



Tecnologías actuales en Satélites de Comunicaciones

Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas

Ing. Manuel Cuevas S.

Marzo 2008

Índice

1. **Potencia eléctrica.**
2. **Masa.**
3. **Celdas solares.**
4. **Concentradores solares.**
5. **Baterías.**
6. **Propulsión eléctrica.**
7. **Antenas/Payload.**
8. **Nuevas bandas de frecuencias.**
9. **Nuevos esquemas de modulación.**
10. **Capacidad de Lanzadores.**

- 
- 1. Potencia eléctrica.**
 - 2. Masa.**
 - 3. Celdas Solares.**

1. Potencia Eléctrica

Para la generación de potencia eléctrica, los paneles solares son usados en combinación con las baterías para proporcionar una fuente constante de energía eléctrica en el satélite, asimismo requerirá de reguladores, convertidores y circuitos de protección.

Las baterías son usadas cuando el satélite y sus paneles, no están alineadas a la luz solar permitiendo que el satélite continúe su función.

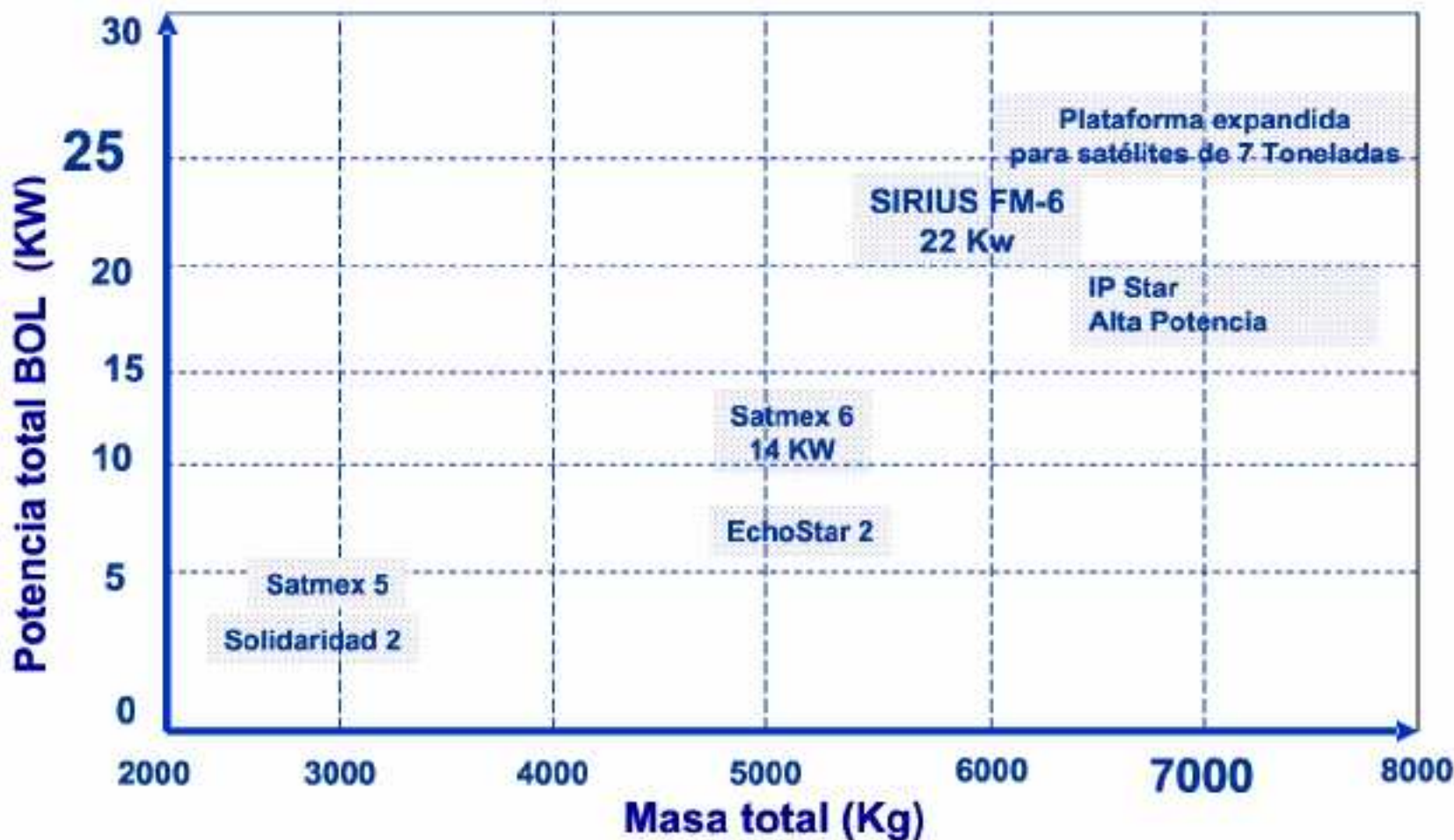
La cantidad de potencia requerida por cada satélite, dependerá del:

- Número de amplificadores
- Sistema de propulsión
- Sistemas de Telemetría Rastreo y Comando agregados

1. Potencia eléctrica. 2. Masa.

Actualmente la tecnología permite construir satélites con Potencia Eléctrica de hasta 25 KW, los cuales pueden soportar desde 12 transpondedores activos hasta inclusive 150 transpondedores.

El Payload y el Bus en forma conjunta, pueden llegar a tener una masa total de hasta 7 Toneladas.

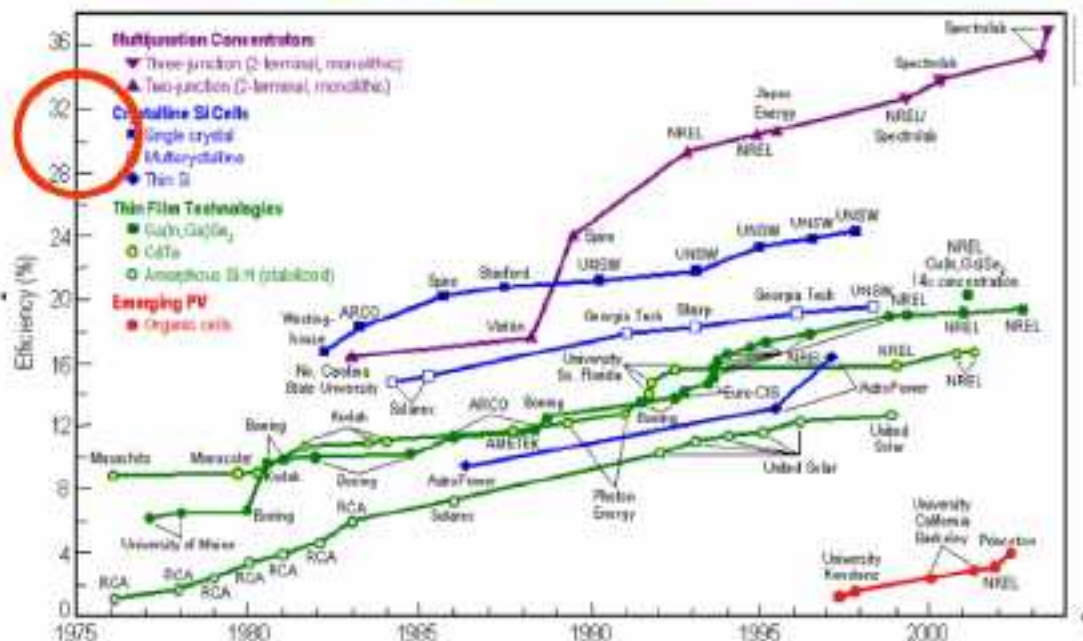


3. Celdas Solares

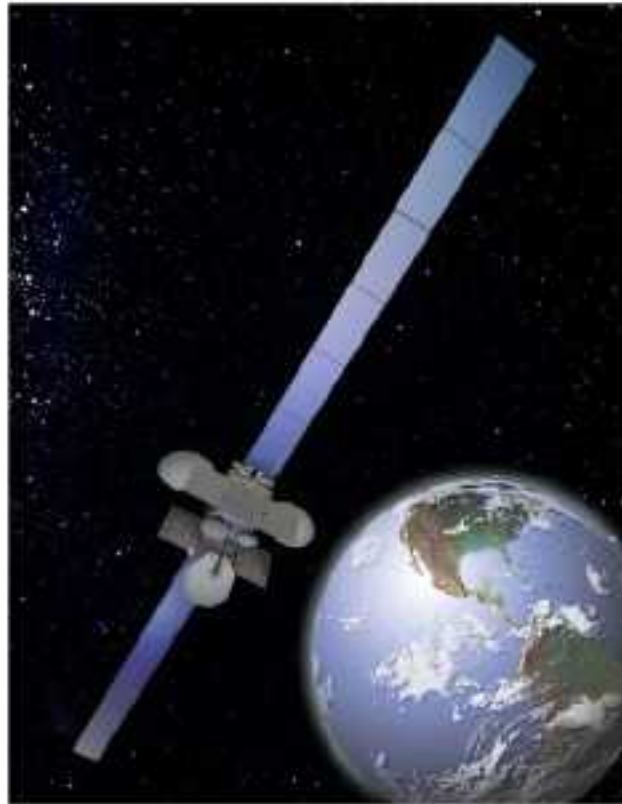
Spectrolab y Emcore han desarrollado celdas solares más poderosas y con innovaciones exitosas para satélites, incrementado la eficiencia de un 12% (celdas de silicio) hasta un 29%, usando Arseniuro de Galio sobre germanio, para producir así celdas solares multi-juntura.

En el año 2009, estas compañías planean producir celdas solares para satélites de comunicaciones con eficiencias del orden de 33%.

Características de celda solares				
Material	Eficiencia (%)	Dimensión (cm X cm)	Potencia mínima (mW/cm2)	Espesor (µm)
Silicio	12	8 X 8	18.5	200
GaAs Juntura Simple	19	7 X 7	25	175
GaAs Doble Juntura	22	30 cm2	29.1	175
GaAs Triple Juntura S6	26	30 cm2	35.9	175
GaAs Multi Juntura	29	30 cm2	2007	
Multi Juntura	33	Para el 2009		



3. Celdas solares



Inspección física, eléctrica y mecánica de cada celda y panel solar en la planta de ensamble de SS/L.



El satélite (Boeing) de la ilustración, tiene 2 alas de celdas solares de 14 metros de largo, fabricadas con Arseniuro de Galio, con lo que generará una potencia eléctrica de 14 kW, con una eficiencia del 26%; esto es, que por el fenómeno fotovoltaico, del 100% de luz solar que absorberán las celdas, solo el 26% se transformará en energía eléctrica.

4. Concentradores solares

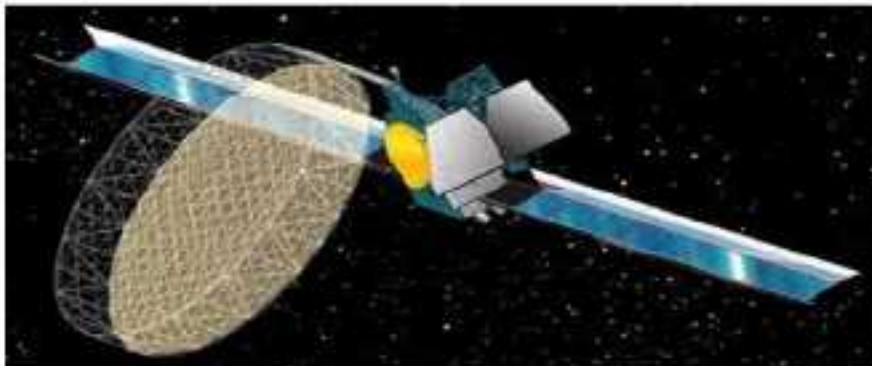
4. Concentradores solares.

El propósito de los concentradores para paneles solares en los satélites, es la de obtener mayor captación de energía solar para poderla convertir en energía eléctrica.

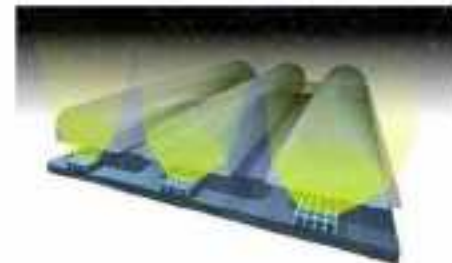
Boeing es la primer empresa en colocar dichos concentradores en sus satélites modelo 702.



XM 1 [Boeing]



Thuraya 1 [Boeing]



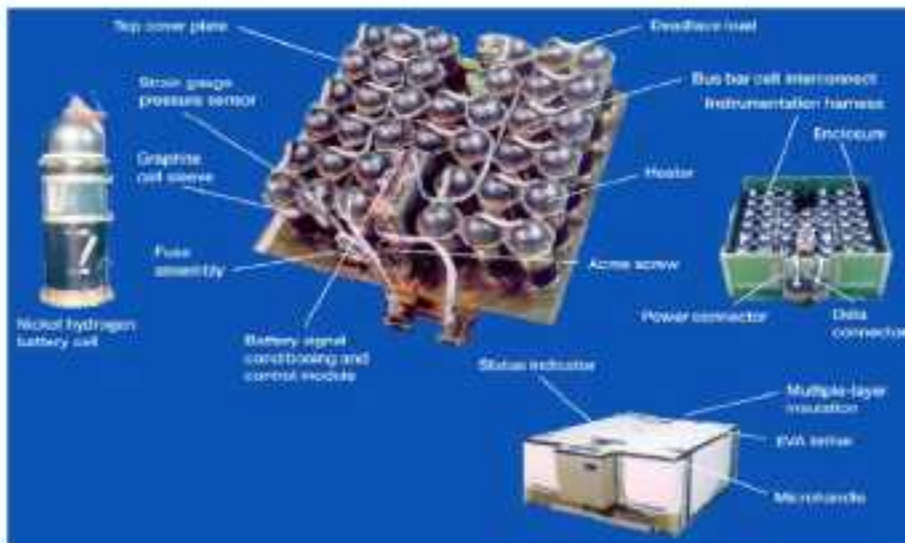
5. Baterías

5. Baterías

Mejoras como: La reducción de masa (1/4), espacio; mas capacidad de generación de energía, mas eficiencia y menor mantenimiento en los satélites, ha llevado a la industria satelital a la investigación y desarrollo de otro tipo de baterías como las de Litio Ion, la cual desplazará a las de Níquel cadmio (Ni Cd) y las de Níquel Hidrógeno (Ni H₂).

Las nuevas baterías han sido calificadas haciéndoles pruebas de:

Temperatura, presión (simulación en órbita), exposición a radiación, estrés físico, estrés eléctrico y vida acelerada incrementando ciclos de acondicionamiento (4300 ciclos = 48 años).



Densidad de energía 30W h/Kg



Lithium-ion Cell



24-Cell Battery Assembly

Densidad de energía 110W h/Kg

6. Propulsión eléctrica.

6. Propulsión eléctrica.

El sistema de propulsión de los satélites, normalmente usa propulsión química con bipropelante (combustible y oxidante) y Helio (presurizante), sin embargo se ha desarrollado un sistema de propulsión eléctrica de plasma que eficientizan las maniobras de control de orientación.

- Mejora de eficiencia en 10 veces respecto a los impulsores químicos.
- Reducción de la masa en un 90%.
- El impulso de propulsión eléctrica 1500 sec. (química 300 sec).
- Impulso 165 mN.
- Potencia de 1 a 100W.

Los proveedores satelitales han tomado este sistema como un estándar en la construcción de los mismos.



Stationary Plasma Thruster SPT



XIPS Xenon Ion Propulsion System (13 cm) 3



7. Antenas

7. Antenas.

Un desarrollo adicional es el de lograr hacer antenas perfiladas con estructura extra ligera reduciendo el peso en un 75% y que permite generar áreas de servicio con optimización de energía a través de un solo alimentador y no con múltiples alimentadores como se hacía en el pasado.

El material utilizado es el grafito epóxico con bajos coeficientes térmicos para reducir la distorsión mecánica.

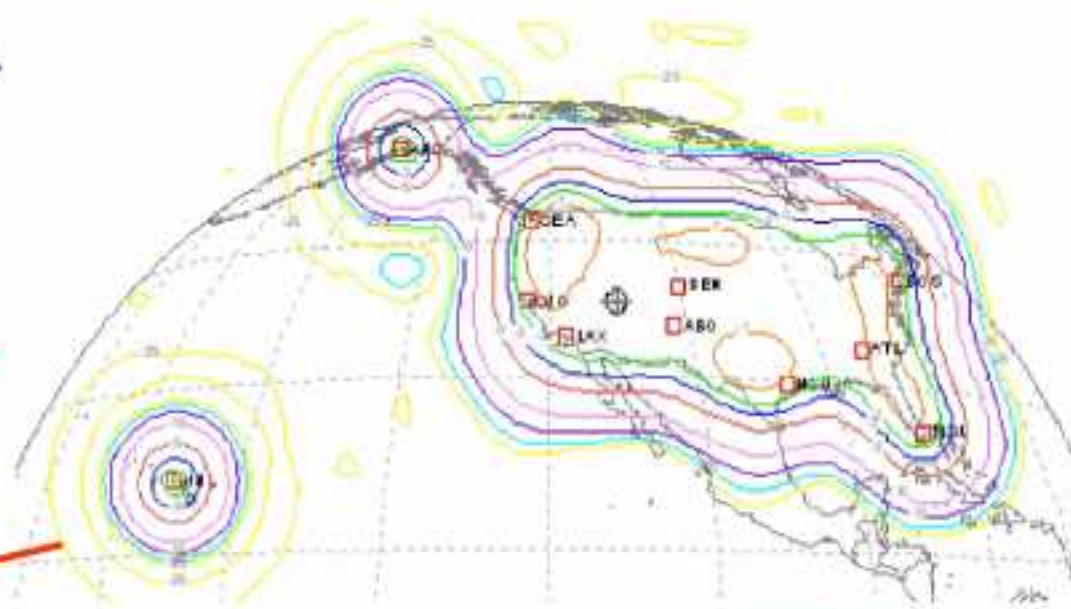
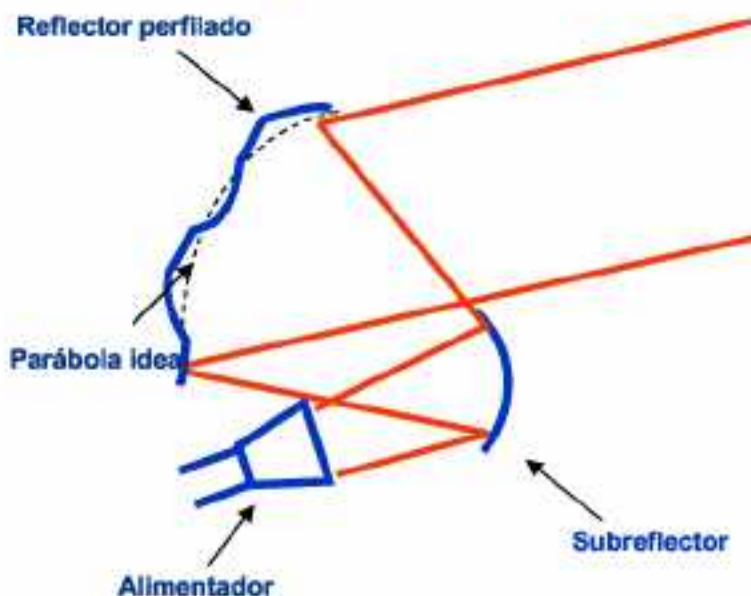
Las antenas pueden ser de no mas de 10 Kg. con diámetros de 2.8m.



7. Antenas.

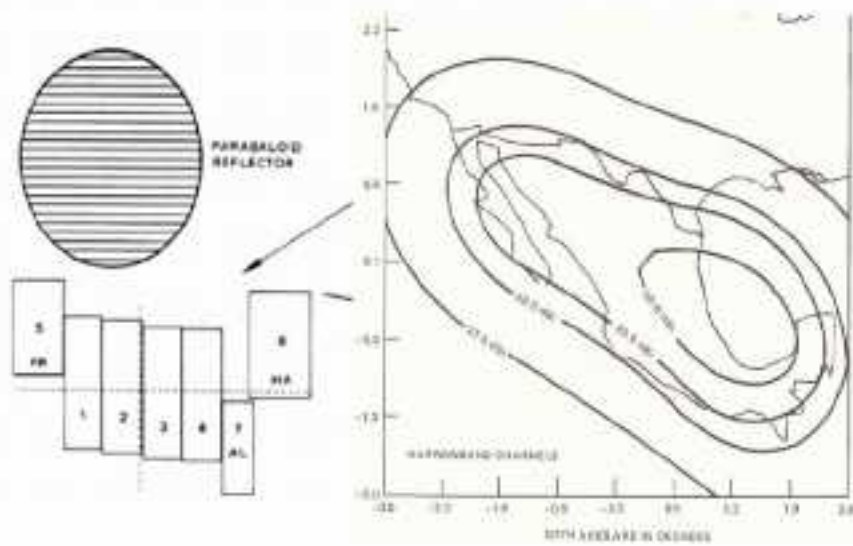
Los reflectores perfilados o "shaped reflector" nos permite radiar optimizadamente sobre el área de servicio de interés.

- Alta directividad.
- Bajo nivel de lóbulos laterales.
- Alta eficiencia del haz.
- Alto nivel de x-pol.
- Un solo alimentador.
- Reducción de pérdidas.
- Baja masa.



7. Antenas.

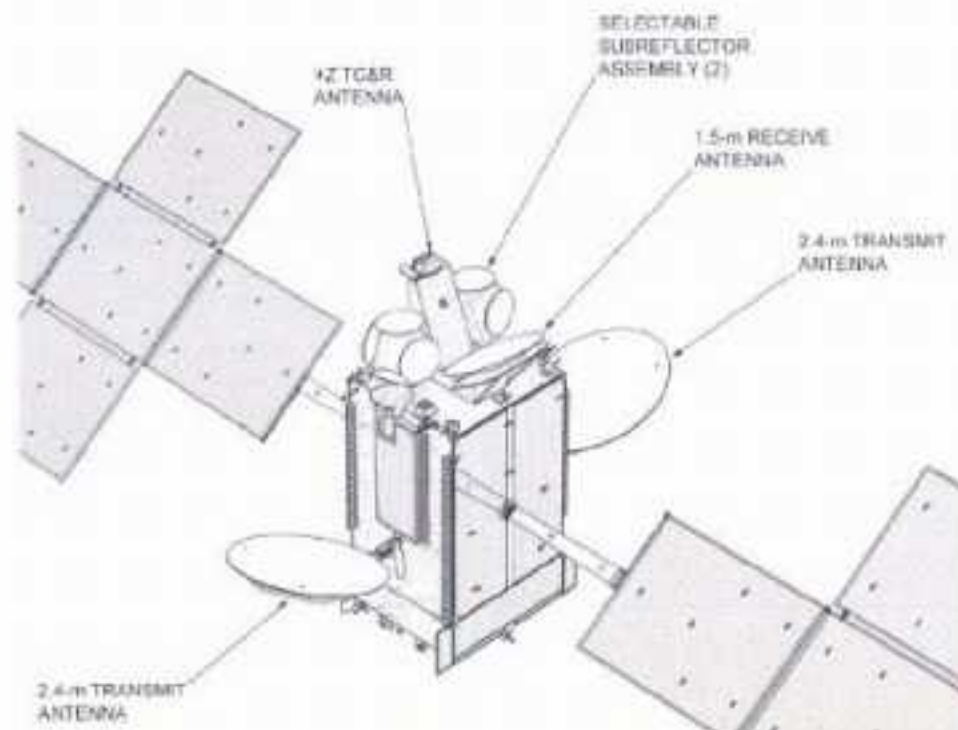
Anteriormente los reflectores eran conformados con una serie de alimentadores para dar la cobertura especificada.



7. Antenas.

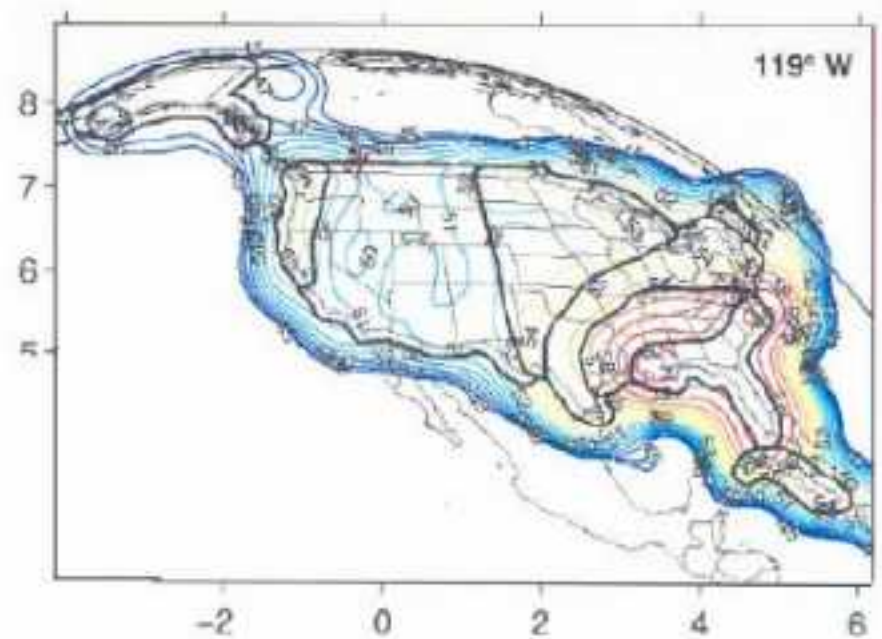
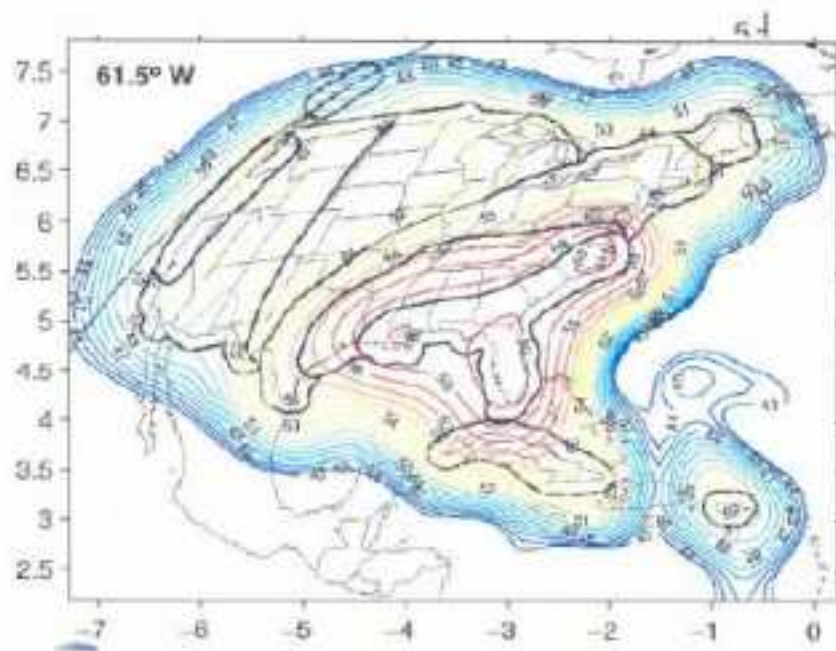
SS/L ha diseñado un arreglo de múltiples subreflectores que permiten la flexibilidad en modificar las coberturas sin perder desempeño en los parámetros de Tx/Rx de antenas perfiladas con óptica gregoriana.

El cambio de cobertura con este arreglo de subreflectores se puede hacer estando el satélite en órbita mediante la rotación del arreglo.



7. Antenas.

Ejemplo de diferente coberturas usando el arreglo de sub-reflectores rotables.



7. Antenas

Hoy en día se fabrican antenas desplegadas (unfurlable) que traen las siguientes ventajas:

- $G/T > \text{de } 10 \text{ dB/K}$
- Diámetro desde 8m.
- Recibir señales de celulares
- Producir spot beams,
- Reuso de frecuencia
- Más ancho de banda comercializable
- Llegar solo a áreas de negocios.



Antena desplegable

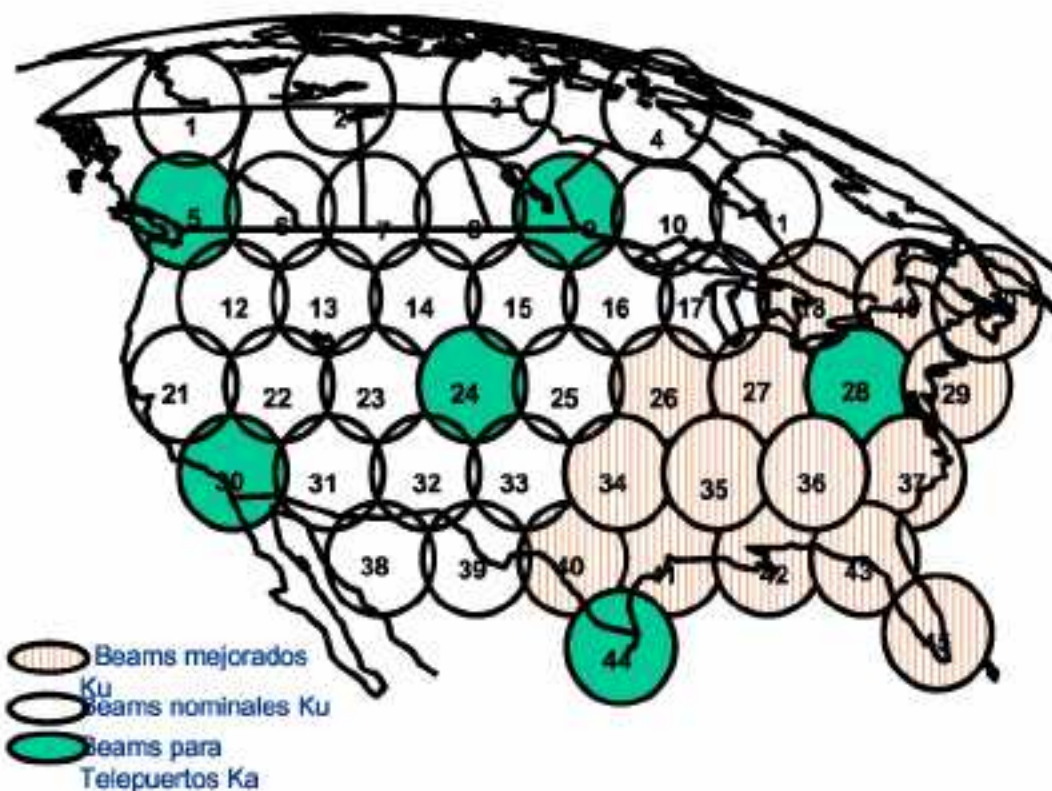


ASTRO 12m MBSat Reflector



Alimentadores para Spot Beams

7. Antenas Spot Beam



Spot Beams y reuso en frecuencia Ka/Ku



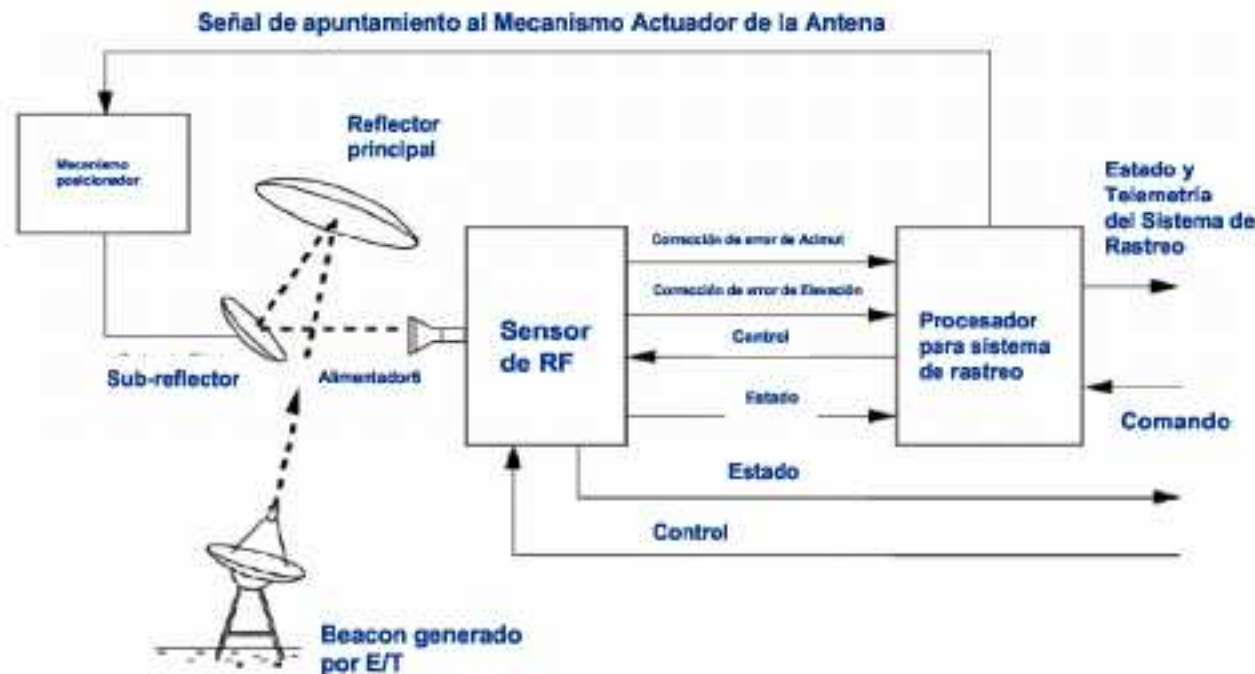
Masa	~5500 kg
Misión	15 años
Frecuencia Bandas	Banda de Servicio Tx: 1525 - 1559 MHz Rx: 1626.5 - 1660.6 MHz
Lanzamiento	2009, 2010
PIRE	Banda L. PIREA: 79 dBW sobre su área de servicio.
Antenas	Banda-L: Una de 22 metros (elliptical mesh reflector) Banda Ku: Una de 1.5 metros
Potencia Eléctrica	Mas de 11 KW FDV.

7. Antenas.

El sistema de rastreo esta compuesto por dos subsistemas, uno en la estación terrena y el otro en el satélite. El subsistema en tierra genera un beacon desde una localidad dentro de la cobertura, el satélite detecta el beacon con lo que:

- Determina y corrige los errores en acimut y elevación.
- Corrige los errores producidos por las maniobras de "station keeping", distorsión térmica, encendido de thrusters y otros torques adicionales.

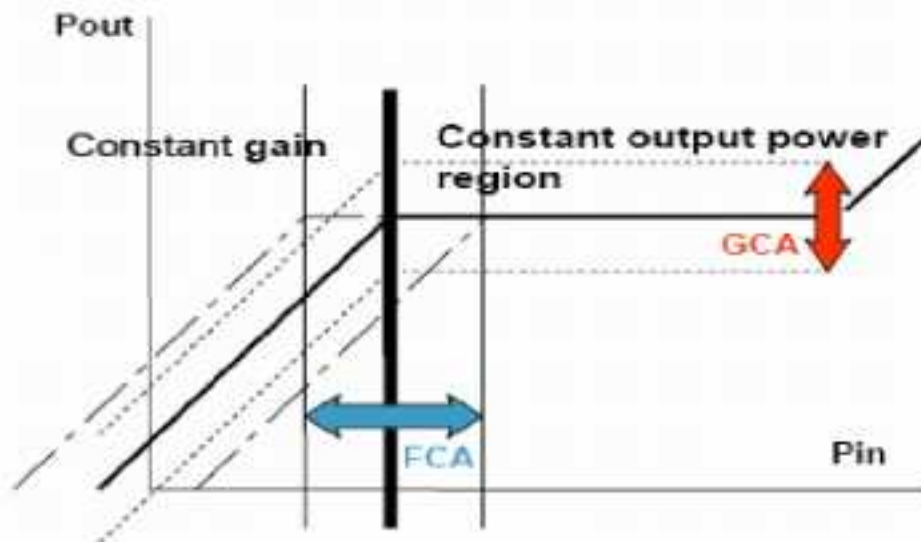
La reducción del error de apuntamiento de antena puede ir de 0.14° a 0.01° . Aplicable a spot beams.



7. Payload

Para el payload continúan desarrollándose los siguientes dispositivos:

- LCAMP. Mejorar la linealidad en la curva de transferencia de ganancia del amplificador.
- ALC controles automáticos de potencia para mantener el PIRE de transmisión del satélite.



7. Payload

Las potencias de los Tubos de Ondas Progresivas son del orden de :

Ku:

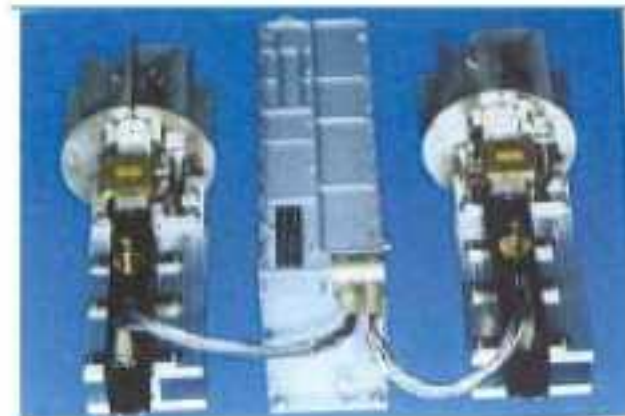
190W con enfriamiento de radiación directa, es decir, solo el 50% del total de disipación en saturación tendrá que ser disipada en los paneles.

C:

125 W el cual puede ser DRC o CC.



Amplificador TWTA de 190W-Ku sencillo.



Amplificador TWTA de 125W-Ku doble (250W).

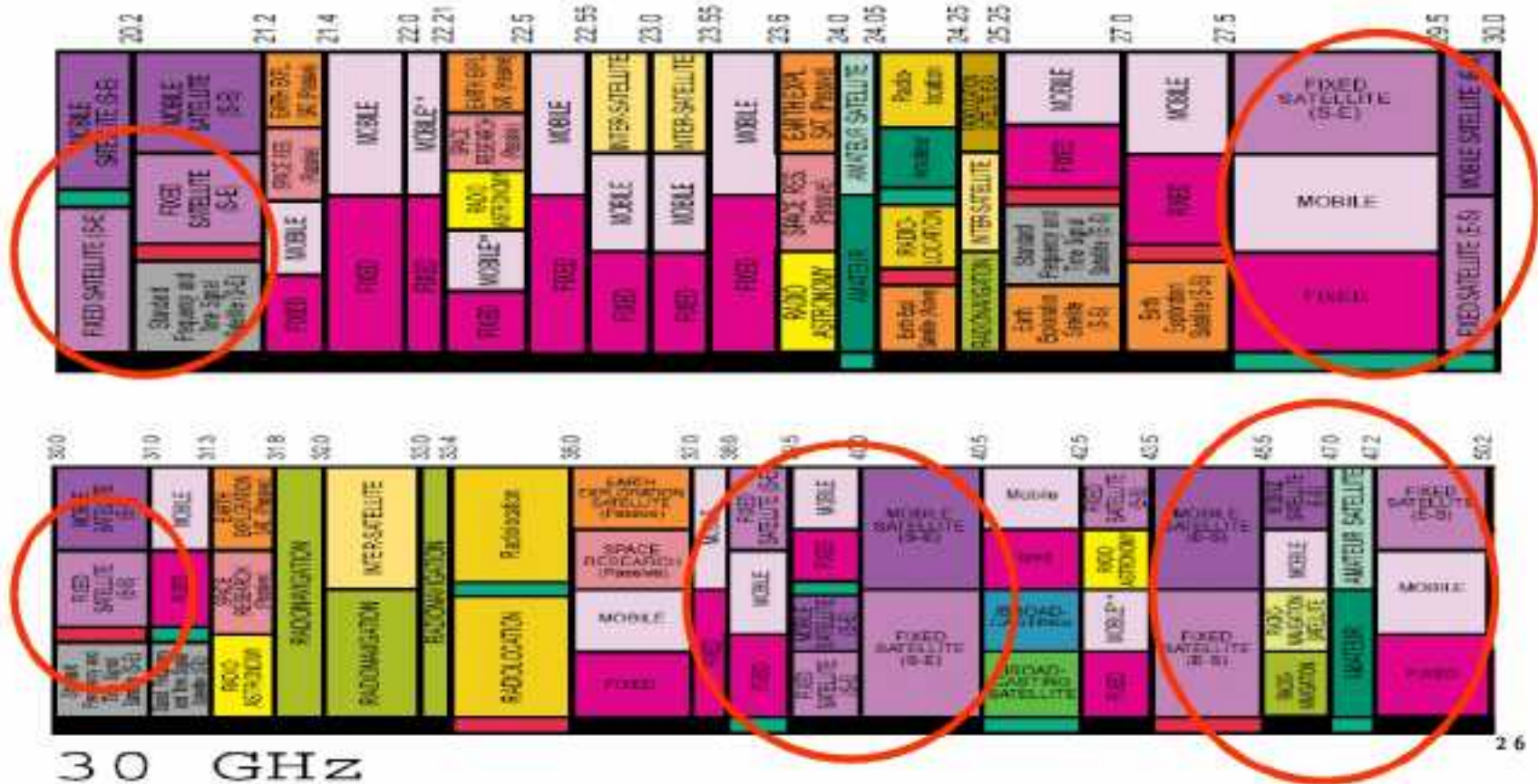


8. Nuevas bandas de frecuencia.

8. Nuevas bandas de frecuencia

Considerando que el ancho de banda es un recurso limitado, los fabricantes de satélites han empezado a explorar y utilizar nuevas bandas de frecuencia como la

- Ka (20-30 GHz)
- Q (30-40 GHz)
- V (40-50 GHz).



8. Nuevas bandas de frecuencias.

Ejemplo de algunos satélites que operan en las bandas Ka, Q, V.

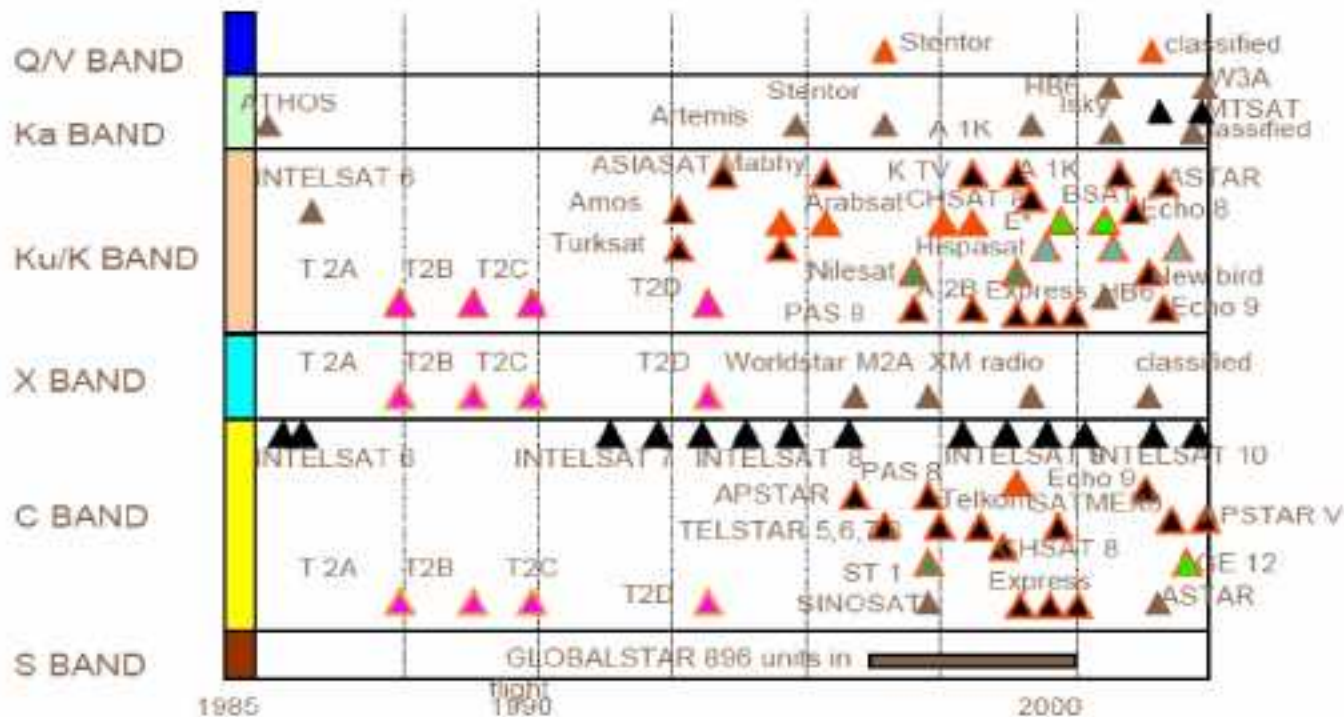
Ka: Spaceway, Anik F2, Anik F3, IPStar, Optus, Wildblue, TelStar 8, EchoStar.

Q/V:

Stentor. Satélite con payload regenerativo experimental para simulación de tráfico con MPEG, DVB-S y la multiplexación IP.

Aplicaciones con satélites militares (dos vías) U/L 44 GHz, D/L 20 GHz.

Para las bandas Ka, Q y V, la atenuación por lluvia será un reto, sin embargo las nuevas técnicas de modulación, y sistemas de control de potencia en los satélites, podrán ayudar a enfrentarlo.



9. Nuevos esquemas de modulación.

9. Nuevos esquemas de modulación.

Los nuevos esquemas de modulación que se están empleando son entre otros el 8-PSK, 16QAM, 16APSK, 32APSK y el nuevo estándar DVB-S2, permiten eficientar el ancho de banda en los satélites.

El Digital Video Broadcast-Satellite 2nd generation (DVB-S2) con su técnica de codificación y modulación adaptiva (ACM), es el nuevo estándar en comunicaciones por satélite para las aplicaciones de SDTV, HDTV broadcast e internet interactivo (IP) entre otros, permitiendo

- **Recobrar los márgenes del enlace en condiciones de lluvia.**
- **Duplicar el throughput en el satélite.**
- **Uso de antenas de bajo diámetro (74 cm a 1.2 m)**
- **Operar ante interferencia y altos niveles de ruido.**
- **Reducción del costo del servicio.**
- **Útil en las bandas de Ku y Ka.**
- **Fundamental en zonas climáticas tropicales.**



Technical Specifications

Physical Interfaces

- Two 10/100BaseT Ethernet LAN RJ45 ports
- One RS-232 serial port
- One V.90 modem with RJ-11 interface

Satellite & Antenna Specifications

- Outbound transmission format: DVB-S, DVB-S2
- Information Rate (Receive or DW Outbound Channel): Up to 90 Mbps (DVB-S2)
- Information Rate (Transmit or DW Inbound Channel): Up to 1.6 Mbps (in 1 Mbps steps)
- Symbol Rate (Receive): 128, 256, 512, 1024 Ksps
- Symbol Rate (Transmit): Up to 1.6 Mbps (in 1 Mbps steps)
- Encoding (Receive): DVB-S Convolutional with concatenated Reed Solomon, DVB-S2 LDPC Turbocode FEC $1/2$, $2/3$, and $3/4$
- Encoding (Transmit): Ku- and Ka-band
- Frequency Range: QPSK, 8PSK (DVB-S2) OQPSK
- Modulation (Receive): 10^{-6} or better
- Modulation (Transmit): 10^{-1} or better
- Bit Error Rate (Receive): 96 cm and 120 cm
- Bit Error Rate (Transmit): 2 watt Ku-band and 1, 2, and $3^{1/2}$ watt Ka-band
- Antenna: 74 cm and 1.2 m
- Radio: 2 watt Ku-band and 1, 2, and $3^{1/2}$ watt Ka-band

Mechanical & Environmental

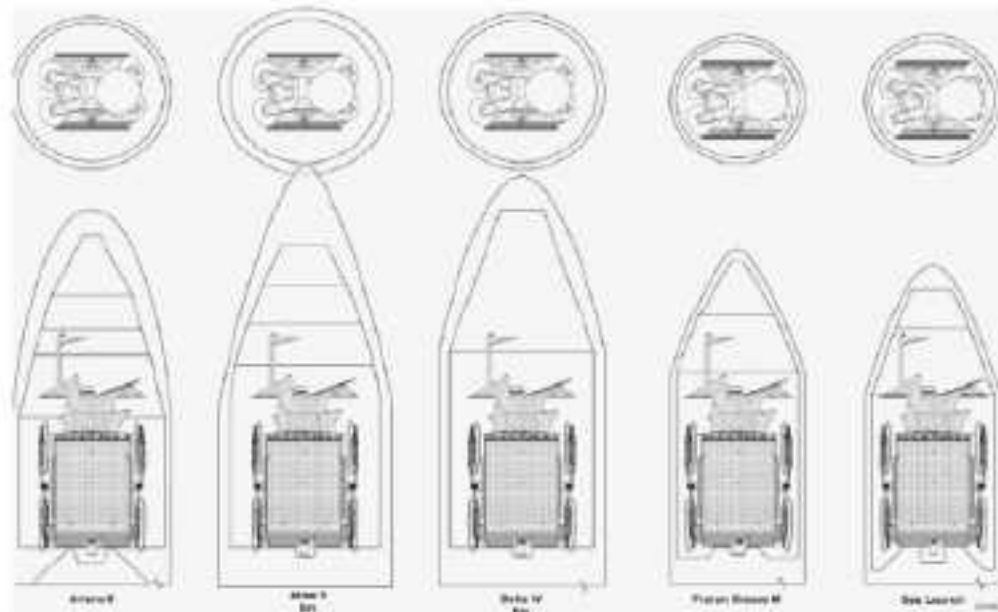
- Weight (IDU): 4.8 lbs (2.18 kg)
- Dimensions (IDU): 11.5"W x 1.8"H x 11"D (29.2cm W x 4.7cm H x 27.94cm D)
- Operating temperature: IDU: 0°C ~ +40°C ODU: -30°C ~ +55°C
- Input power: 90-264 VAC; 50-60 Hz
- DC power supply (optional): 12 to 24 VDC



10. Capacidad de Lanzadores.

10. Capacidad de lanzadores

En cuanto a los lanzadores, hoy en día tienen la capacidad de levantar 6 toneladas, sin embargo ArianSpace, esta diseñando un lanzador (5ECA) para poner en órbita 12 Toneladas de payload y enfrentar así el reto en términos de masa de los satélites que lleguen alcanzar este orden.



Vehículos lanzadores



Ariane



NASA



Proton



Sea Launch



Atlas



Anexos

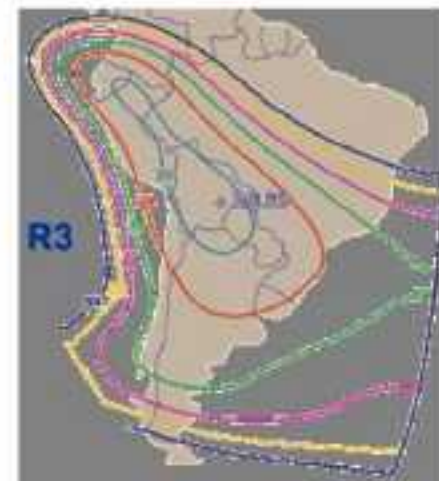
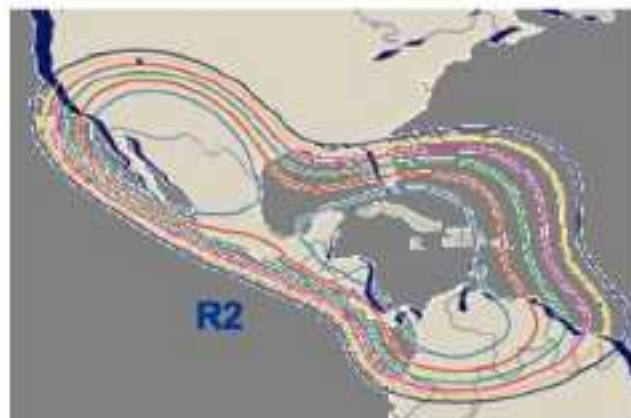
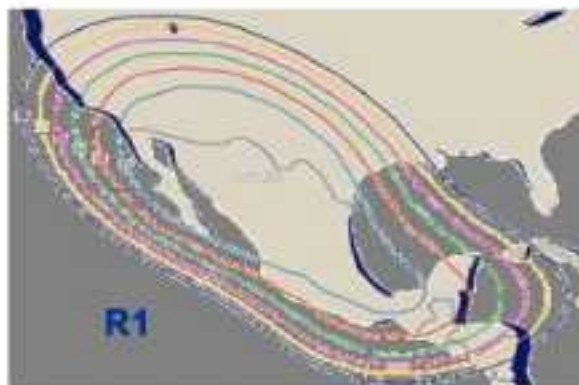
Flota de Satmex



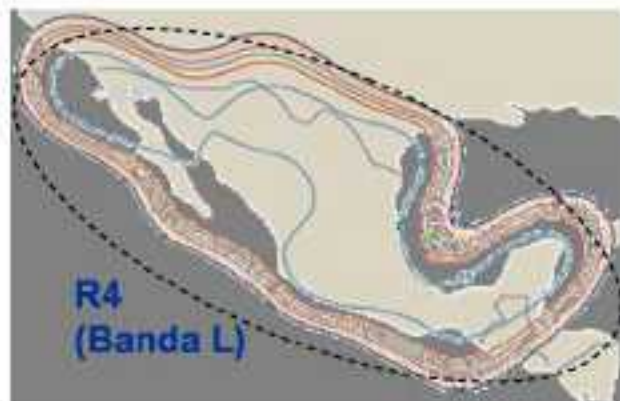
Posición Orbital	116.8 °	114.9 °	113.0 °
Constructor	Boeing / HS 601 HP	Boeing / HS 601	SSL / 1300 X
Potencia Eléctrica (IDV)	10,850 W	4,370 W	14,000 W
Masa seca	1953 Kg.	1277.6 Kg	2316 Kg.
Masa total	4135 Kg.	2787.1 Kg	5462 Kg.
Transpondedores	24 Banda-C TP36 MHz 24 Banda-Ku TP36 MHz Total 48 TP's	12 Banda-C TP36 MHz 6 Banda-C TP72 MHz 16 Banda-Ku TP54 MHz Total 38 TP's	36 Banda-C TP36 MHz 24 Banda Ku TP36 MHz Total 60 TP's
Lanzamiento/Fin de vida	Diciembre 5, 1998 / 2013	Octubre 7, 1994 / 2008	Mayo 27, 2006 / 2021

Coberturas de Solidaridad 2

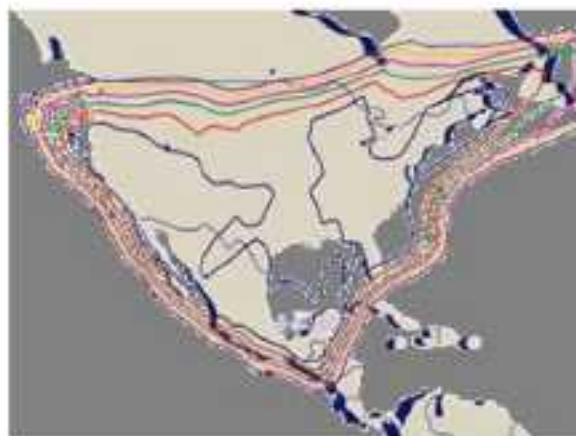
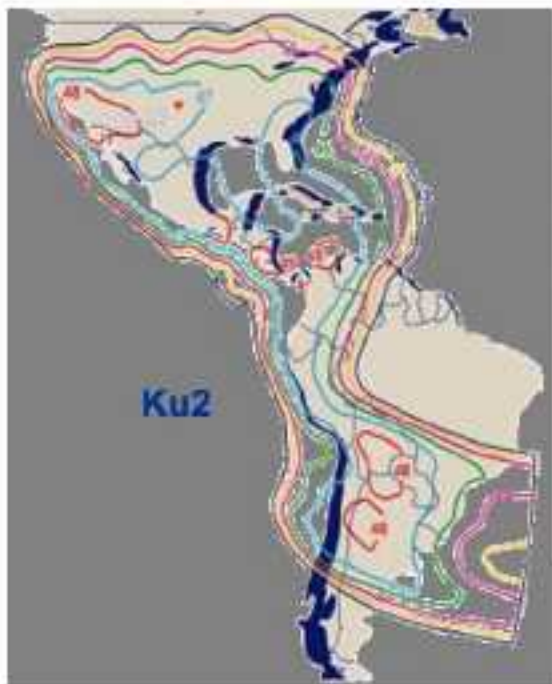
Banda C



Banda Ku



Coberturas de Satmex 5



Banda Ku



Banda C

Coberturas de Satmex 6

