

¿POR QUÉ NO ESCUCHO AL SATÉLITE?



Miguel Menéndez, EA1BCU
ea1bcu@amsat.org
www.ea1bcu.tk

Tratando de responder la pregunta, me viene a la memoria un excelente artículo de Mark Spencer, WA8SME, publicado en "The Amsat Journal", y del que sin hacer una traducción literal, voy a compartir sus puntos de análisis.

Operar con satélites de órbita baja (LEO), puede ser una actividad satisfactoria y plenamente divertida.

Este tipo de satélites, por su característica orbital, son de fácil acceso y muchos de ellos nos permiten trabajar en las populares bandas de VHF/UHF (FM) con los equipos que para ellas disponemos en la mayoría de nuestros casos.

No obstante, algunos autores y operadores tienden a simplificar en exceso el "fácil acceso" a estos y otros satélites de radioaficionado.

Por supuesto, los enlaces están ahí, pero en muchos casos son simplemente eso, contactos sujetos a poca continuidad.

El origen de estas conductas puede estar en experiencias que dejan sentido como habitual que un simple portátil de UHF/VHF y su antena de "porra" son suficiente equipo para acceder a ellos. Nada más lejos de la realidad, es más fácil que en esas condiciones estemos accediendo al satélite pero como respuesta, no estemos escuchando nada, creando con ello el consiguiente QRM a los QSO que sí están establecidos o intentando establecerse en ese momento.

Una antena de "porra" o una simple vertical de las que usamos para el tráfico doméstico de repetidores, no es una buena opción, no dará un buen rendimiento en toda la "pasada".

Primero, necesitamos escuchar al satélite, muy importante antes de transmitir hacia él; aquí también funciona el "efecto cocodrilo" en detrimento del resto de los posibles operadores que sí están trabajando el satélite, en definitiva, "mucha boca y poca oreja".

De cualquier manera, el objetivo del artículo está dirigido a comprobar y verificar apoyándonos en cálculos simplificados y características de los equipos, el balance de potencias necesario para establecer de forma exitosa un radio enlace vía satélite y evitar en lo posible, repetir la mencionada pregunta: *¿Por qué no escucho al satélite?*

Para una buena escucha, además de un receptor con buena o aceptable sensibilidad, típica de 0,125 μ V para SSB, y unos 0,2 μ V para FM (10 dB SINAD para SSB/AM y 12 dB SINAD para FM), necesitaremos una antena con ganancia direccional, un cable coaxial de bajas pérdidas y posiblemente un previo de recepción con baja relación señal/ruido.

El satélite elegido para el análisis que nos ocupa es el AO-51 "ECHO" usando su modo más popular:

Subida	Bajada	Baliza
145.920 FM	435.300 FM	435.150 FM

A partir de aquí, tenemos que cuantificar un proyecto de energía necesario, basado en el tipo de trayectoria del satélite elegido (AO51), y evaluar los factores que influyen en las pérdidas y ganancias de la señal en su recorrido desde y hacia el satélite.

Siguiendo el camino de descenso de la señal, desde el satélite hasta nuestro receptor, podemos considerar y analizar la influencia de los siguientes factores:

1. Potencia transmitida por el satélite AO-51
2. Pérdidas en la línea coaxial del satélite.
3. Ganancia de la antena de transmisión.
4. Pérdidas asociadas a la distancia recorrida.
5. Pérdidas debidas al cruce de la ionosfera.

- 6.- Pérdidas por desacoplo en la polarización de las antenas.
7. Sensibilidad del receptor
8. Ganancia de antena receptora.
9. Pérdidas en la línea coaxial del receptor.

Para relacionar entre sí todos estos factores que forman parte del balance de potencias del radio enlace, usaremos como unidad común el "decibelio" (dB). (1)

1. Potencia de transmisión

El satélite AO51 tiene una potencia de salida de 1 W en su modo de "alta potencia" y 0,5 W en modo "normal", lo que equivale a +30 dB_m y +27 dB_m respectivamente. Con signo (+) porque representa ganancia para nuestro receptor.

2. Pérdidas en la línea coaxial

La antena y el transmisor del satélite están muy cerca, son espacios muy cortos de alimentación, por lo que podemos considerar este factor irrelevante para el cálculo.

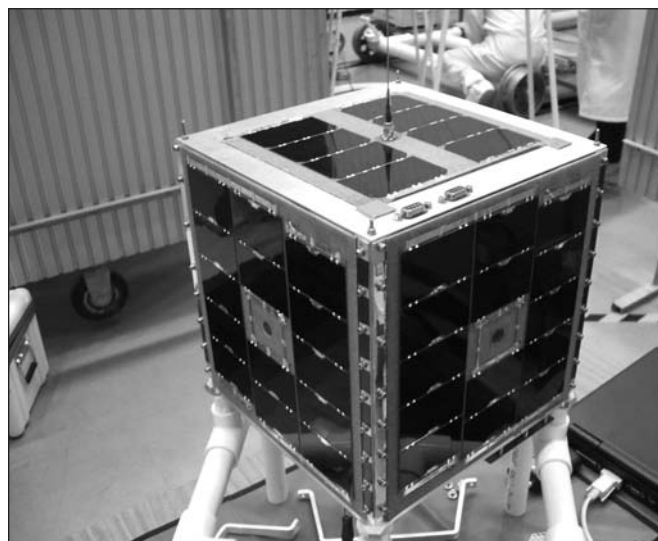
3. Ganancia de la antena de transmisión

Respecto a los satélites, y debido a las exigencias de espacio impuestas por los vehículos de lanzamiento, las antenas son generalmente pequeñas. Así mismo y debido a la necesidad de cubrir la mayor superficie posible de territorio, suelen ser antenas de poca ganancia. En el caso de nuestro satélite, el AO-51, su antena tiene una ganancia de +2 dB_i... Seguimos sumando.

4. Pérdidas asociadas a la distancia recorrida

La señal transmitida por el satélite pierde potencia, se debilita en su recorrido hacia el receptor. La ecuación de Friis (2) es un medio para cuantificar el valor de estas pérdidas dentro del balance de potencias del radio enlace entre un emisor y un receptor separados una distancia determinada, simplificando, relaciona estas pérdidas con la distancia a recorrer y la frecuencia empleada.

Volviendo al caso que nos ocupa, y atendiendo a su órbita, el AO-51 tiene el punto más lejano cuando se hace visible sobre el horizonte a unos 3.000 Km de distancia y el más cercano a unos 800 Km, coincidiendo con el punto de máxima elevación de la órbita de referencia. De la ecuación simplificada de Friis, obtenemos valores de -154 dB para



3.000 Km y de -143 dB para 800 Km, con signo (-) porque en este caso son pérdidas que deben ser compensadas en el receptor. La frecuencia de trabajo es la correspondiente a la bajada del satélite, 435 MHz.

5. Pérdidas debidas al cruce de la ionosfera

Las pérdidas por trayectoria calculadas arriba son función de la distancia recorrida hasta el receptor a través de un medio ideal, el vacío; de otro modo, siempre hay pérdidas adicionales cuando la señal entra en contacto con obstáculos como las partículas eléctricamente cargadas que componen la ionosfera de la Tierra, fenómenos de absorción atmosférica (lluvia, niebla, nieve), etc.

Asumiremos -1 dB como valor típico de las pérdidas por este concepto.

6. Pérdidas por desacoplo en la polarización de las antenas

Las señales recibidas desde los satélites tienen generalmente una polarización circular.

Esto es debido, en parte, a la rotación que se imprime al satélite para su estabilización, y de otra parte a la "Rotación de Faraday" (3).

Todo ello hace posible que la antena del satélite y la antena terrestre no estén alineadas al 100% en lo que al ángulo de giro se refiere, y que la polarización no sea constante durante todo el paso del satélite. En el caso de una polarización circular en el satélite y una polarización lineal en "tierra", el valor del conjunto de las pérdidas por desacoplo es de unos -3 dB.

En este punto, sumando el conjunto de los valores expuestos, podemos empezar a valorar las necesidades del equipo receptor, teniendo en cuenta la señal disponible en la antena receptora, -126 dB (tabla-1)

Balance de Potencias AO-51	Tabla-1
Potencia de TX (A051)	+ 30 dB _m
Pérdidas en la línea de TX	0 dB
Ganancia antena TX A051	+2 dB _i
Pérdidas por Dist. (3.000 Km)	-154 dB
Pérdidas por cruce Ionosfera	-1 dB
Desfase polarización Antena	-3 dB
Total	-126 dB

7. Sensibilidad del receptor

Este punto fija la meta que tendremos que superar para el éxito del enlace. Los receptores especifican este valor en µV, y es la mínima señal requerida en la entrada de la antena para producir una señal audible en el altavoz de 12 dB SINAD.

Será mejor cuanto más pequeño sea su valor. Es el nivel estándar de «las mejores condiciones» a las que antes nos referíamos, en la que se valora a la hora de la medición, la intensidad de la señal, el ruido y la distorsión (en inglés y abreviado, SINAD), por eso decimos que un equipo tiene:

$$\llcorner X \mu V \text{ para } (12 \text{ dB SINAD}) \gg$$

Por las especificaciones técnicas de nuestro receptor típico de U/VHF-FM, sabemos que tiene una sensibilidad de 0,2 µV para 12 dB SINAD, equivalente en términos de potencia a -120,96 dB_m suponiendo una impedancia para la línea de antena de 50 Ohms.

$$-73,98 \text{ dB}_{mV} = -20 \log (2, e^{-7} V / 0,001 V)$$

$$-120,96 \text{ dB}_{m} = -73,98 \text{ dB}_{mV} - 10 \log 50(\Omega) -30$$

En la tabla-1, balance de potencias del radio enlace de "bajada", tenemos que la señal puesta en la antena receptora tiene un valor de -126 dB.

Claramente observamos la necesidad de una ganancia positiva de +5 dB para cumplir la especificación SINAD en nuestro receptor, -120,96 dB_m.

8. Ganancia antena receptora

A estas alturas de la exposición, tal y como refleja la tabla-2 de nuestro balance de potencias, parece clara la necesidad de usar antenas con cierta ganancia direccional y de polarización circular.

Con la "doméstica" vertical usada para los repetidores y que tiene una ganancia próxima a los +3 dB; seguiríamos estando por debajo del estándar SINAD de nuestro receptor.

9. Pérdidas en la línea coaxial del receptor

En el cálculo, estamos asumiendo unas pérdidas de -5,35 dB de una línea coaxial de 15 m de RG58.

Pérdidas de Cable Coaxial 430MHz		
Coax Tipo	dB 30 m	dB 15 m
RG8	3.08	1.54
RG58	10.7	5.35
RG213	4.6	2.3

Análisis de todos los datos

La tabla-2 refleja claramente la necesidad de mejorar alguno de los factores que intervienen en el balance de potencias de nuestro radio enlace, evidentemente solo podemos actuar sobre los elementos que

Antena GP y cable RG58	Tabla-2
Potencia de TX (A051)	+ 30 dB _m
Pérdidas en la línea de TX	0 dB
Ganancia antena TX A051	+2 dB _i
Pérdidas por Dist. (3.000) Km.	-154 dB
Pérdidas por cruce Ionosfera	-1 dB
Desfase polarización Antena	-3 dB
Ganancia de antena RX	+3 dB _i
Pérdidas en la línea de RX	-5.35 dB
Total	-128.35 dB

forman parte de nuestro equipo. Asumiendo que la sensibilidad del receptor es de 0,2µV (-120,96 dB_m) para una SINAD de 12 dB, solo nos queda jugar con la ganancia de las antenas y las pérdidas en la línea coaxial de alimentación de la antena.

Observando la tabla de pérdidas en cables coaxiales, podemos comenzar cambiando el RG58 por un RG8, de este modo, las pérdidas por este concepto disminuirían sensiblemente situando el valor total del balance de potencias en -124 dB.

Este valor sigue siendo insuficiente para la escucha aceptable del satélite en nuestro receptor típico, que tiene una sensibilidad de 0,2µV para 12 dB SINAD, equivalente en términos de potencia a -120,96 dB_m

Con todo ello, queda evidente que nuestra capacidad de maniobra para mejorar resultados solo puede estar en la elección de una correcta antena.

Como se menciona al principio:

"Necesitaremos una antena con ganancia direccional, un cable coaxial de bajas pérdidas y posiblemente un previo de recepción con baja relación señal/ruido".

Una buena opción sería elegir antenas directivas de polarización cir-

cular y con ganancias próximas a los +10 dB_i tales como Yagi, X-Quad, etc.

Como se puede apreciar en el balance de potencias de la tabla-3, la suma de estos +10 dB supondrá tener en la entrada de nuestro receptor una señal de -117.54 dB, sobre los -120,96 dB_m que supone su sensibilidad, por lo tanto, estaríamos escuchando al satélite con niveles mínimos en el rango de 3000 Km y mejor en el rango de los 800 Km.

Antena Directiva +10 dB	Tabla-3
Potencia de TX (A051)	+ 30 dB _m
Pérdidas en la línea de TX	0 dB
Ganancia antena TX A051	+2 dB _i
Pérdidas por Dist. (3.000) Km.	-154 dB
Pérdidas por cruce Ionosfera	-1 dB
Desfase polarización Antena	-3 dB
Ganancia de antena RX	+10 dB _i
Pérdidas en la línea de RX	-1.54 dB
Total	-117.54 dB

Para una mejora de la recepción deberíamos añadir un previo de bajo nivel de ruido, que introduciría en nuestro balance de potencias de la tabla 4, unos positivos +15 dB con lo cual, la señal recibida por el receptor estaría en torno a los -102,54 dB, con el satélite a 3.000 Km (sobre el horizonte) y unos -90 dB con el satélite a 800 Km en el punto más alto de la "ventana".

Antena +10 dB ; Previo +15 dB	Tabla-4
Potencia de TX (A051)	+ 30 dB _m
Pérdidas en la línea de TX	0 dB
Ganancia antena TX A051	+2 dB _i
Pérdidas por Dist. (3.000) Km.	-154 dB
Pérdidas por cruce Ionosfera	-1 dB
Desfase polarización Antena	-3 dB
Ganancia de antena RX	+10 dB _i
Pérdidas en la línea de RX	-1.54 dB
Previo de Recepción	+15 dB
Total	-102.54 dB

Resumiendo, parece evidente que añadir una antena direccional, unas bajas pérdidas en la línea coaxial y la ayuda de un previo de bajo nivel de ruido, proporcionará a nuestra escucha buenos niveles de recepción durante toda la de la ventana de uso.

Finalmente, podemos hacer unos cuantos números para comprobar lo mencionado al principio sobre el "efecto cocodrilo" y el uso de antenas de "porra" o GP con el consiguiente QRM sobre los QSO establecidos, insistiendo en lo dicho: "Es más fácil llegar al satélite que escucharlo".

Potencia de transmisión, subida

Tomamos como ejemplo la potencia típica de un portátil, 5 Wts, que equivalen a +37 dB_m.

Pérdidas en la línea coaxial: las pérdidas son irrelevantes.

Ganancia de la antenita "porra": una pérdida de -2 dB.

Pérdidas asociadas a la distancia recorrida: Igual que hicimos en la señal de bajada, ahora con la misma distancia de 3.000 Km y una frecuencia de subida de 145,9 MHz, la ecuación de Friis nos dará unas pérdidas por distancia de -145,26 dB, sumamos las pérdidas debidas a la polarización -3 dB, las debidas al cruce de la ionosfera -1 dB, resultando unas pérdidas totales de -149,26 dB.

Ganancia de la antena del A051: Tomada de su hoja técnica, + 2 dB_i.
Sensibilidad receptor del A051: Tomada de su hoja técnica, -125 dB_m

"El efecto cocodrilo"

Continuando con los números, el balance de potencias para el radio enlace hacia el satélite tiene un valor de -112 dB en el receptor del A051 que, con una sensibilidad de -125 dB_m representa una señal suficiente para "ocuparlo", pero no para escucharlo.

De igual manera podríamos valorar prácticas con equipos de 50 W y antenas verticales GP de uso general, podremos "morder fuerte" al satélite (-101 dB), pero igualmente, y como veíamos en el balance de potencias de bajada, seguimos sin escucharlo.

En definitiva, y repitiendo lo escrito:

"Una antena direccional, unas bajas pérdidas en la línea coaxial y la ayuda de un previo de bajo nivel de ruido, proporcionará a nuestro enlace buenos niveles de recepción durante todo la ventana de uso del satélite."

Enlaces relacionados

- www.ea.amsat.org
- www.amsat.org
- www.amsat.org/amsat-new/echo/index.php

(1) ¿Qué es un decibelio?

Se denomina decibelio a la unidad relativa empleada en electrónica para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

El decibelio, símbolo dB, es una unidad logarítmica. Es 10 veces el logaritmo decimal de la relación entre la magnitud de interés y la de referencia (en nuestro caso un milivatio).

$$dB_m = 10 \log [Pot (W)/Pot-ref (W)]$$

$$dB_m = 10 \log [Pot (W)/0,001 W]$$

Como puede haber diversas referencias dependiendo del uso, es importante indicar cuáles son las unidades de la referencia. En este caso, la referencia es un milivatio así que el subíndice "m" se agrega al dBm. Otra referencia de base que verás en este artículo es dBi. El dBi será utilizado cuando la ganancia de una antena se compara con el modelo matemático de referencia de una antena isotrópica.

(2) Ecuación de Friis:

Permite determinar la pérdida de transmisión, entendida ésta como el cociente entre la potencia entregada a la antena transmisora y la potencia entregada por la antena receptora (a su receptor), supuesto que las antenas transmisora y receptora se encuentran separadas por una distancia (D).

$$Lbf (dB) = 32,45 + 20 \log (F) + 20 \log (D)$$

F = Frecuencia en MHz.

D = Distancia en Km.

Independientes de las antenas, estas pérdidas se deben a que la onda electromagnética, al propagarse, se atenúa según la ley de la inversa de la distancia.

En el ejemplo que nos ocupa, la distancia de las antenas será de 3.000 Km cuando el satélite está sobre el horizonte de nuestra ventana de uso y si la frecuencia de bajada es de 435,3 MHz, las pérdidas calculadas serían de:

$$Lbf (dB) = 32,45 + 20 \log (435,3) + 20 \log (3000)$$

$$Lbf (dB) = 154,768 dB$$

(3) Rotación de Faraday

Cuando la onda de radio atraviesa la ionosfera se produce un cambio en el plano de polarización por causa del campo magnético terrestre. Este campo provoca que los electrones oscilen en un diferente plano resultando una nueva onda con un nuevo plano de polarización.

Este efecto recibe el nombre de "rotación de Faraday" y depende del nivel de ionización existente en las capas altas de la atmósfera.

La atenuación debida a una diferencia de polarización de x grados se expresa matemáticamente:

$$A = -20 \log (\cos X) dB$$