

# Amarras Electrodinámicas

## Temas a tratar:

- ¿Qué son?
- ¿En qué se fundamentan?
- ¿Para qué se utilizan?
- Datos reales de utilización

## ¿Qué son?

- Los sistemas de amarra electrodinámica, están constituidos por dos masas conectadas por un cable conductor largo y flexible, que se encuentran juntas en órbita.
- Pueden suministrar potencia eléctrica a satélites o eliminar restos espaciales.
- Las amarras reducirían drásticamente el combustible necesario para maniobrar.



## ¿En qué se fundamentan?

- Toda EDT presenta una ventaja: puede aumentar o disminuir la energía orbital del sistema, gracias a un principio fundamental del electromagnetismo, al saber, que un campo magnético ejerce fuerza sobre cualquier cable sobre el que circula corriente según la regla de la mano derecha de Maxwell. Para una EDT en órbita terrestre baja, que gira hacia el oeste, con flujo de electrones de arriba a abajo la fuerza magnética se opondrá al movimiento orbital. La EDT experimentará un frenado semejante al de la resistencia aerodinámica; se reducirá la altura de la órbita.

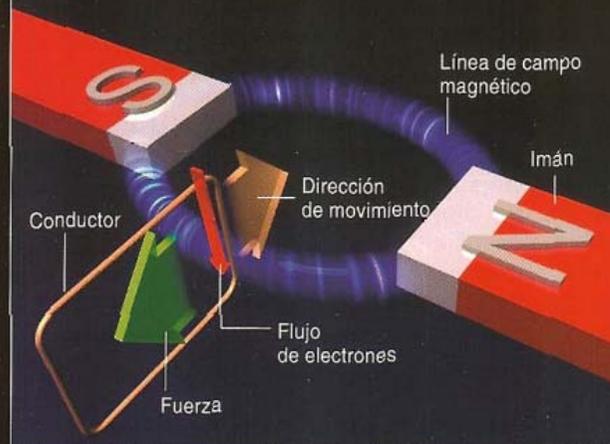
## COMO FUNCIONA UNA AMARRA ELECTRODINAMICA

Los sistemas de amarra electrodinámica tienen la capacidad de realizar muchas de las tareas de una astronave ordinaria sin tener que cargar a bordo combustible. Las amarras se valen de dos principios básicos del elec-

tromagnetismo: cuando un conductor se mueve en presencia de un campo magnético se induce una corriente eléctrica; un campo magnético ejerce fuerza sobre cualquier corriente.

### CORRIENTE INDUCIDA

Cuando un conductor se mueve a través de un campo magnético, sus cargas experimentan una fuerza que las empuja perpendicularmente a su movimiento y a la dirección del propio campo. Una amarra electrodinámica se vale de este fenómeno para generar energía eléctrica. La corriente, a su vez, experimenta una fuerza que se opone al movimiento del conductor.



### CORRIENTE FORZADA EXTERNAMENTE

Una batería añadida al circuito podría oponerse a la acción inductora del campo magnético e invertir el sentido de la corriente. La consecuencia sería que la fuerza magnética también cambiaría su sentido. Una amarra electrodinámica en órbita terrestre baja aprovecha este efecto para producir empuje. (Nota técnica: Los diagramas muestran el sentido del flujo de electrones, que es opuesto al sentido convencional de la corriente.)



## COMO PUEDE LA CORRIENTE MODIFICAR EL MOVIMIENTO ORBITAL

Cuando una amarra conductora en órbita terrestre baja cruza el campo geomagnético, se induce un flujo de electrones hacia la Tierra (*izquierda*). El propio campo, a su vez, ejerce sobre la corriente una fuerza que se opone al movimiento de la amarra. Esa fuerza de resistencia reduce la energía orbital de la amarra, que pierde altura.

O bien, la fuerza electromotriz de un panel fotovoltaico o de alguna otra fuente de potencia eléctrica puede invertir el sentido de la corriente, y en consecuencia el de la fuerza magnética (*derecha*). Entonces se tiene empuje en el sentido del movimiento de la amarra, que gana energía orbital y altura.



# ¿Para qué se utilizan?

- Los principales usos de las EDT consisten en transmisión de energía a satélites y sacar objetos de su órbita (recoger satélites muertos).

### COMO USAR AMARRAS PARA SACAR OBJETOS DE SU ORBITA

Decenas de miles de objetos en órbita —satélites abandonados, motores cohete, restos de explosiones y otros residuos— abarrotan la región de órbita terrestre baja, entre los 200 y los 2000 kilómetros de altura.

Pasarán decenas de años o siglos hasta que esa basura espacial pierda altura y alcance la atmósfera baja, donde la fricción con el aire la incinerará. Desplegar una amarra en cada satélite futuro apresurará ese proceso de manera simple y con un bajo costo.



1 Un satélite a una altura de 1000 kilómetros reentrará en la densa atmósfera baja y se quemará allí sólo dentro de dos mil años.

2 El satélite llega al fin de su misión y despliega su amarra. El frenado magnético hace descender al satélite a capas más densas de la atmósfera.

3 El satélite alcanza las capas más bajas, donde la fricción del aire le hace bajar rápidamente y quemarse.

Sistema de amarra desplegado

# Datos reales de utilización

## MISIONES DE AMARRA

En las últimas décadas se han lanzado al espacio multitud de amarras con un grado variado de éxito. Ha habido casos en que la amarra no pudo desplegarse en toda su longitud. Pero incluso los más problemáticos confirmaron las capacidades de los sistemas de amarra y dieron lugar a mejoras de diseño. En la tabla se indican en rojo las misiones de amarra electrodinámica.

NOMBRE	FECHA	ORBITA	LONGITUD	AGENCIA
Gemini 11	1967	LEO	30 m	NASA
Gemini 12	1967	LEO	30 m	NASA
H-9M-69	1980	Suborbital	<500 m	NASA
S-520-2	1981	Suborbital	<500 m	NASA
Charge-1	1983	Suborbital	500 m	NASA/VISAS JAPONESA
Charge-2	1984	Suborbital	500 m	NASA/VISAS JAPONESA
Oedipus-A	1989	Suborbital	958 m	NRC CANADIENSE/NASA
Charge-2B	1992	Suborbital	500 m	NASA/VISAS JAPONESA
<b>TSS-1</b>	<b>1992</b>	<b>LEO</b>	<b>&lt;500 m</b>	<b>NASA/Agencia Espacial Italiana</b>
SEDS-1	1993	LEO	20 km	NASA
<b>PMG</b>	<b>1993</b>	<b>LEO</b>	<b>500 m</b>	<b>NASA</b>
SEDS-2	1994	LEO	20 km	NASA
Oedipus-C	1995	Suborbital	1 km	NRC CANADIENSE/NASA
<b>TSS-1R</b>	<b>1996</b>	<b>LEO</b>	<b>19,6 km</b>	<b>NASA/Agencia Espacial Italiana</b>
TIPS	1996	LEO	4 km	NRO/NRL
ATEX	1999	LEO	6 km	NRL



ATEX



TIPS

# Referencias

- Artículo “Amarras electrodinámicas en el espacio” de la revista “Investigación y Ciencia (Octubre/2004) <<Pags 22-29>>”. Autores: Enrico Lorenzini y Juan R. San Martín.
- Búsqueda artículos internet (<http://astroseti.org/articulo/3145/un-poco-de-fisica-y-mucha-cuerda>).