

A satellite with two large blue solar panel arrays and two white parabolic antennas is shown in orbit above the Earth. The Earth's surface is visible below, showing a coastline and a large body of water. The sun is visible as a bright yellow glow on the horizon of the Earth.

Comunicaciones vía satélite

Trabajo de satélites

Alejandra Reinoso Sánchez

Índice

Tabla de figuras	2
1. Introducción	3
1.1. Introducción histórica	3
2. Satélites	4
2.1. AMSAT-OSCAR 7 (AO-7)	4
2.2. HADES-R	8
2.2.1. Transmisiones	8
2.2.2. Ejemplos de telemetría	15
2.3. URESAT-1	19
2.3.1. Módulos	20
2.3.2. Transmisiones	22
2.3.3. Ejemplo de telemetría	25
Referencias	27

Tabla de figuras

Ilustración 1. AO-7. Imagen de satélite	5
Ilustración 2. AO-7. Modos de transmisión.....	6
Ilustración 3. AO-7. Modos de transmisión (2)	6
Ilustración 4. AO-7. Posición y recorrido del satélite	7
Ilustración 5. AO-7. Parámetros del satélite.....	7
Ilustración 6. AO-7. Pase del satélite.....	8
Ilustración 7. HADES-R. Imagen del satélite	8
Ilustración 8. HADES-R. Modos de transmisión.....	10
Ilustración 9. HADES-R. Modos de transmisión (2)	10
Ilustración 10. HADES-R. Posición y recorrido del satélite	11
Ilustración 11. HADES-R. Parámetros del satélite.....	11
Ilustración 12. HADES-R. Pase del satélite.....	12
Ilustración 13. Registro de desplazamiento para el codificador multiplicativo.....	12
Ilustración 14. Registro de desplazamiento para el decodificador multiplicativo.....	12
Ilustración 15. Registro de desplazamiento de 16 bits CRC-CCITT-FALSE.....	13
Ilustración 16. HADES-R. Ejemplo estructura paquete FSK.....	14
Ilustración 17. HADES-R. Patrón de las transmisiones	15
Ilustración 18. HADES-R. Ejemplo de telemetría.....	17
Ilustración 19. Ejemplo de telemetría (2).....	18
Ilustración 20. Ejemplo de telemetría (3).....	19
Ilustración 21. URESAT-1. Imagen del satélite	20
Ilustración 22. URESAT-1. Módulos del satélite.....	21
Ilustración 23. URESAT-1. Ejemplo estructura de los paquetes FSK.....	24
Ilustración 24. URESAT-1. Patrón de las transmisiones	24
Ilustración 25. URESAT-1. Ejemplo de telemetría.....	25
Ilustración 26. URESAT-1. Ejemplo de telemetría (2).....	26

1. Introducción

AMSAT es una asociación de carácter mundial de radioaficionados que tienen como objetivo construir, lanzar y posteriormente comunicarse entre ellos a través de satélites de radioaficionados no comerciales. La trayectoria de AMSAT ha sido impresionante ya que no contaban con grandes fondos y aun así han conseguido hasta el día de hoy lanzar con éxito más de 60 de satélites de radioaficionados a base de mano de obra voluntaria y recursos donados.

1.1. Introducción histórica

Tal y como se comenta en la página oficial de AMSAT [1], la historia de los satélites de radioaficionados comienza antes de la creación de AMSAT, concretamente, apenas cuatro meses después del exitoso lanzamiento del Sputnik I de Rusia y de que Estados Unidos lanzara poco después el Explorer I el 31 de enero de 1958, un grupo de radioaficionados americanos de la Costa Oeste empezó a darle vueltas a la idea de poner en órbita un satélite. Lejos de ser una sueño, este grupo paso a ser llamado por Proyecto Óscar y después de una serie cambios, la American Radio Relay League y la fuerza área de estados unidos consiguieron que el primer satélite de radioaficionados, llamado OSCAR I, fuera lanzado a bordo del Discoverer XXXVI desde la Fuerza Aérea de Vandenberg, California, el día 12 de diciembre de 1961.

El satélite, que fue construido en garajes del equipo del Proyecto Oscar, pesaba unos 4,5 Kg y poseía un transmisor de radio que permitía a las estaciones terrestres medir la propagación de radio a través de la ionosfera además de la temperatura interna del satélite. Más de 570 radioaficionados pudieron obtener información de él durante 22 días ya que después se desintegró al quemarse cuando reingresó en la atmósfera. Fue en 1969 cuando se fundó la asociación que conocemos como AMSAT con el objetivo de continuar y mejorar el Proyecto Óscar, cuyo primera misión fue lanzar el OSCAR V a bordo de un vehículo de la NASA.

Las numerosas naves espaciales diseñadas y construidas por radioaficionados desde 1961 pueden clasificarse en tres fases según su función prevista:

- **Fase I:** los diseños de la fase I comprendían los satélites de órbita baja (LEO), de corta duración y orientados predominantemente a balizas, como los OSCAR I, II y III, y las series de naves espaciales rusas Iskra 1 y 2.
- **Fase II:** los satélites de esta fase también son pájaros de órbita baja terrestre, pero se lanzan a órbitas algo más altas y están diseñados para una vida útil mucho más larga.

Estos satélites AMSAT incluían los OSCAR 6, 7 y 8 y los OSCAR 9 y 11 de UoSAT. A principios de la década de 1990 varios de estos satélites de radioaficionados lucían un diseño pionero de los experimentadores de AMSAT llamado MICROSAT, el cual consistía en pequeños cubos de $50'8 \text{ cm}^2$ y con un peso de aproximadamente 9 kg que podían llevar uno o más transpondedores digitales de almacenamiento y retransmisión. Esta clase de satélites ha dado paso a una serie completamente nueva de satélites aún más pequeños y menos masivos llamados CubeSats.

- **Fase III:** los satélites de esta fase fueron diseñados para ser lanzados a una órbita altamente elíptica de tipo Molnya, que fue la primera en ser utilizada por la Unión Soviética. Entre estos satélites se encontraban los OSCAR 10, 13 y AO-40 y ofrecían a sus usuarios un tiempo de acceso mucho más prolongado, mayor potencia y transpondedores de comunicación más diversos. Además, ofrecen a sus usuarios una cobertura de comunicaciones mucho mayor que los situados en órbita terrestre baja debido a que los satélites de esta fase pueden ver casi un *hemisferio* entero de la Tierra al mismo tiempo permitiendo a los usuarios tener contactos simultáneos en uno o más continentes.

2. Satélites

A continuación, se explicarán alguno de los satélites lanzados junto con algunas de las características principales.

2.1. AMSAT-OSCAR 7 (AO-7)

Satélite lanzado el día 15 de noviembre de 1974 desde la base de la Fuerza Aérea de Vandernberg en California, y es uno de los más significativos por ser el satélite OSCAR que lleva más tiempo en funcionamiento. Este satélite fue el segundo de la llamada Fase 2 que AMSAT NA construyó y puso en el espacio en una órbita baja (LEO), concretamente $1444 \times 1459 \text{ km}$.



Ilustración 1. AO-7. Imagen de satélite

Como parámetros de interés, el satélite tiene un peso de 28'6 Kg y posee una antena de VHF/UHF con torniquete inclinado y polarización circular de forma octaédrica de 360 mm de altura y 424 mm de diámetro, así como un dipolo HF. Lleva transpondedores lineales de modo A (enlace ascendente de 145'850-950 MHz y enlace descendente de 29'400-500 MHz) y modo B (enlace ascendente de 432'180-120 MHz y enlace descendente de 145'920-980 MHz (invertido)) y balizas de 29'500 y 145'700 MHz, aunque la banda de 2304'1 MHz nunca se puso en funcionamiento debido a restricciones de tratados internacionales.

Por otro lado, contiene dos sistemas experimentales de telemetría diseñados para su uso con equipos terminales terrestres sencillos. El primer sistema, desarrollado por el grupo WIA-Project Australis en Australia, mide 60 parámetros en código de teletipo Baudot de cinco niveles con un desplazamiento de 850 Hz y 60 palabras por minuto, lo que permite la impresión en equipos de teletipo estándar en un formato fácilmente convertible para su procesamiento directo por una pequeña computadora digital. El segundo sistema mide 24 parámetros como números en código Morse estándar.

Funcionó sin problemas hasta 1981 debido a que el cortocircuito de una batería lo dejó fuera de servicio. Sin embargo, 20 años después, el satélite volvió a la vida al abrirse el circuito en corto de la batería lo que le ha permitido operar cuando recibe electricidad de sus paneles solares. Esto evidentemente ocurre cuando el sol incide sobre ellos estando inoperativo cuando está a la sombra (fase de eclipse).

El satélite AO-7 tiene varios modos de trabajo que son seleccionados de forma aleatoria por su ordenador de a bordo cuando se reinicia, incorpora balizas y debe ser operado en banda lateral (SSB) al incorporar un transpondedor lineal permitiendo contactos intercontinentales. El transpondedor copia todo lo que le llega y lo transmite a otra frecuencia en el enlace descendente.

Resaltar que en la página de SatNOGS [2] podemos acceder a características de todo tipo. Como ejemplo, se puede acceder al apartado de transmisores donde se pueden ver los distintos modos de transmisión que hemos comentado anteriormente con alguna característica más.

Mode U TLM Beacon	
Type	Transmitter
Downlink Mode	CW
Downlink Frequency	435.100 MHz
Downlink Drifted	435.106 MHz

Mode U/V (B) TLM Beacon	
Type	Transmitter
Downlink Mode	CW
Downlink Frequency	145.977 MHz
Downlink Drifted	145.973 MHz

Mode V/A (A) TLM Beacon	
Type	Transmitter
Service	Amateur
Downlink Mode	CW
Downlink Frequency	29.502 MHz

13 cm Beacon (40mW)	
Type	Transmitter
Service	Amateur
Downlink Mode	CW
Downlink Frequency	2304.100 MHz

Ilustración 2. AO-7. Modos de transmisión

Mode V/A (A) Lin SSB	
Type	Transponder
Service	Amateur
Downlink Mode	USB
Downlink Frequency	29.400 MHz
Uplink Mode	USB
Downlink High	29.500 MHz
Uplink Frequency	145.850 MHz
Uplink High	145.950 MHz

Mode V/A (A) Lin CW	
Type	Transponder
Downlink Mode	CW
Downlink Frequency	29.400 MHz
Uplink Mode	CW
Downlink High	29.500 MHz
Uplink Frequency	145.850 MHz
Uplink High	145.950 MHz

Mode U/V (B) Lin	
Type	Transponder
Downlink Mode	USB
Downlink Frequency	145.925 MHz
Uplink Mode	LSB
Downlink High	145.975 MHz
Uplink Frequency	432.125 MHz
Uplink High	432.175 MHz
Inverted	Yes

Ilustración 3. AO-7. Modos de transmisión (2)

Además, hay una opción que permite ver en que posición está el satélite y cuál es su recorrido tal y como se muestra en la siguiente captura.

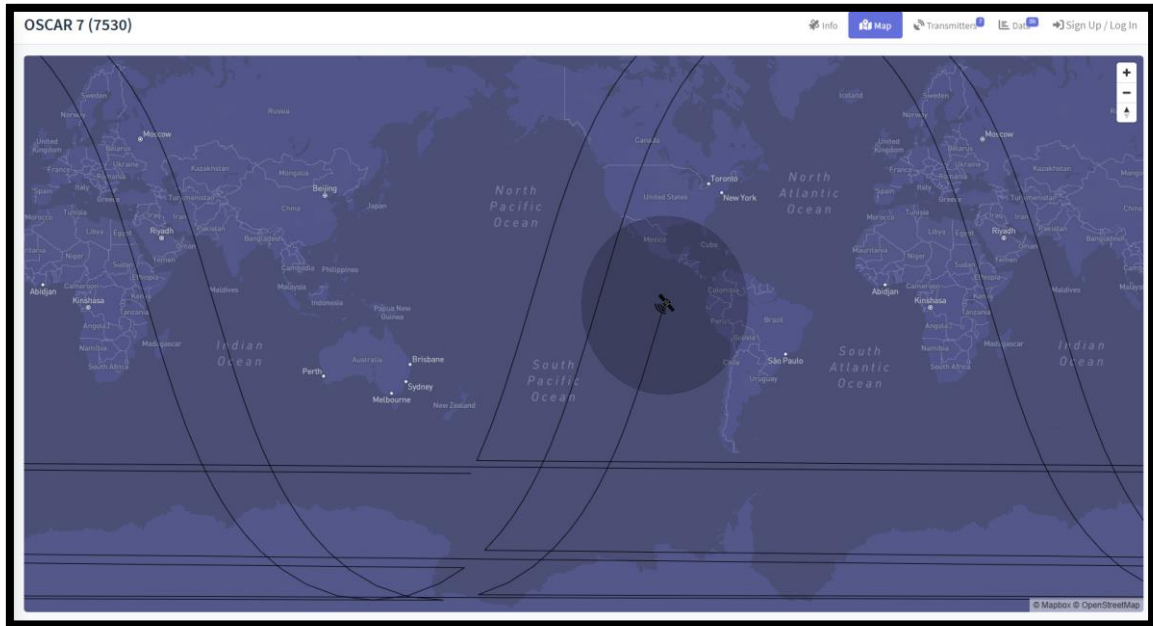


Ilustración 4. AO-7. Posición y recorrido del satélite

Por otro lado, en la página N2YO [3] se pueden observar parámetros clave como el perigeo, apogeo, inclinación o el periodo.

OSCAR 7

[Track OSCAR 7 now!](#)
[10-day predictions](#)

OSCAR 7 is classified as:

- [Amateur radio](#)

NORAD ID: 7530
Int'l Code: 1974-089B
Perigee: 1,446.9 km
Apogee: 1,465.6 km
Inclination: 102.0 °
Period: 114.9 minutes
Semi major axis: 7827 km
RCS: 0.7708 m² (medium)
Launch date: November 15, 1974
Source: United States (US)
Launch site: AIR FORCE WESTERN TEST RANGE (AFWTR)

Ilustración 5. AO-7. Parámetros del satélite

Además, en la web se muestra cuándo es el siguiente pase del satélite según la posición del usuario que lo consulta, la duración que tendrá y algunos datos adicionales de ayuda.

NEXT PASS OF OSCAR 7 OVER YOUR CURRENT LOCATION						
START AZIMUTH		MAX ELEVATION		END AZIMUTH		TOTAL DURATION
Mar 9 16:06	109° ESE	16:16	21°	16:25	353° N	18m 25s

Ilustración 6. AO-7. Pase del satélite

2.2. HADES-R

Tal y como se comenta en AMSAT-EA [4] este satélite es un PocketQube con dimensiones 5x5x7.5 cm y fue lanzado el 14 de enero de 2025 a bordo del cohete Falcon 9 de SpaceX desde la Base de la Fuerza Espacial Vandenberg. Sin embargo, no fue hasta el miércoles 22 cuando fue expulsado y estuvo ya operativo tanto en telemetría como su receptor de FM debido a que el satélite estaba en un vehículo de transferencia orbital (OTV) de la compañía D-Orbit. Además, como misión secundaria, se realiza a cabo un experimento de Smart IR/Graphene Engineering Innovation Centre, University of Manchester (Reino Unido) el cual consiste en un radiador activo de muy baja potencia que se prueba en condiciones espaciales.

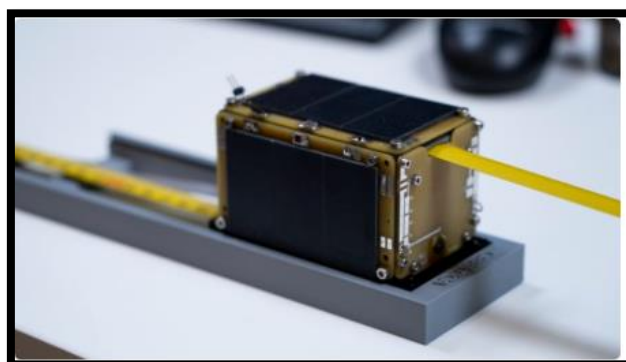


Ilustración 7. HADES-R. Imagen del satélite

2.2.1. Transmisiones

Se usa una modulación FSK, con una separación de 1125 Hz entre tonos y una velocidad inicial de 200 bits por segundo (con posibilidad de aumentarse hasta 2400 bps) para sus transmisiones de telemetría y de repetidor digital regenerativo. La frecuencia más baja representa el valor 1, mientras que la más alta el 0. Son 16 los tipos de transmisiones realizadas desde el satélite:

- Paquete tipo 01: SAT-TIERRA Telemetría FSK Power (potencia)
- Paquete tipo 02: SAT-TIERRA Telemetría FSK Temp (temperatura)
- Paquete tipo 03: SAT-TIERRA Telemetría FSK Status (estado del satélite)
- Paquete tipo 04: SAT-TIERRA Telemetría FSK Power stats (estadísticas de potencia)

- Paquete tipo 05: SAT-TIERRA Telemetría FSK Temp stats (estadísticas de temperatura)
- Paquete tipo 06: SAT-TIERRA Telemetría FSK Sunvector (datos sensores de luz)
- Paquete tipo 08: SAT-TIERRA Telemetría FSK Deploy (datos despliegue de antena)
- Paquete tipo 09: SAT-TIERRA Telemetría FSK Extended Power stats (datos extendidos de potencia)
- Paquete tipo 12: SAT-TIERRA Telemetría FSK Efemérides
- Paquete tipo 13: Sin uso
- Paquete tipo 14: SAT-TIERRA Telemetría FSK Time series
- Paquete tipo 15: SAT-TIERRA Telemetría FSK Datos experimento de SMART-IR

Aparte de estas transmisiones generadas en el satélite, tres tipos de retransmisiones están disponibles como servicio para usuarios de estaciones en Tierra:

- Retransmisiones de voz en FM (Modo 1)
- Retransmisiones de datos FSK / AFSK hasta 2400 bps (AX.25, APRS...) (Incluidas en el Modo 1 también)
- Retransmisiones de datos regenerados FSK a 50-2400 bits por segundo (Modo 2). Más concretamente:
 - Enlace ascendente: 145.925 MHz con modos voz FM (sin subtono) y FSK 200 bps, AFSK, AX.25, APRS 1200 / 2400 bps
 - Enlace descendente: 436.888 MHz con modos voz FM, CW, FSK 200 bps-2400 bps

Todo esto es posible gracias a un repetidor de voz FM y FSK que tiene implementado basado en SDR el cual se abre por nivel de silenciamiento sin la necesidad de un subtono. Para el caso concreto del repetidor regenerativo de paquetes FSK (Transpondedor en modo 2), cuando éste está activo, las señales recibidas son muestreadas siendo restauradas digitalmente y enviadas al módulo de transmisiones. Es importante destacar que por defecto tras el lanzamiento se encuentran en modo 0, es decir, desactivado, siendo su activación necesaria por telecomando.

Tal y como se aprecia en las siguientes capturas recogidas de la página de SatNOGS, el formato es el mismo en cada tipo pero cambiando el modo y en algunos mostrando además el número de símbolos por segundo de la transmisión.

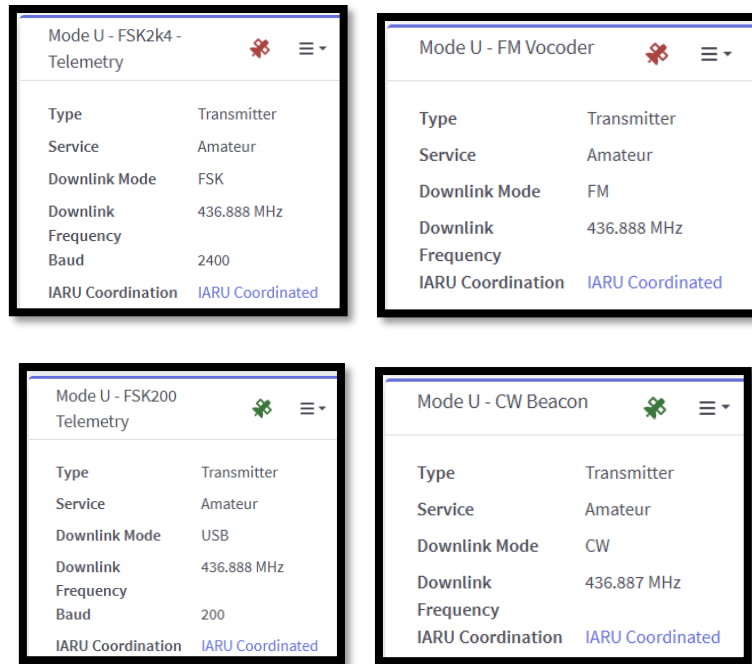


Ilustración 8. HADES-R. Modos de transmisión

En las siguientes imágenes, al ser transceptores, no tiene la misma funcionalidad exactamente que un transpondedor, ya que en el caso del transceptor el receptor manda la información a un CAD para después muestrearlo a 8000 muestras por segundo y se procesa por unos filtros y luego por un DAC, para terminar mandándolo al varactor, el cual genera una señal que varía en frecuencia (FSK) en base a la variación del voltaje de entrada. Por tanto, el transceptor es más complejo que el transpondedor y no reenvía todo lo que le llega, sino que se transmiten solo los modos que se aprecian. Como se observa en la siguientes capturas, desde la estación base terrena se envía la señal a una frecuencia de 145'925 MHz en el enlace ascendente, y el satélite usando el transceptor (que hace el proceso comentado), lo reenvía con la misma modulación en el enlace descendente pero a otra frecuencia, concretamente en 436'888MHz.

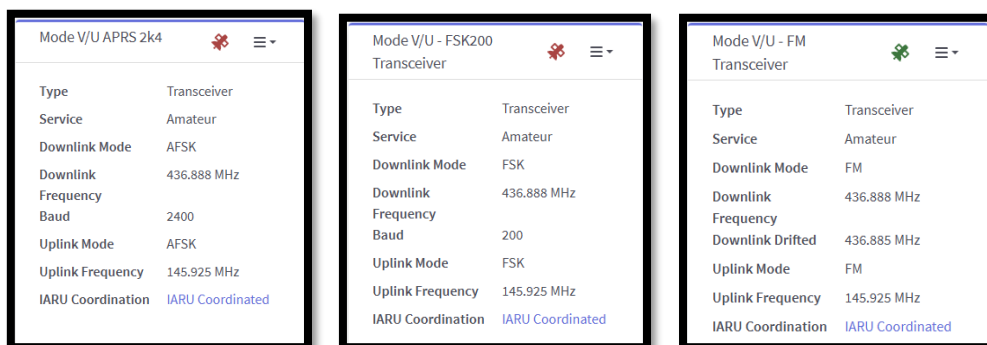


Ilustración 9. HADES-R. Modos de transmisión (2)

Respecto a la posición del satélite y su trayectoria en su órbita LEO, se puede consultar la web de SatNOGS (como ya se ha comentado) para obtenerlas y saber cuál es el pase más conveniente según la ubicación de la estación.

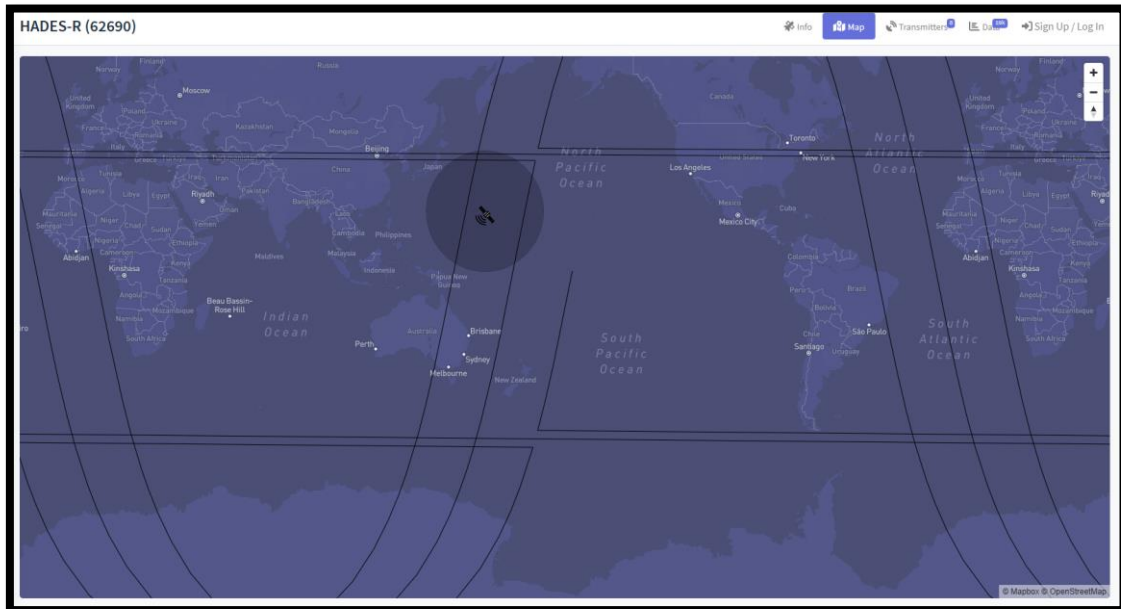


Ilustración 10. HADES-R. Posición y recorrido del satélite

Respecto a otros parámetros de interés como el perigeo, apogeo, inclinación, etc, así como cuándo será el próximo pase, se puede consultar la web N2YO (como ya se ha comentado) obteniéndose los siguientes:

HADES-R

[Track HADES-R now!](#)
[10-day predictions](#)

NORAD ID: 62690
Int'l Code: 2025-009CK
Perigee: 511.1 km
Apogee: 514.3 km
Inclination: 97.4 °
Period: 94.7 minutes
Semi major axis: 6883 km
RCS: Unknown
Launch date: January 14, 2025
Source: Spain (SPN)
Launch site: AIR FORCE WESTERN TEST RANGE (AFWTR)

Ilustración 11. HADES-R. Parámetros del satélite

NEXT PASS OF HADES-R OVER YOUR CURRENT LOCATION						
START AZIMUTH		MAX ELEVATION		END AZIMUTH		TOTAL DURATION
Mar 9 13:28	352° N	13:32	15°	13:37	234° SW	09m 45s

Ilustración 12. HADES-R. Pase del satélite

Por otro lado, respecto al formato de las transmisiones, se tiene:

- **Baliza CW:** La baliza CW se transmite con el formato: VVV XXXXXX. Tanto CW como otras transmisiones puede que no se generen en caso de que el satélite se encuentre en un estado de bajo nivel de energía.
- **Paquetes FSK:** los paquetes FSK generados en el satélite pueden ser de los tipos indicados anteriormente, donde cada uno de ellos es generado en el momento de su transmisión y sus bytes son enviados en formato 'primero MSB' (primero el bit más significativo).
- **Codificación (scrambling) de los paquetes de datos:** un proceso de codificación (scrambling) es llevado a cabo en todos los paquetes FSK. Los únicos campos que no son codificados son la propia secuencia de entrenamiento, el campo de sincronización, el tipo de paquete (campos 1, 2 y 3 en todos los paquetes) y el CRC que se sitúa al final. Los algoritmos de codificación y decodificación están basados en un scrambler multiplicativo estando la implementación de este definida mediante el siguiente polinomio: $G(x) = x^{17} + x^{12} + 1$. Las siguientes imágenes muestran el codificador y decodificador multiplicativo respectivamente.

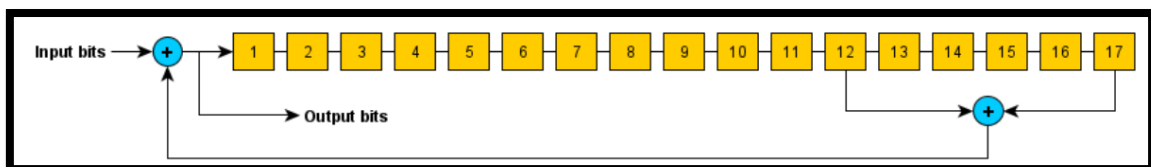


Ilustración 13. Registro de desplazamiento para el codificador multiplicativo

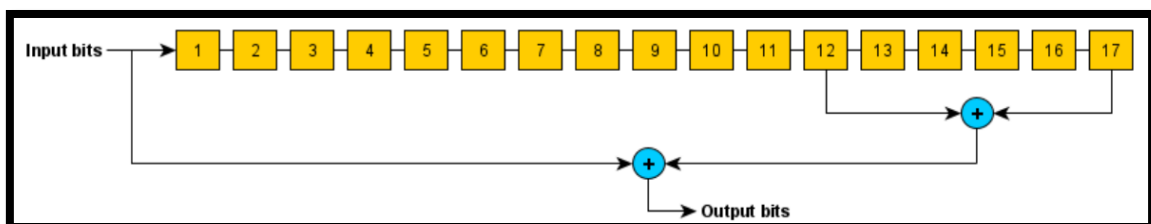


Ilustración 14. Registro de desplazamiento para el decodificador multiplicativo

Resaltar que debido a que no todos los campos del paquete son codificados, se inicializan los registros de desplazamiento para cada paquete recibido. El estado inicial de los registros (asumiendo que se usa una variable de 32 bits para la implementación) es 0x2C350000 y sólo se aplica el registro de desplazamiento a los bits codificados.

- **Cálculo del CRC:** el cálculo del checksum con CRC se hace utilizando CRC-CCITT-FALSE mostrado en la siguiente captura. El CRC se aplica comenzando por el campo tipo hasta el final de los datos de cada paquete.

Polinomio: 0x1021.

Valor inicial: 0xFFFF.

Valor final Xor: 0x0.

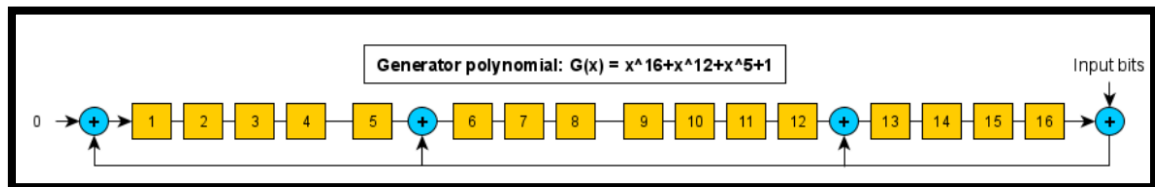


Ilustración 15. Registro de desplazamiento de 16 bits CRC-CCITT-FALSE

Respecto a la estructura de los paquetes FSK todos ellos comienzan con una secuencia de entrenamiento de 128 bits que alterna unos y ceros, seguida de dos bytes de sincronización los cuales permiten al receptor detectar el comienzo del paquete. El siguiente campo será siempre el tipo, que permite distinguir unos de otros, y la dirección de origen, que en este caso tiene el valor hexadecimal D al tratarse del HADES-R. Los campos son enviados siempre con formato MSB primero, es decir, el bit más significativo es el primero en enviarse (el de más a la izquierda). A continuación, se muestra un ejemplo de esto mismo sobre el paquete FSK de tipo 01:

ID	Bits	NOMBRE CAMPO	MU	DESCRIPTION
1	128	Training	--	0xAAAAAAAA
2	16	Sync	--	0xBF35
3	4	Type	--	Tipo de paquete: 1
4	4	Address	--	Dirección origen: 2 HADES-ICM, B MARIA-G, C UNNE-1, D HADES-R
5	32	Sclock	s	Reloj del Sistema en el momento de la transmisión
6	8	Spa	mW	SPA (Potencia Panel A) I2C Máxima 3 últimos minutos
7	8	Spb	mW	SPB (Potencia Panel B) I2C Máxima 3 últimos minutos
8	8	Spc	mW	SPC (Potencia Panel C) I2C Máxima 3 últimos minutos
9	8	Spd	mW	SPD (Potencia Panel D) I2C Máxima 3 últimos minutos
10	16	Spi	mW	SPI Potencia total instantánea (SPA+SPB+SPC+SPD)
11	12	vbus1	mV	VBUS1 CPU.ADC Salida MPPT
12	12	vbat1	mV	VBAT1 EPS.ADC Lee alimentación BAT
13	12	Vcpu	mV	VCPU CPU.ADC Lee alimentación CPU tras convertor DC/DC
14	16	vbus2	mV	VBUS2 EPS.I2C (Tensión VBUS leída en placa EPS)
15	12	vbus3	mV	VBUS3 CPU.I2C (Tensión VBUS leída en la placa CPU) I2C
16	12	vbat2	mV	VBAT2 EPS.I2C (Voltaje entrada payload) EPS.I2C Mismo voltaje que batería
17	12	Ibat	mA	IBAT I2C (Corriente entrada/salida a batería) I2C
18	12	Icpu	mA	ICPU I2C (Corriente entrada placa CPU) I2C
19	12	Ipl	mA	IPL (Corriente consumo Payload. Última medida distinta de 0) I2C, en placa EPS
20	8	Peaksignal	dBm	Nivel de señal pico desde la ultima transmision del paquete POWER, 1 LSB=0.5dB
21	8	Modasignal	dBm	Nivel de ruido desde la ultima transmision del paquete POWER, 1 LSB=0.5dB
22	8	Lastcmdsignal	dB	Nivel de señal del ultimo telecomando recibido. Persistente E2P, 1 LSB=0.5dB

Ilustración 16. HADES-R. Ejemplo estructura paquete FSK

Resaltar que el satélite posee dos modos posibles de funcionamiento configurables por telecomando:

- **Modo debug (por defecto):** donde se transmite toda la telemetría. Las transmisiones siguen un patrón cíclico reflejado en la siguiente captura. Las transmisiones se realizan en slots de 30 segundos y si cuando va a comenzar una transmisión el slot está ocupado (por no haber acabado una transmisión anterior o estar por ejemplo el transpondedor activo), se intentará en el siguiente slot, pero no se salta ninguna transmisión de la secuencia. Tx_time_series puede contener cuatro tipos distintos de datos (se transmite una variable cada vez) y si hay poca energía, tan solo se transmiten los paquetes indicados.
- **Modo operación:** en el que se da preferencia al transpondedor y por tanto solo se transmite el paquete de efemérides cada 3 minutos.

Secuencia	Notas:		
tx_status			
tx_payload	tx_payload	MARIA-G	María Guerrero (CW)
tx_power		UNNE-1	Juego Universidad Nebrija
tx_time_series		HADES-R/ICM	Experimento Smart-IR
tx_temp	Asterisco: HADES-R/ICM no		
tx_ephemeris			
tx_status	tx_conditional	Si MARÍA-G	tx_deploy
tx_power_stats			vacío
tx_payload*			Datos Fraunhofer_telemetry
tx_power			
tx_temp_stats		Demás:	tx_deploy
tx_temp			vacío
tx_conditional			
tx_status	Si batería baja	tx_status	(en sus respectivos momentos)
tx_power		tx_power	
tx_payload*		tx_temp	
tx_time_series		tx_ephemeris	
tx_temp			
tx_ephemeris			
tx_status	tx_time_series	0	señal pico
tx_sunvector		1	ruido moda
tx_power		2	vbat1
tx_payload*		3	tcpu
tx_ine		4	tpa
tx_temp		5	(tpa+tpb+tpc+tpd)/4
tx_time_series			
tx_time_series			
tx_time_series			

Ilustración 17. HADES-R. Patrón de las transmisiones

Resaltar que las transmisiones del módulo Fraunhofer son independientes y se realizan cada 6 minutos con una duración de 30 segundos.

Por último y respecto al transpondedor, se encuentra apagado tras el lanzamiento debiéndose activar por telecomando. Una vez activo, puede utilizarse inmediatamente después de cualquier transmisión. En caso de activarse continuará activo hasta el final del minuto, debiendo renovarse después la rotura del squelch. El transpondedor funciona por nivel sin necesidad de subtonos.

2.2.2. Ejemplos de telemetría

A continuación se dejarán algunos paquetes de telemetría recibidos del satélite de los cuáles analizaremos algunos campos interesantes.

La primera línea corresponde a la información del paquete recibida del satélite y que procesa el decodificador.

20250219-17:39:36 : Processing Line number 17 - [2025-02-19
16:11:44|ED74F02400045F6266686A696B6C6E7173777A756B635D56504A46423E383
4363E444A50|/K8DP-EN62vt]

Una vez ya pasada por el decodificador podemos ver ahora de una forma más legible la fecha, la hora, y los datos en texto plano. Los bytes de datos siempre siguen el mismo formato descrito a continuación:

- El primer carácter (empezando por la izquierda) nos indica el **tipo de paquete** que estamos recibiendo que en este caso es una E (en decimal es un 14) y si nos vamos al principio del apartado de transmisiones observamos que corresponde a Telemetría FSK Time series.
- El segundo de ellos nos dice el **ID del satélite**, siendo en este ejemplo una D (en decimal es un 13) que es el identificador correspondiente al satélite Hades-R.
- Por último, el resto de los caracteres conforman la **información** correspondiente. En la imagen adjunta podemos ver el rango de temperaturas que alcanza el satélite según va orbitando, que van desde [-14,21] grados centígrados, siendo el T-000 la temperatura más actual. Son tomadas cada 3 min hasta que completa la órbita que es a los 90 min.

20250219-17:39:36 : Date is [2025-02-19] Time is [16:11:44], raw bytes are

[ED74F02400045F6266686A696B6C6E7173777A756B635D56504A46423E3834363E444
A50], callsign-grid is [K8DP-EN62vt]

*** Time series packet received on Local time 20250219-17:39:36 ***

```

*** Time series packet received on local time 20250219-17:39:36 ***
sat_id      : 13 (HADES-R)
sclock      : 2420852 seconds (28 days and 00:27:32 hh:mm:ss)
Variable    : 4 (tpa)
Data [000]  : +7.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-087) minutes
Data [001]  : +9.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-084) minutes
Data [002]  : +11.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-081) minutes
Data [003]  : +12.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-078) minutes
Data [004]  : +13.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-075) minutes
Data [005]  : +12.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-072) minutes
Data [006]  : +13.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-069) minutes
Data [007]  : +14.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-066) minutes
Data [008]  : +15.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-063) minutes
Data [009]  : +16.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-060) minutes
Data [010]  : +17.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-057) minutes
Data [011]  : +19.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-054) minutes
Data [012]  : +21.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-051) minutes
Data [013]  : +18.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-048) minutes
Data [014]  : +13.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-045) minutes
Data [015]  : +9.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-042) minutes
Data [016]  : +6.5 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-039) minutes
Data [017]  : +3.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-036) minutes
Data [018]  : +0.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-033) minutes
Data [019]  : -3.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-030) minutes
Data [020]  : -5.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-027) minutes
Data [021]  : -7.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-024) minutes
Data [022]  : -9.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-021) minutes
Data [023]  : -12.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-018) minutes
Data [024]  : -14.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-015) minutes
Data [025]  : -13.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-012) minutes
Data [026]  : -9.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-009) minutes
Data [027]  : -6.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-006) minutes
Data [028]  : -3.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-003) minutes
Data [029]  : +0.0 degC temperature in SPA.I2C - Sampled at (T-000) minutes

```

Ilustración 18. HADES-R. Ejemplo de telemetría

Esta primera línea como se ha comentado en el paquete anterior es la información a procesar por el decodificador.

```

20250219-17:39:36: Processing Line number 15 - [2025-02-19
16:14:44|3D28F124007636190002000F0592041100020000FF0B1000010003|K8DP-
EN62vt]

```

En este caso, la estructura de los datos se mantiene, pero cambia algunos de sus valores de tal forma que el tipo de paquete ahora es el número 3 que corresponde con el estado del satélite, el segundo carácter sigue siendo una D ya que no hemos cambiado de satélite y la información es la asociada al primer carácter. De este paquete es interesante ver que el satélite lleva 28 días activo, que la CPU se ha iniciado 2 veces y que el último reseteo se hizo hace 19 días. En relación a la antena se puede ver que se ha intentado desplegar 5 veces y que el transpondedor ha sido activado 146 veces, esa cuenta la lleva un contador variable cíclico de 8 bits que cuando llegue a 255 vuelve a cero, con la intención de saber así si se está activando.

```

20250219-17:39:36: Date is [2025-02-19] Time is [16:14:44], raw bytes
are [3D28F124007636190002000F0592041100020000FF0B1000010003],
callsign-grid is [K8DP-EN62vt]

```


*** Status packet received on Local time 20250219-17:39:36 ***

```
*** Status packet received on local time 20250219-17:39:36 ***
sat_id      :      13 (HADES-R)
sclock      :      2421032 seconds satellite has been active (28 days and 00:30:32 hh:mm:ss)
uptime      :      1652342 seconds since the last CPU reset (19 days and 02:59:02 hh:mm:ss)
nrun        :          2 times satellite CPU was started
npayload    :          15 times payload was activated
nwire       :          5 times antenna deployment was tried
ntransponder :        146 times transponder was activated
nPayloadsFails :      OK
last_reset_cause :      4 Software reset
bate (battery) :      1 Charged (Between 3550 mV and 4200 mV)
mote (transponder) :      1 Enabled in FM mode
nTasksNotExecuted :      OK
nExtEepromErrors :      OK
antennaDeployed :      UNKNOWN
last_failed_task_id :
messaging enabled :      No
strfwd0 (id) :      B (11)
strfwd1 (key) :      10 (16)
strfwd2 (value) :      1 (1)
strfwd3 (num_tcnds) :      3 (3)
```

Ilustración 19. Ejemplo de telemetría (2)

Al igual que en los anteriores paquetes, esta línea va a ser procesada por el decodificador para que tenga un formato legible.

```
20250219-17:39:36 : Processing line number 20 - [2025-02-19
16:09:14|1DDEEF2400C0697C017A007BB66B6505D483400FFB01B8693000000000||K
8DP-EN62vt]
```

En este ejemplo vemos que el paquete es de tipo 1, es decir, que viene a referirse a la potencia del satélite y el resto de caracteres son como los anteriormente comentados. En la captura se observa uno de los motivos por lo que la telemetría es tan importante. En uno de los sensores, concretamente el *spd*, la medida es cien veces inferior en comparación con los otros cuatro, por lo que da a entender que ese sensor durante el camino al espacio se ha podido dañar ya que el satélite al estar girando sobre sí mismo es imposible que este dándole la sombra tanto tiempo.

```
20250219-17:39:36 : Date is [2025-02-19] Time is [16:09:14], raw bytes
are [1DDEEF2400C0697C017A007BB66B6505D483400FFB01B8693000000000],
callsign-grid is [K8DP-EN62vt]
```

*** Power packet received on Local time 20250219-17:39:36 ***

```
*** Power packet received on local time 20250219-17:39:36 ***
sat_id      : 13 (HADES-R)
sclock      : 2420702 seconds (28 days and 00:25:02 hh:mm:ss)
spi         : 244 mW (total instant power)
spa        : 384 mW (last 3 mins peak)
spb        : 210 mW (last 3 mins peak)
spc        : 248 mW (last 3 mins peak)
spd        : 2 mW (last 3 mins peak)

vbus1      : 4086 mV bus voltage read in CPU.ADC
vbus2      : 4116 mV bus voltage read in EPS.I2C
vbus3      : 4128 mV bus voltage read in CPU.I2C

vbat1      : 4083 mV bat voltage read in EPS.ADC
vbat2      : 4076 mV bat voltage read in EPS.I2C

vbus1-vbat1 : 3 mV
vbus3-vbus2 : 12 mV

vcpu       : 2873 mV

icpu       : 19 mA @DCDCinput
icpu       : 27 mA @DCDCoutput (estimation)
ipl        : 105 mA (Last payload current)
ibat       : -72 mA (Current flowing into the battery)

peaksignal : 0 dB
modasignal : 0 dB
lastcmdsignal : 0 dB
lastcmdnoise : 0 dB
```

Ilustración 20. Ejemplo de telemetría (3)

2.3. URESAT-1

Tal y como se menciona en la web URESAT [5] ,el satélite URESAT-1 también conocido como HADES-B según su designación de la ITU, fue lanzado con éxito al espacio como parte de la misión SpaceX Transporter-8 desde Vandenberg AFB el lunes 12 de junio de 2023. El satélite es un esfuerzo conjunto de AMSAT-EA, URE (el equivalente español de la ARRL), empresas privadas y universidades.

El satélite, contenido en el Vehículo de Transferencia Orbital (OTV) D-Orbit ION, no se desplegó directamente desde el cohete Falcon-9 ya que, durante aproximadamente una hora y veinte minutos, el cohete se detuvo en el espacio. Trascurrido ese tiempo, el Falcon-9 liberó el OTV, desplegándose el URESAT-1 aproximadamente a las 12:10 UTC del 22 de junio de 2023.

Uno de los principales objetivos de URESAT-1 es servir como repetidor de voz FM y datos FSK. El satélite cuenta con una cámara de televisión de barrido lento (SSTV) para transmitir imágenes en directo e imágenes almacenadas a intervalos regulares, así como con un juego de ajedrez, que permite a los jugadores de la Tierra participar en una partida contra el satélite.

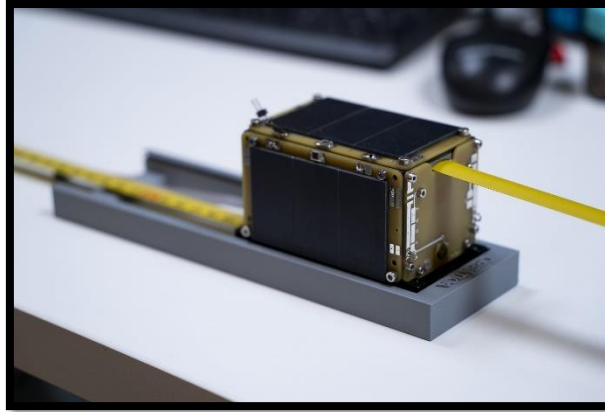


Ilustración 21. URESAT-1. Imagen del satélite

2.3.1. Módulos

Tal y como se muestra en la siguiente captura, la arquitectura de módulos/unidades funcionales del satélite está compuesta por:

- **Paneles solares y sistema de energía (EPS – Electric Power System):** hasta seis caras del satélite +X+Y+Z-X-Y-Z están equipadas con paneles solares. Los paneles de caras opuestas están conectados a un mismo circuito MPPT. El circuito MPPT (Maximum Power Point Tracker) es un chip que hace trabajar al panel en su punto óptimo, permitiendo extraer de él la máxima energía posible teniendo dos bucles de control, de tal forma que cuando la iluminación del panel varía, primero modifica el punto de corriente-tensión de trabajo maximizando la potencia extraída, y a su vez, mantiene estable la tensión de salida. Uno o varios paneles pueden ser iluminados simultáneamente. Los MPPT se conectan al bus principal de potencia. Una batería de alta densidad y bajo peso está conectada al bus principal de potencia mediante un circuito interruptor y el sistema de control de carga de batería del EPS vigila que la batería no es cargada en exceso, o descargada por debajo de un límite.
- **Procesador de control (OBC – On Board Computer):** el microprocesador monitoriza distintos puntos del satélite (tensiones, corriente, temperaturas, contadores) y genera paquetes periódicos de telemetría para su observación por operadores de control. El microprocesador de 32 bits de control incluye capacidades de procesamiento de la señal en banda base procedente del demodulador de FM analógico y decodificación de paquetes de telecontrol. Este microprocesador implementa un sistema rudimentario de store-and-forward, permitiendo leer/escribir sobre la memoria no volátil Flash mediante paquetes de telecontrol/telemetría.

- **Sistema receptor (RX) y transmisor (TX):** el sistema receptor está basado en un SDR ad-hoc que permite implementar diferentes servicios de comunicaciones y navegación sin modificar el satélite. Permite transmitir y recibir simultáneamente (operación FULL DUPLEX) o permanecer en la recepción a la espera de señales. Diferentes formas de onda (modulación/protocolo) son posibles implementar tanto en la cadena de recepción como en la de transmisión sustituyendo los elementos software.
- **Sistema de antenas y estructura mecánica:** las antenas implementadas son un monopolo para VHF y otro para UHF hechos de cinta métrica, material muy práctico porque conduce y por tanto sirve de antena y porque recupera su posición cuando se suelta. Por su lado, la estructura metálica usa técnicas y maquinaria de fabricación aditiva en acero, teniendo la necesaria robustez para las cargas que aparecen durante el lanzamiento y ascensión. La estructura mecánica, determinación/control de orientación y control térmico son pasivos y no consumen energía eléctrica
- **Sistema de control de orientación (ADCS):** un sistema de orientación basado en imanes y materiales diamagnéticos con un único eje estabilizado que fuerza la utilización de antenas de baja directividad. La amplitud de precesión se estima en 30 grados.
- **Sistema de control térmico:** se asegura de que el satélite trabaja en un rango de temperaturas razonables.

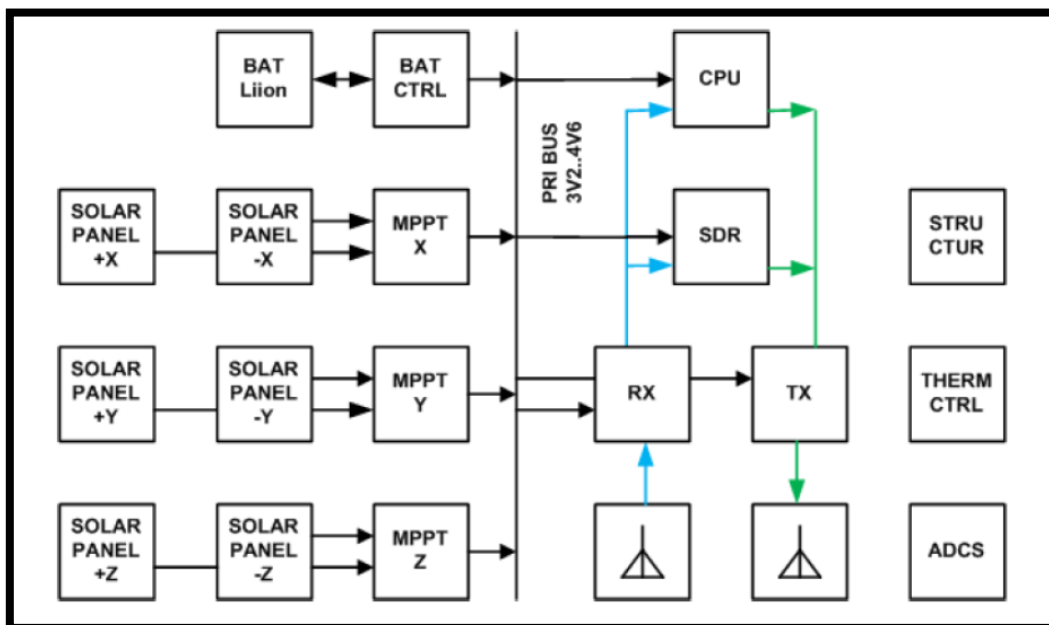


Ilustración 22. URESAT-1. Módulos del satélite

2.3.2. Transmisiones

En el satélite se utiliza una modulación FSK con separación de 1000 Hz entre tonos, y una velocidad de 50 bps para sus transmisiones de telemetría y de repetidor digital regenerativo, diferenciándose los paquetes entre sí por el campo type. La frecuencia más baja (marca) representa el valor de bit 1, mientras que la más alta (espacio), representa el valor de bit 0. Otras modulaciones empleadas son: FM para el repetidor de fonía (voz), así como para las balizas con voz pre-grabada, CW para mensajes de saludos y Robot 36 para las transmisiones de SSTV.

Respecto al tipo de transmisiones se tienen 14 realizadas siendo 13 originadas en el satélite y 1 en la Tierra:

- Paquete tipo 01: SAT-TIERRA Telemetría FSK Power (potencia)
- Paquete tipo 02: SAT-TIERRA Telemetría FSK Temp (temperatura)
- Paquete tipo 03: SAT-TIERRA Telemetría FSK Status (estado del satélite)
- Paquete tipo 04: SAT-TIERRA Telemetría FSK Power stats (estadísticas de potencia)
- Paquete tipo 05: SAT-TIERRA Telemetría FSK Temp stats (estadísticas de temperatura)
- Paquete tipo 06: SAT-TIERRA Telemetría FSK Sunvector (datos sensores de luz)
- Paquete tipo 07: SAT-TIERRA Telemetría FSK Radiómetro (datos radiómetro)
- Paquete tipo 08: SAT-TIERRA Telemetría FSK Deploy (datos despliegue de antena)
- Paquete tipo 09: SAT-TIERRA Telemetría FSK Extended Power stats (datos extendidos de potencia)
- Paquete tipo 10: TIERRA-SAT Transmisión FSK de envío de jugada de ajedrez a satélite
- Paquete tipo 11: SAT-TIERRA Telemetría FSK Chess board (estado de la partida de ajedrez)
- Baliza CW SAT-TIERRA (mensajes con saludos en morse, indicativo AO4URE)
- Voz digitalizada en FM SAT-TIERRA (mensajes con saludos en fonía, indicativo AO4URE)
- SSTV Robot 36 SAT-TIERRA (imágenes en directo y pregrabadas, indicativo AM4URE)

Aparte de estas transmisiones generadas en el satélite (excepto el paquete tipo 10), tres tipos de retransmisiones están disponibles como servicio para usuarios de estaciones en Tierra:

- Retransmisiones de voz en FM (Modo 1)
- Retransmisiones de datos FSK / AFSK hasta 2400 bps (AX.25, APR, etc) (incluidas en el Modo 1 también)
- Retransmisiones de datos regenerados FSK a 50 bits por segundo (Modo 2)

Las frecuencias especificadas para la comunicación con URESAT-1 son las siguientes:

- **Para las transmisiones de enlace ascendente:** 145,975 MHz o 145,925 MHz (frecuencia auxiliar) utilizando voz FM sin subtono, FSK 50 bps, AFSK, AX.25, APRS 1200/2400 bps.
- **Para las transmisiones de enlace descendente:** la frecuencia se fija en 436,888 MHz, y los modos incluyen voz FM, CW, telemetría FSK 50 bps, SSTV Robot 36, y una baliza de voz con el indicativo AO4URE.

En caso de que el satélite se halle en modo repetidor de voz FM/datos FSK (modo 1), éste es activado por nivel sin necesidad de subtono. Para el caso concreto del repetidor regenerativo de paquetes FSK (Transpondedor en modo 2), cuando éste está activo, las señales recibidas son muestreadas 100 veces por segundo, siendo restauradas digitalmente y enviadas al módulo de transmisiones. Tras el lanzamiento, por defecto, URESAT-1 se encuentra en modo 0 (transpondedor desactivado), siendo necesaria su activación por telecomando. El satélite dispone también de capacidad de Almacenamiento y Reenvío (Store & Forward) limitada, (byte a byte), implementada de manera conceptual y gestionada únicamente mediante telecomandos.

Respecto al formato de las transmisiones se tiene:

- **Baliza CW:** La baliza CW se transmite cada 5-6 minutos, rotando entre varios mensajes disponibles, y con el formato: *VVV DE AO4URE MENSAJE*. Los mensajes de saludo y agradecimientos son tanto en castellano como en inglés. La baliza CW, así como otras transmisiones, puede que no se genere en caso de que el satélite se encuentre en un estado de bajo nivel de energía.
- **Paquetes FSK:** los paquetes FSK generados en el satélite pueden ser de diez tipos: Power (potencia), Temp (temperatura), Status (estado del satélite), Power stats (estadísticas de potencia), Temp stats (estadísticas de temperatura), Sunvector (datos sensores de luz), Radiómetro (datos radiómetro), Deploy (datos despliegue de antena), Extended Power stats (datos extendidos de potencia) y Chess board (estado de la partida de ajedrez). Cada uno de ellos es generado en el momento de su transmisión y sus bytes son enviados en formato primero MSB (primero el bit más significativo).
- **Codificación y cálculo del CRC:** exactamente igual que el HADES-R.

Respecto a la estructura de paquetes FSK, y tal como se puede apreciar en la siguiente captura de ejemplo, todos ellos comienzan con una secuencia de entrenamiento de 64 bits (64 bits menos que el HADES-R) que alterna unos y ceros, y tal como pasa en el HADES-R le siguen los campos sincronización, tipo, y la dirección de origen (tendrá el valor 7 al tratarse de URESAT-1). Los campos son enviados siempre con formato MSB primero, es decir, el bit más significativo es el primero en enviarse (el de más a la izquierda).

ID	Bits	NOMBRE CAMPO	MU	DESCRIPTION
1	64	Training	--	0xAAAAAAAA
2	16	Sync	--	0xBF35
3	4	Type	--	Tipo de paquete: 1
4	4	Address	--	direccion origen: 7 para URESAT
5	8	Spa	mW	SPA (Potencia Panel A) I2C
6	8	Spb	mW	SPB (Potencia Panel B) I2C
7	8	Spc	mW	SPC (Potencia Panel C) I2C
8	8	Spd	mW	SPD (Potencia Panel D) I2C
9	8	Spe	mW	SPE (Potencia Panel E) I2C - Sin uso
10	8	Spf	mW	SPF (Potencia Panel F) I2C - Sin uso
11	12	vbus1	mV	VBUS1 CPU.ADC Salida MPPT
12	12	vbat1	mV	VBAT1 EPS.ADC Lee alimentación BAT, si BE desconectada, sino parecido VBUS, en torno a 4V
13	12	Vcpu	mV	VCPU CPU.ADC Lee alimentación CPU tras conversor DC/DC, entorno a 3V
14	16	vbus2	mV	VBUS2 EPS.I2C (Tensión VBUS leida en placa EPS)
15	12	vbus3	mV	VBUS3 CPU.I2C (Tensión VBUS leida en la placa CPU) I2C
16	12	vbat2	mV	VBAT2 EPS.I2C (Voltaje entrada payload) EPS.I2C Mismo voltaje que batería
17	12	Ibat	mA	IBAT I2C (Corriente entrada/salida a batería) I2C
18	12	Icpu	mA	ICPU I2C (Corriente entrada placa CPU) I2C
19	12	Ipl	mA	IPL (Corriente quemado) I2C, en placa EPS
20	8	powerdul1	dBm	Detector de potencia DUL1 (entrada señal principal)
21	8	powerdul455	dBm	Detector de potencia DUL455 (entrada señal IF) - Sin uso
22	8	Vdac	dBm	VDAC - Sin uso
23	16	Checksum	--	Checksum
utiles	208	Bits		
	26.00	Bytes		
total	288	Bits		NOTA: Se scramblea desde address hasta último campo sin incluir checksum
total	36	Bytes		El checksum si incluye type/address hasta final
tiempo	5760	Ms		

Ilustración 23. URESAT-1. Ejemplo estructura de los paquetes FSK

Resaltar que todas las transmisiones siguen un patrón cíclico de 12 minutos. Al comienzo de cada minuto un paquete de status, power o temp es enviado siempre bajo cualquier circunstancia. En el segundo 30, si no se ha roto antes el nivel de squelch que activa el transpondedor (puede ser activado justo después de cada transmisión), se transmite, dependiendo del minuto, una transmisión de baliza de voz (voice), de morse (CW), un paquete con el tablero de ajedrez, etc. En la siguiente imagen se puede observar el patrón:

MIN	TLM (sec 0)	REPEATER	TLM (sec 30)	REPEATER
0	STATUS	RX>TX	VOICE	RX>TX
1	POWER	RX>TX	CW	RX>TX
2	TEMP	RX>TX	CHES BOARD/SSTV	RX>TX
3	STATUS	RX>TX	POWER STATS	RX>TX
4	POWER	RX>TX	TEMP STATS	RX>TX
5	TEMP	RX>TX	DEPLOY	RX>TX
6	STATUS	RX>TX	VOICE	RX>TX
7	POWER	RX>TX	CW	RX>TX
8	TEMP	RX>TX	CHES BOARD	RX>TX
9	STATUS	RX>TX	SUNVECTOR/RADIOMETER	RX>TX
10	POWER	RX>TX	EXT POWER STATS	RX>TX
11	TEMP	RX>TX	AUX	RX>TX
goto_1				

Ilustración 24. URESAT-1. Patrón de las transmisiones

Resaltar de esa tabla que Chess board/SSTV indica que la primera vez se transmite chessboard y en el siguiente ciclo pasados 12 minutos, se transmite SSTV, y lo mismo para sunvector/radiometer.

Por último y respecto al transpondedor, se encuentra apagado tras el lanzamiento teniéndose que activar por telecomando, y una vez activo, puede utilizarse inmediatamente después de cualquier transmisión. En caso de activarse tras una transmisión de status, power o temp, continuará activo hasta el final del minuto. Los paquetes status, power y temp siempre cortan el transpondedor. Los demás paquetes, así como las balizas de voz, CW y SSTV no se transmiten si el transpondedor está en uso y el transpondedor funciona por nivel sin necesidad de subtonos.

2.3.3. Ejemplo de telemetría

Es importante destacar que hubo un problema con el despliegamiento de las antenas, por lo que sin la ayuda de una antena de grandes dimensiones no hubiera sido posible recibir la telemetría del satélite y fue gracias al radiotelescopio de Dwingeloo situado en los Países Bajos como se pudo obtener la telemetría que se va a mostrar a continuación. En ella vemos que las antenas han intentado desplegarse 25 veces, pero sin éxito como se observa en los parámetros *nwire*, *ntrans* y *antennaDeployed*.

```
*** Status packet received on local time 20250105-14:23:12 ***
sClock      : 48644803 seconds (satellite has been active for 563 days and 00:26:43 hh:mm:ss)
uptime     : 24314 minutes since the last CPU reset (16 days and 21 hours 14 mins)
nrun       : 1 times satellite CPU was started
npayload   : 255 times payload was activated
nwire      : 25 times antenna deployment was tried
ntrans     : No info as antenna deployment attempts are still ongoing
nbusdrops  : 0
last_reset_cause : 5 Power-on reset (POR) / Power-down reset (PDR)
bate (battery) : 1 Charged (Between 3.550V and 4.2V)
mote (transponder) : 0 Disabled
nTasksNotExecuted : OK
nExtEepromErrors : OK
antennaDeployed : UNKNOWN
last_failed_task_id :
messaging_enabled : No
strfwd0 (id) : FF (255)
strfwd1 (key) : FFFF (65535)
strfwd2 (value) : FFFF (65535)
strfwd3 (num_tcnds) : 0 (0)
```

Ilustración 25. URESAT-1. Ejemplo de telemetría

En la siguiente captura es interesante observar las temperaturas instantáneas de cada panel a las que se ve sometido el satélite durante su periodo orbital.

```

20250105-14:23:12 : Waiting for data from the modem...
20250105-14:23:12 : Sync detected
20250105-14:23:12 : packet type 2 (tmp)
20250105-14:23:12 : Raw data      : 27 7E 3E CB 25 2F CB D4 E3 DF E6 D0 49
20250105-14:23:12 : Checking telemetry packet
20250105-14:23:12 : Packet checksum D049 - calculated checksum D049
20250105-14:23:12 : Checksum matches. Valid packet
20250105-14:23:12 : Unscrambled data : 27 FE 3C 3D 3D FF FF 2E 35 33 34 D0 49

*** Temp packet received on local time 20250105-14:23:12 ***
tpa      : +87.0 degC temperature in SPA.I2C
tpb      : -10.0 degC temperature in SPB.I2C
tpc      : -9.5 degC temperature in SPC.I2C
tpd      : -9.5 degC temperature in SPD.I2C
tpeps    :
ttx      : -17.0 degC temperature in TX.I2C
ttx2     : -13.5 degC temperature in TX.NTC
trx      : -14.5 degC temperature in RX.NTC
tcpu     : -14.0 degC temperature in CPU.ADC

```

Ilustración 26. URESAT-1. Ejemplo de telemetría (2)

Como curiosidad, el día 28 de enero las antenas se consiguieron desplegar inesperadamente y se cree que fue debido a que el satélite, cuyo periodo de vida estaba llegando a su fin tras estar cerca de 2 años en órbita(debido a su poco peso y al estar a unos 500 km es normal que no pase de varios años), al reentrar en la atmósfera sufrió unas altas temperaturas que hicieron que el hilo que sujetaba las antenas se quemara haciendo que se desplegasen y dejando a los radioaficionados un periodo de 24 días para usarlo. Aunque terminó desintegrándose el día 21 de febrero de 2025, en ese corto periodo fue posible activar el repetidor de voz e incluso de enviar jugadas de ajedrez, pero, tras la activación del transpondedor, no volvió a aceptar comandos y tampoco se procesaron más movimientos de ajedrez.

Referencias

- [1] «AMSAT,» [En línea]. Available: <https://www.amsat.org/amsat-history/>. [Último acceso: febrero 2025].
- [2] «SATNOGS,» [En línea]. Available: <https://satnogs.org/>. [Último acceso: febrero 2025].
- [3] «N2YO,» [En línea]. Available: <https://www.n2yo.com/>. [Último acceso: febrero 2025].
- [4] «AMSAT-EA,» [En línea]. Available: <https://www.amsat-ea.org/>. [Último acceso: febrero 2025].
- [5] «URESAT,» [En línea]. Available: <https://uresat.ure.es/>. [Último acceso: febrero 2025].