de forma que el riesgo de colisión es muy bajo. La pretensión es que la órbita en la que se sitúe garantice que el objeto no cruce la denominada Zona Geo protegida antes de 100 años.

El problema más relevante es que no existe una normativa que obligue a la remoción del satélite inactivo, tan solo recomendaciones que marcan un plazo de 25 años para la extracción del objeto ya inoperante de las órbitas LEO, o su traslado a la órbita cementerio en el caso de los objetos en órbitas altas, donde deben situarse en condiciones que aseguren su presencia como objeto inerte (sin combustible, ni carga en baterías).



NASA

inactivos equipados con espejos retro-reflectores. Los resultados fueron satisfactorios, habiendo conseguido seguir muchos de estos objetos en órbitas bajas, de los que se han obtenido decenas de miles de ecos, permitiendo conocer su posición con una precisión del orden del metro.

A lo largo de 2017 se ha continuado con las modificaciones. En concreto, se efectuó un estudio en el que se analizó el efecto que el incremento de potencia de la fuente láser podía tener en este tipo de seguimientos. Ello ha permitido que desde noviembre de 2017 se hayan incluido dentro de estas tareas los seguimientos sobre objetos opacos (carente de espejos retro-reflectores), con lo que se ha incrementado el rendimiento de la estación al conseguir ecos sobre objetos de 4,6 m<sup>2</sup> a distancias de más de 1.000 km.

El otro sensor, el telescopio TFRM, es una clara demostración de cómo un antiguo equipo, obsoleto desde hacía más de 25 años puede convertirse en una herramienta científica de primer orden tras ciertas transformaciones. En concreto, dicho equipo, denominado Cámara Baker-Nunn (CBN), fue instalado en el recinto del Observatorio en 1958 por la *Smithsonian Institution* al objeto de realizar seguimientos sobre aquellos primeros satélites artificiales. En 1978 realizó sus últimos seguimientos, quedando desde entonces en un expositor en el ROA como pieza de museo.

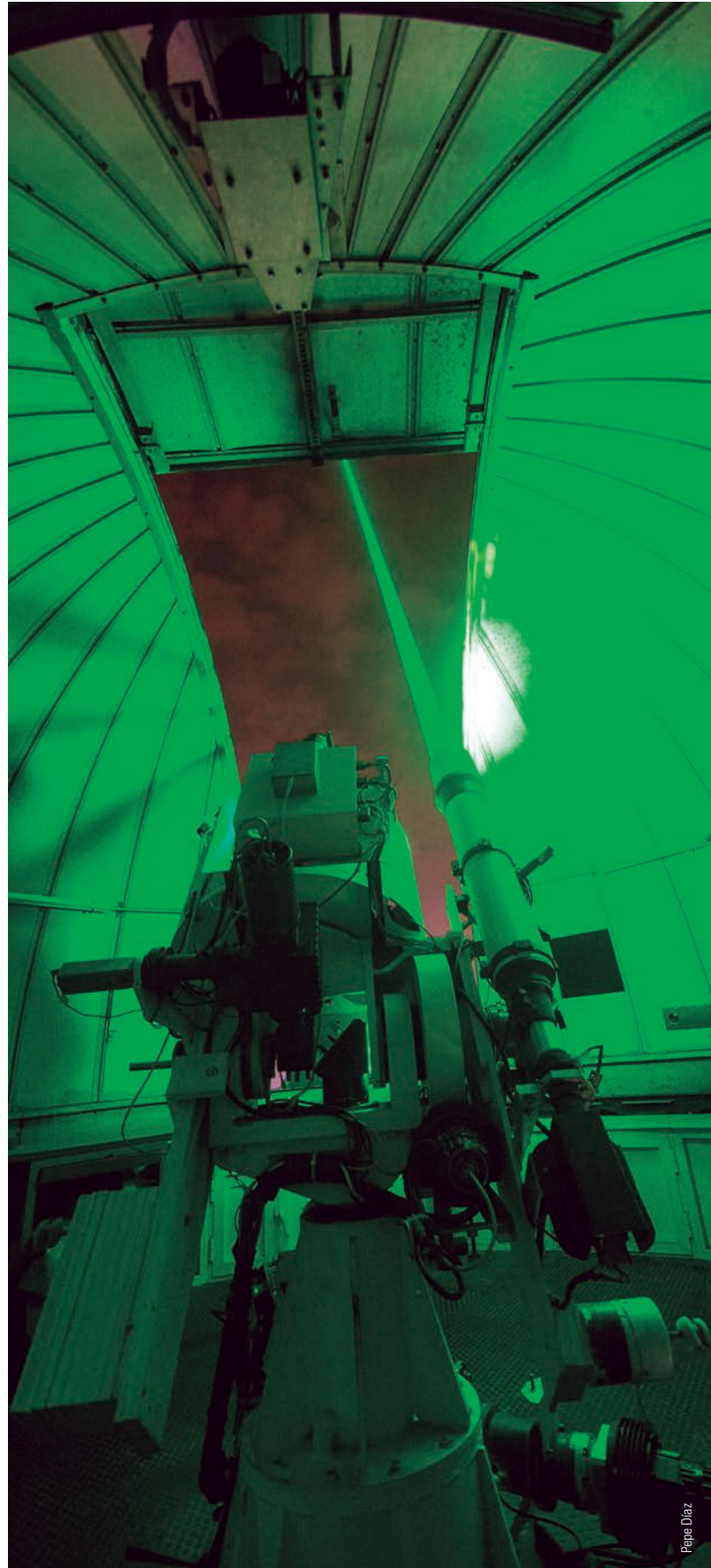
## *Se calcula que hay 17.000 objetos de más de 10 cm orbitando en el espacio*

A principios de este siglo, junto con el Observatorio Fabra de la Real Academia de Ciencias de Barcelona, el ROA acometió la transformación de la CBN en un moderno telescopio de gran campo capaz de funcionar en remoto, plenamente robotizado. Quedó instalado en la Sierra del Montsec en 2010, tomando el nombre de Telescopio Fabra-ROA en el Montsec (TFRM). Este equipo realizó las primeras observaciones de basura espacial en 2011, con motivo de la participación del ROA en una campaña de detección de satélites de la Agencia Espacial Europea. A lo largo del pasado año, el TFRM ha realizado un estudio sobre el efecto de incorporación de un determinado tipo de cámara en un foco auxiliar, lo que ha incrementado notablemente el número de observaciones en operacionales nominales, además de facultar al telescopio para realizar seguimientos de objetos en órbitas bajas.

Actualmente un equipo de quince personas en el láser, y de seis en el TFRM trabajan para que noche tras noche puedan realizarse seguimientos sobre este tipo de objetos. Ello contribuye, junto con otros sensores repartidos por nuestra geografía, a que España esté representada dignamente en esta misión que constituye un servicio público internacional. ■

---

*En homenaje al **CF Francisco Javier Montjo**, fallecido en aguas antárticas en marzo del presente año, y quien como oficial del ROA impulsó este tipo de actividades desde sus inicios.*



El láser sale de la cúpula del ROA a la velocidad de la luz, choca con el satélite y vuelve, con lo que se calcula su posición en el espacio.