



Universidad Carlos III de Madrid

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

AMOS 17



Autor:

Jose María de la Cruz Sánchez

Diciembre 2020

Contents

1	Información del satélite	2
2	Cálculos teóricos	6
3	Análisis de ángulos de elevación y de interferencia solar	10
4	Análisis de cobertura en potencia	12
5	Incidencias encontradas, soluciones y conclusiones	17
6	Bibliografía	18

1 Información del satélite

El día 6 de Agosto de 2019 el satélite AMOS-17 fue lanzado al espacio por medio de un cohete Falcon 9 de la empresa SpaceX.

AMOS-17 es el satélite que cuenta con mayor rendimiento y más avanzado que se encarga de proporcionar servicios de comunicaciones satelitales a África. Su posición es de 17 grados Este y servirá para fortalecer la cobertura de Spacecom en los crecientes mercados satelitales en se extiende por todo el continente Africano, Oriente Medio y Asia.

Como se ha mencionado anteriormente, AMOS-17 brinda cobertura a África, Oriente Medio y Europa. Los haces utilizados por AMOS-17 proporcionan servicios en banda Ka, banda Ku y banda C, más adelante los analizaremos de forma más detallada. La esperanza de vida para el satélite AMOS-17 es de más de 15 años, se prevé que seguirá brindando cobertura hasta 2039 aproximadamente.

La banda C de AMOS-17 combina de manera única los beneficios de HTS - Satélite de alto rendimiento, con la disponibilidad de servicio superior de la banda C, lo que lo convierte en la mejor opción para cualquier proyecto de la zona del Sub-Sahara.

AMOS-17 es un satélite multibanda de alto rendimiento (HTS) de última generación, que utiliza la plataforma de procesador digital avanzada de Boeing, que proporcionará soluciones satelitales confiables y flexibles y ofrecerá una ventaja competitiva significativa para nuestros clientes. Además, AMOS-17 combina haces regionales amplios con haces puntuales de alto rendimiento, lo que conlleva a una maximización del rendimiento y de la eficiencia espectral.

Sobre los haces de cobertura de AMOS-17 encontramos múltiples regiones de **banda C** con la siguiente información:

- EIRP en pico de haz mayor que 55 dBW.
- G / T en pico de haz mayor que 12 dB / K
- Frecuencias de enlace ascendente 5,85 a 6,725 GHz
- Frecuencias de enlace descendente: 3,4 a 4,2 GHz
- Polarización de los haces del usuario:
- Polarización de los haces del concentrador circular :

- Ubicación del concentrador lineal : África (haces del usuario), Europa, Medio

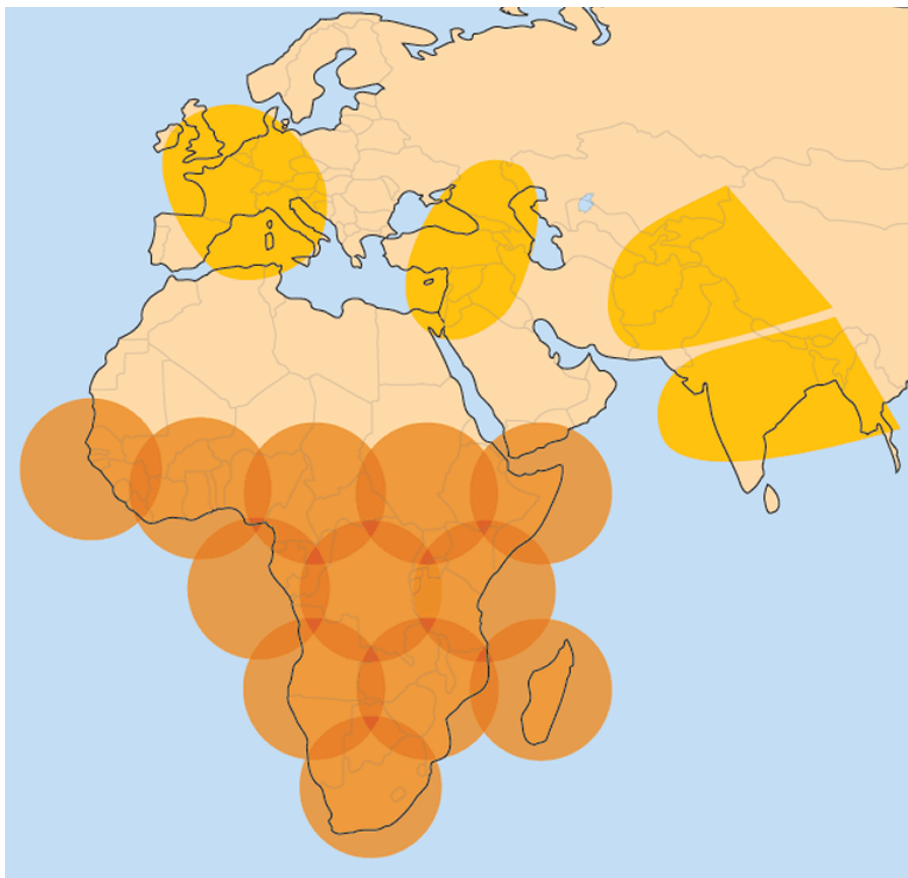


Figure 1: HACES BANDA-C AMOS-17

HAZ BANDA-KU 1

- EIRP en pico de haz mayor que 52 dBW.
- G / T en pico de haz mayor que 6 dB/K.
- Frecuencias de enlace ascendente 13,75 a 14,5 GHz; De 17,3 a 18,1 GHz.
- Frecuencias de enlace descendente: de 10,95 a 11,2 GHz; 11,7 a 12,75 GHz; 13,4 a 13,65 GHz.
- Polarización de enlace ascendente: Vertical y horizontal.
- Polarización de enlace descendente: Vertical y horizontal.

HAZ BANDA-KU 2

- EIRP en el pico del haz mayor que 55 dBW
- G / T en el pico del haz mayor que 9 dB / K
- Frecuencias de enlace ascendente 13,75 a 14,5 GHz; De 17,3 a 18,1 GHz
- Frecuencias de enlace descendente: de 10,95 a 11,2 GHz; 11,7 a 12,75 GHz; 13,4 a 13,65 GHz
- Polarización de enlace ascendente: Vertical y horizontal
- Polarización de enlace descendente: Vertical y horizontal

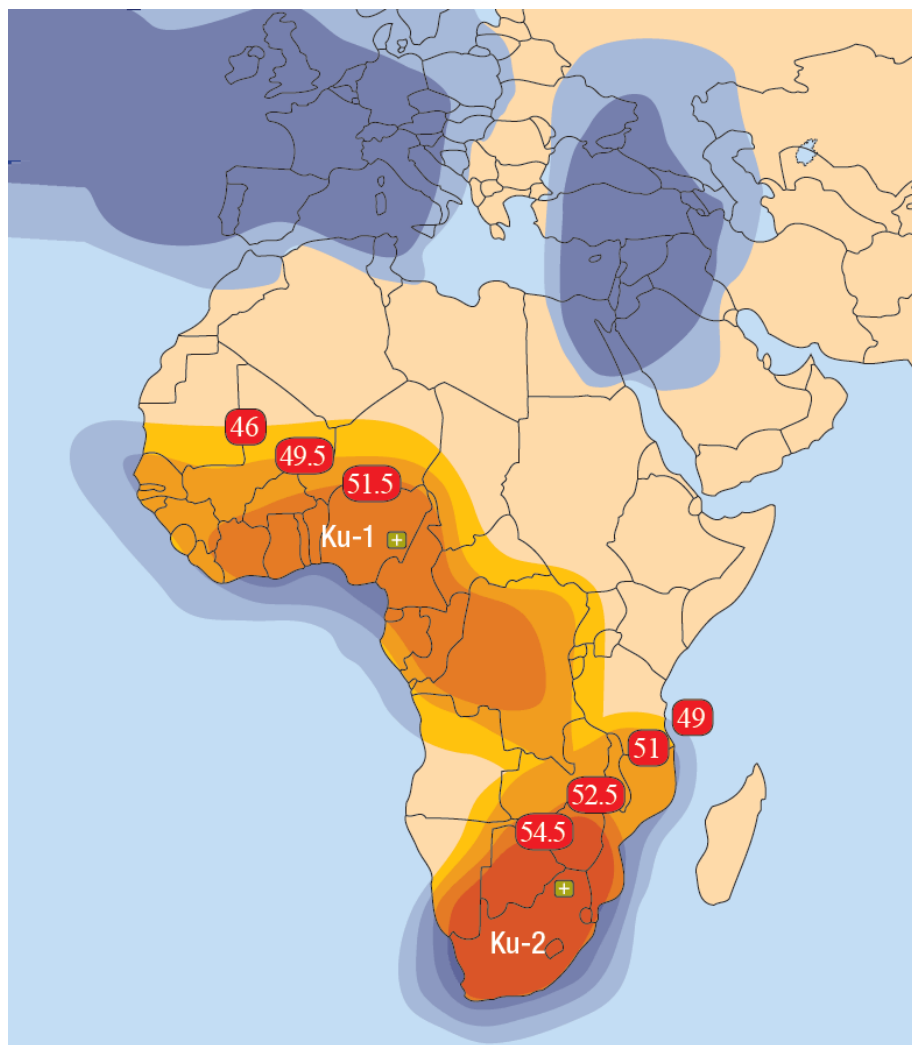


Figure 2: HACES BANDA-KU AMOS-17

HACES BANDA-KA ORIENTABLES Y FIJAS

- EIRP en el pico del haz mayor que 62 dBW

- G / T en el pico del haz mayor que 17 dB / K
- Frecuencias de enlace ascendente 27,5 a 31,0 GHz;
- Frecuencias de enlace descendente: 17,7 a 21,2 GHz
- Polarización de enlace ascendente: LHCP y RHCP
- Polarización de enlace descendente: LHCP y RHCP

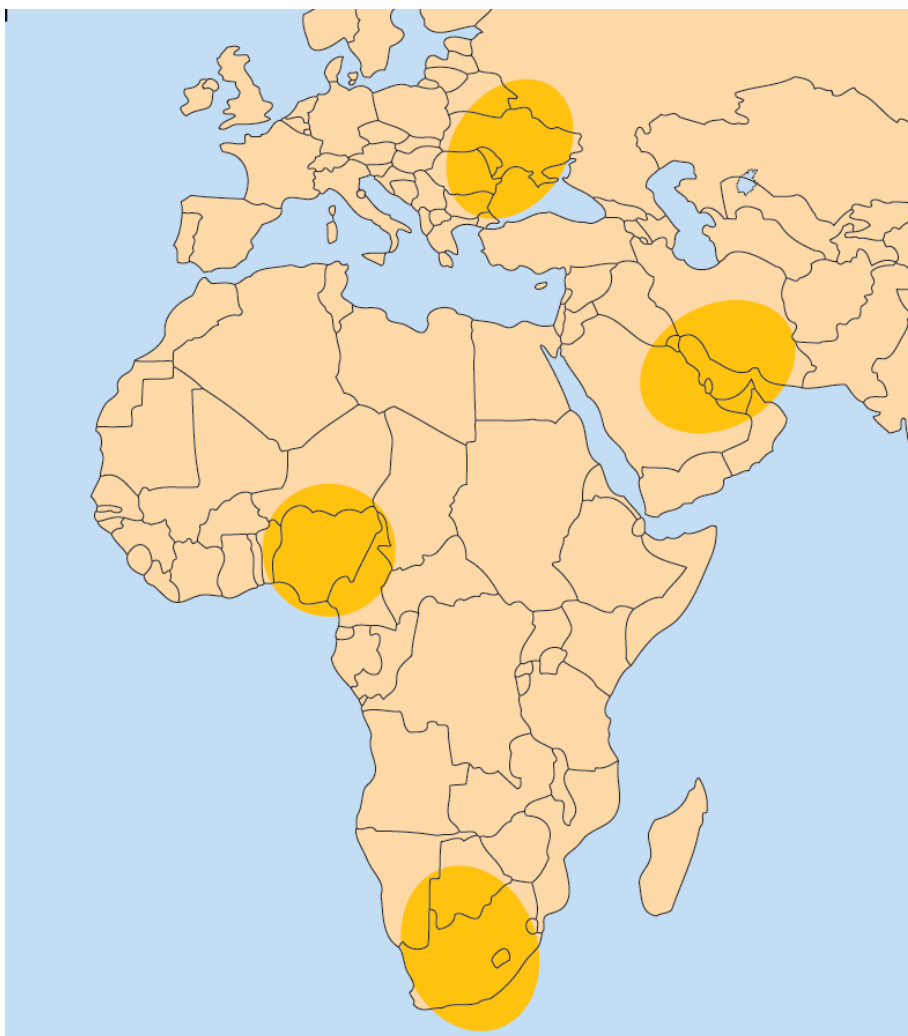


Figure 3: HACES BANDA-KA AMOS-17

Los 49 países que se benefician de la cobertura de AMOS-17 en África son los siguientes: Angola , Benin , Botswana , Burkina Faso , Burundi , Cabo Verde , Camerún , República Centroafricana (CAR) , Chad , Comoras , República Democrática del Congo , República del Congo , Costa de Marfil , Djibouti , Guinea Ecuatorial , Eritrea , Eswatini (antes Swazilandia), Etiopía , Gabón , Gambia, Ghana , Guinea

, Guinea-Bissau, Kenia, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Malí , Mauritania, Mauricio, Mozambique, Namibia, Níger , Nigeria , Ruanda, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Somalia, Sur África , Sudán del Sur , Sudán, Tanzania, Togo, Uganda , Zambia y Zimbabwe.[1]

2 Cálculos teóricos

Vamos a relizar los cálculos correspondientes a la banda de frecuencias de AMOS-17 en Banda C y sus servicios.

Como hemos visto, AMOS-17 trabaja en diferentes bandas de frecuencia; Banda C, Banda KU 1, Banda KU 2 y Banda KA. También ofrece diversos servicios. Vamos a realizar los cálculos teóricos de AMOS-17 para un servicio de 4G en Banda C. Para ello vamos a suponer que establecer conexión con un VSAT.

Para realizar dichos cálculos, vamos a suponer que el VSAT cuenta con una potencia de transmisión de 5W, una antena de 2 metros de diámetro con una dispersión del 70 por ciento, con pérdidas de transmisión y recepción de 2 dB y 1 dB respectivamente. La temperatura de ruido del VSAT es de 250K.

Para el cálculo de balance de enlace de nuestro satélite, vamos a suponer que se establece conexión entre el VSAT previamente mencionado con un HUB cuyo valor de PIRE de 20 dBW con un ancho de banda de 6 MHz cuya antena tiene un diámetro de 6 metros y una eficiencia del 85 por ciento. La temperatura de ruido del HUB es de 250K. La tasa binaria es de 5Mbps bidireccionales con modulación QPSK.

Supondremos también que la tasa binaria de la estación VSAT es de 400kbps bidireccionales. La modulación utilizada será QPSK tanto en inbound como en outbound (los cuales se suponen con valor 0). Asumiremos también una eficiencia de 2bps/Hz para la modulación QPSK. Tomaremos un HUB situado en las coordenadas de la UC3M de Madrid; 40°N y 3°O y una estación VSAT situada en 40,2°N y 16,3°E.

Para realizar los cálculos tendremos en cuenta como posición de AMOS 17 la siguiente: latitud 40 grados, longitud 17 grados y una altitud de 35786km. [2]

Primero analizaremos el balance de enlace OUTBOUND. Empezaremos por el enlace de subida, conexión entre el HUB, situados en las coordenadas mencionadas

anteriormente, en la posición de la UC3M de Madrid y el satélite AMOS-17.

$$\frac{C}{N}o, subida = PIREhub + \frac{G}{T}satelite - 10logk - Lbfo - OBO \quad (1)$$

Teniendo en cuenta que:

$$PIREhub = Ptx + GTx - Ltx = 5.22dbW \quad (2)$$

$$\frac{G}{T}satelite = 12dB/k \quad (3)$$

$$10logk = -228.60dB \quad (4)$$

$$Lbfo = 10log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda_0}\right)^2 = 199.7dB \quad (5)$$

obtendremos como resultado final

$$\frac{C}{N}o, subida = 46.12db/Hz \quad (6)$$

Continuaremos analizando en enlace OUTBOUND de bajada, conexión entre el satélite AMOS-17 y una estación VSAT situada a 40'2ºN y 16'3ºE.

$$\frac{C}{N}o, bajada = PIREsatelite + \frac{G}{T}vsat - 10logk - Lbfo - OBO \quad (7)$$

Teniendo en cuenta que:

$$PIREsatelite = 55dbW \quad (8)$$

$$\frac{G}{T}VSAT = GrVSAT - 10logT = 17.18dB/k \quad (9)$$

$$10\log k = -228.60dB \quad (10)$$

$$L_{bfo} = 10\log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda_0}\right)^2 = 198.27dB \quad (11)$$

obtendremos como resultado final

$$\frac{C}{N}_{o, bajada} = 102.51dB/Hz \quad (12)$$

Teniendo en cuenta los valores obtenidos para el balance de enlace OUTBOUND de subida y de bajada, podemos concluir que el balance de enlace OUTBOUND final será el siguiente:

$$\frac{C}{N}_{outbound}^{-1} = \frac{C}{N}_{outbound, subida}^{-1} + \frac{C}{N}_{outbound, bajada}^{-1} \quad (13)$$

Por lo tanto:

$$\frac{C}{N}_{outbound} = 31.8dBHz \quad (14)$$

En cuanto al análisis del enlace INBOUND, empezaremos por el enlace de subida. Conexión entre la estación VSAT y AMOS-17.

$$\frac{C}{N}_{i, subida} = PIREVSAT + \frac{G}{T}_{satelite} - 10\log k - L_{bfo} - IBO \quad (15)$$

Teniendo en cuenta que:

$$PIREVSAT = 6.9dBW \quad (16)$$

$$\frac{G}{T}_{satelite} = 12dB/k \quad (17)$$

$$10\log k = -228.60dB \quad (18)$$

$$L_{bfo} = 10\log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda_0}\right)^2 = 97dB \quad (19)$$

obtendremos como resultado final

$$\frac{C}{N}i, subida = 150.5db/Hz \quad (20)$$

Continuaremos analizando en enlace INBOUND de bajada, conexión entre el satélite AMOS-17 y el HUB.

$$\frac{C}{N}i, bajada = PIREsatelite + \frac{G}{T}hub - 10\log k - Lbfo - IBO \quad (21)$$

Teniendo en cuenta que:

$$PIREsatelite = 55dbW \quad (22)$$

$$\frac{G}{T}hub = Grhub - 10\log T = 22.44dB/k \quad (23)$$

$$10\log k = -228.60dB \quad (24)$$

$$L_{bfo} = 10\log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda_0}\right)^2 = 195.12dB \quad (25)$$

obtendremos como resultado final

$$\frac{C}{N}i, bajada = 110.92db/Hz \quad (26)$$

Teniendo en cuenta los valores obtenidos para el balance de enlace INBOUND de subida y de bajada, podemos concluir que el balance de enlace INBOUND final será el siguiente:

$$\frac{C}{N}inbound^{-1} = \frac{C}{N}inbound, subida^{-1} + \frac{C}{N}inbound, bajada^{-1} \quad (27)$$

Por lo tanto:

$$\frac{C}{N}inbound = 63.86dBHz \quad (28)$$

3 Análisis de ángulos de elevación y de interferencia solar

Vamos a analizar los ángulos de elevación media de AMOS-17 y la interferencia solar de éste. Para ello vamos a utilizar el software proporcionado por SPATpro.

La siguiente figura nos permite analizar el ángulo de elevación de AMOS-17 con respecto una estación base situada en las coordenadas mencionadas en los apartados anteriores, en Madrid. Podemos ver que el satélite siempre estará visible, el pase siempre está por encima de los 10 grados. Haciendo uso de la figura podemos comparar los diferentes grados de elevación de AMOS-17 y la duración, en minutos, de cada pase.

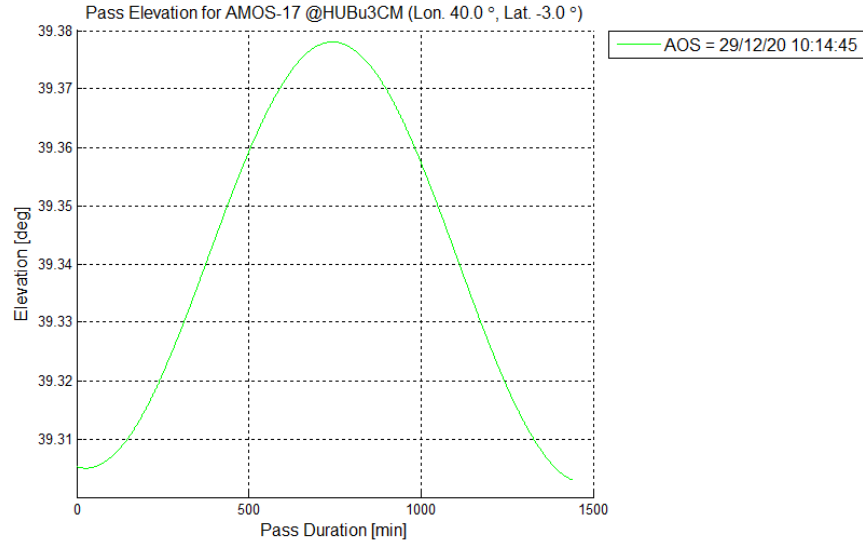


Figure 4: PASES-ELEVACIÓN AMOS 17

El satélite, AMOS 17, tendrá un solo pase al día, ya que es un satélite geoestacionario, pero que durará unos 1441 minutos, lo que equivale a 24 horas, por lo tanto, como comentábamos en la figura anterior, siempre estará visible. Podemos comprobar esta afirmación en la siguiente figura.

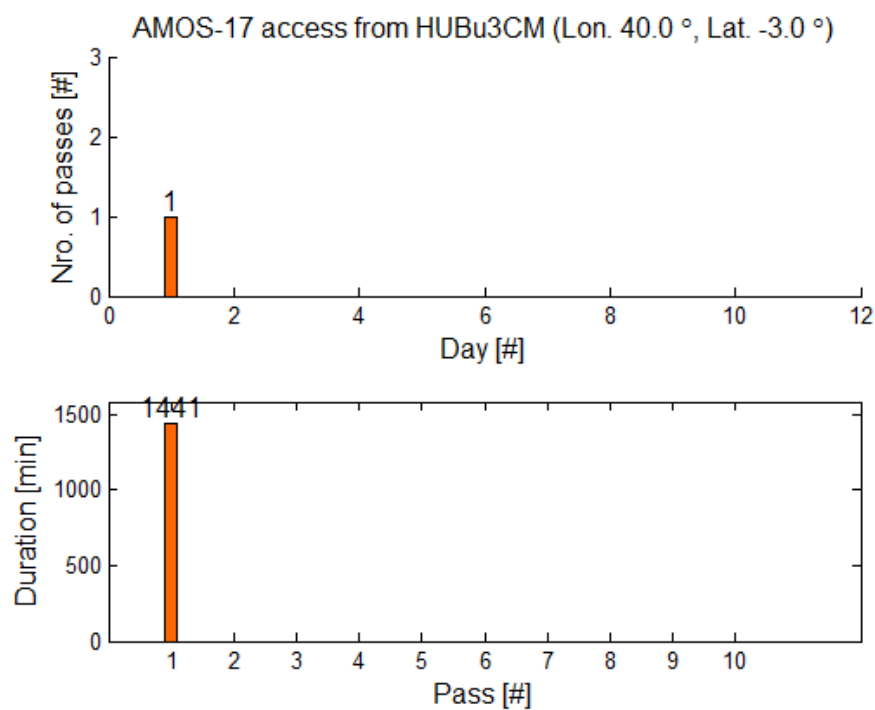


Figure 5: PASES TOTALES AMOS 17

A la hora de comparar la elevación de AMOS-17 con respecto al sol, vemos que ésta es constante. Como la elevación de AMOS-17 es siempre inferior a 40 grados, y por lo tanto inferior a 80, no se verá afectado por la intensidad solar.

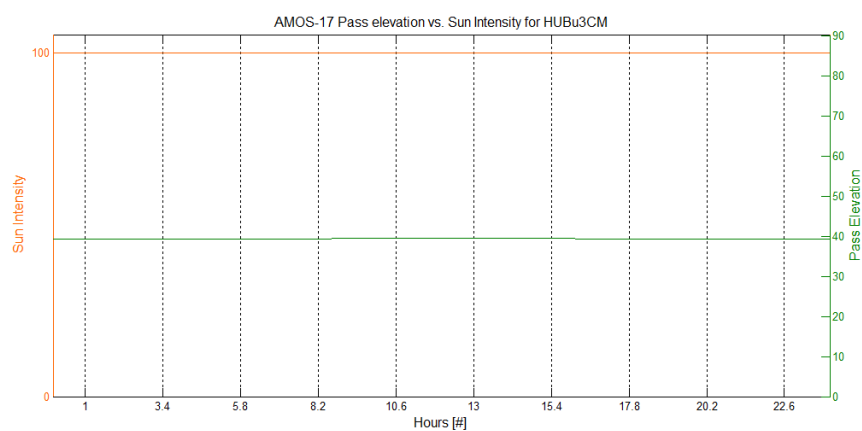


Figure 6: RELACIÓN INTENSIDAD SOLAR - ANGULO ELEVACIÓN AMOS 17

4 Análisis de cobertura en potencia

Para el análisis de cobertura en potencia de nuestro sistema, vamos a ayudarnos del software, SPATpro. Primero analizaremos la cobertura entre el HUB y nuestro satélite AMOS-17 y posteriormente analizaremos la cobertura entre AMOS-17 y la estación VSAT seleccionada para nuestro sistema y que hemos tenido en cuenta para realizar los cálculos previos.

En la siguiente figura podemos observar los diferentes parámetros introducidos en el software para calcular la cobertura entre el HUB y AMOS-17.

-- Satellite Data	-- Ground Station Data	-- Additional Data
Tx Output Power [W]: 316227.766	Tx Output Power [W]: 3.3266	Rainfall Rate [mm/h]: 0
Tx Antenna Gain [dB]: 1	Tx Antenna Gain [dB]: 1	Cloud Liquid Water Content [mm]: 0
Rx Antenna Gain [dB]: 1	Rx Antenna Gain [dB]: 1	Relative Humidity [%]: 0
Antenna 3dB angle [deg]: 0.1	Antenna 3dB angle [deg]: 0.1	Compute
Antenna Depol. [deg]: 0.1	Antenna Depol. [deg]: 0.1	
Downlink Carrier Freq. [MHz]: 3600	Uplink Carrier Freq. [MHz]: 6070	Plot
Equipment loss [dB]: 1	Equipment loss [dB]: 1	
Downlink Data Rate [bps]: 5000000	Uplink Data Rate [bps]: 5000000	<input checked="" type="checkbox"/> Plot C/No [dB-Hz]
Downlink Bit Error Rate (BER): 0.001	Uplink Bit Error Rate (BER): 0.001	<input checked="" type="checkbox"/> Plot Es/No [dB]
Downlink Modulation: QPSK	Uplink Modulation: QPSK	<input checked="" type="checkbox"/> Link Margin [dB]

Figure 7: DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro

A continuación, analizamos los parámetros calculados por el programa, que constituyen la conexión HUB-AMOS17.

Link Budget @10 deg Elevation

File

	Downlink	Uplink
Elevation [deg]	10	10
Frequency [MHz]	3600	6070
Distance [km]	4.2189e+04	4.2189e+04
Tx. Power [dBW]	55.0000	5.2200
Tx. Loss [dB]	0	0
Tx. Antenna Gain [dBi]	1	1
=== EIRP [dBW] ===	56.0000	6.2200
Free Space Loss [dB]	195.7412	200.2789
Atm. Losses [dB]	0.9578	0.9918
Polarization Losses [dB]	0	0
Pointing Losses [dB]	24	24
Equipment Losses [dB]	2	2
=== Propagation Loss [dB] ===	222.6990	227.2707
Rx. Antenna Gain [dB]	1	1
Rx. Noise Temperature [K]	365.5314	365.5314
Rx. G/T [dB/K]	-24.6292	-24.6292
Boltzman [dBW/K/Hz]	228.6000	228.6000
=== C/No [dBHz] ===	37.2709	-17.0807
Bit Rate [bps]	5000000	5000000
Es/No [dB]	-29.7188	-84.0704
BER	1.0000e-03	1.0000e-03
Es/No @BER [dB]	9.7998	9.7998
=== Link Margin [dB] ===	-39.5186	-93.8703

Figure 8: BALANCE DE ENLACE: HUB - AMOS-17. Usando SPATpro

Como podemos observar, si comparamos estos datos con los obtenidos en los cálculos previos, vemos que hay algunos resultados similares como pueden ser las pérdidas por propagación, las pérdidas de espacio libre, la distancia calculada, entre otros. Hoy otros resultados similares pero no iguales a los cálculos previos como por ejemplo, C/No de subida en los cálculos previos tenía un valor de 46.12 dB/Hz y el software nos ha devuelto un valor de 37.2709. En el caso de la subida nos devuelve un valor de -17.0807 db/Hz con respecto a nuestro valor 110.92 db/Hz en los cálculos previos. Son unos valores bastante distantes y que pueden ser debidos a que algunos parámetros que usa el software no los tenemos en cuenta en los cálculos previos.

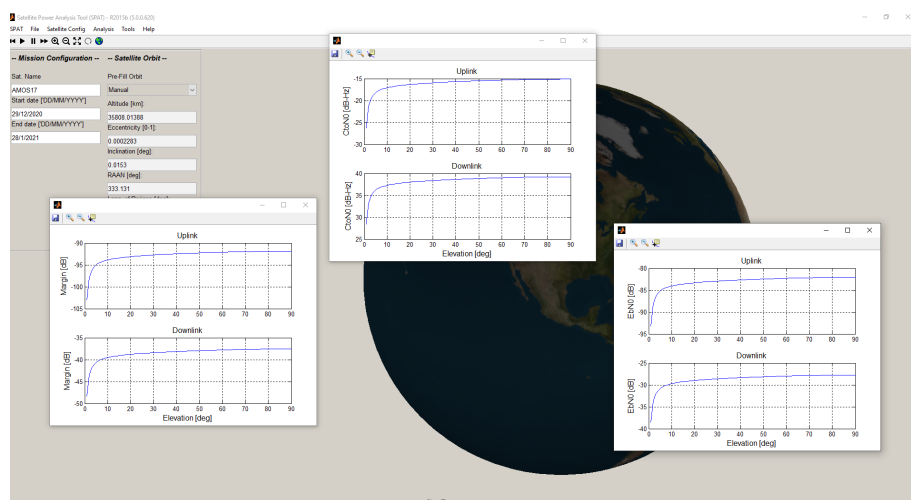


Figure 9: PLOTS Hub - AMOS 17

Analizaremos ahora la cobertura de enlace entre AMOS-17 y la estación VSAT de nuestro sistema.

Estos son los datos proporcionados al software SPATpro.

-- Satellite Data	-- Ground Station Data	-- Additional Data
Tx Output Power [W]: 316227.766	Tx Output Power [W]: 4.897788194	Rainfall Rate [mm/h]: 0
Tx Antenna Gain [dB]: 1	Tx Antenna Gain [dB]: 1	Cloud Liquid Water Content [mm/h]: 0
Rx Antenna Gain [dB]: 1	Rx Antenna Gain [dB]: 1	Relative Humidity [%]: 0
Antenna 3dB angle [deg]: 0.1	Antenna 3dB angle [deg]: 0.1	Compute
Antenna Depol. [deg]: 0.1	Antenna Depol. [deg]: 0.1	
Downlink Carrier Freq. [MHz]: 6500	Uplink Carrier Freq. [MHz]: 4000	Plot
Equipment loss [dB]: 1	Equipment loss [dB]: 1	
Downlink Data Rate [bps]: 5000000	Uplink Data Rate [bps]: 5000000	<input checked="" type="checkbox"/> Plot C/No [dB-Hz]
Downlink Bit Error Rate (BER): 0.001	Uplink Bit Error Rate (BER): 0.001	<input checked="" type="checkbox"/> Plot Es/No [dB]
Downlink Modulation: QPSK	Uplink Modulation: QPSK	<input checked="" type="checkbox"/> Link Margin [dB]

Figure 10: DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro

A continuación, el balance de enlace proporcionado por el software SPATpro. Podríamos comentar lo mismo que en análisis anterior, en el enlace de HUB con AMOS-17.

	Downlink	Uplink
Elevation [deg]	10	10
Frequency [MHz]	6500	4000
Distance [km]	4.2189e+04	4.2189e+04
Tx. Power [dBW]	55.0000	6.9000
Tx. Loss [dB]	0	0
Tx. Antenna Gain [dBi]	1	1
=== EIRP [dBW] ===	56.0000	7.9000
Free Space Loss [dB]	200.8734	196.6563
Atm. Losses [dB]	0.9993	0.9628
Polarization Losses [dB]	0	0
Pointing Losses [dB]	24	24
Equipment Losses [dB]	2	2
=== Propagation Loss [dB] ===	227.8727	223.6191
Rx. Antenna Gain [dB]	1	1
Rx. Noise Temperature [K]	365.5314	365.5314
Rx. G/T [dB/K]	-24.6292	-24.6292
Boltzman [dBW/K/Hz]	228.6000	228.6000
=== C/No [dBHz] ===	32.0972	-11.7492
Bit Rate [bps]	5000000	5000000
Es/No [dB]	-34.8925	-78.7389
BER	1.0000e-03	1.0000e-03
Es/No @BER [dB]	9.7998	9.7998
=== Link Margin [dB] ===	-44.6923	-88.5387

Figure 11: DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro

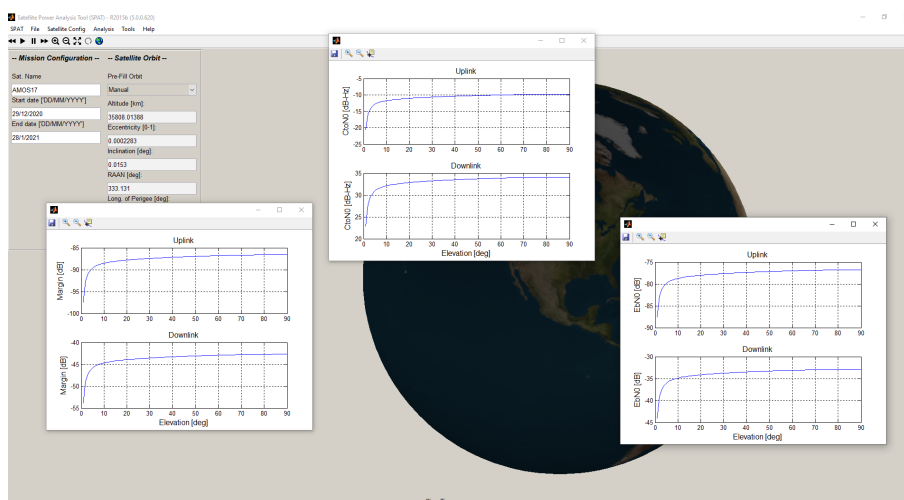


Figure 12: DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro

5 Incidencias encontradas, soluciones y conclusiones

Como sabíamos, AMOS-17 es un satélite geoestacionario y como teníamos en mente y hemos podido comprobar en la sección 3, AMOS-17 tiene un solo pase diario que dura 1441 minutos, es decir 24. Con lo que podemos concluir que el satélite está visible, o mejor dicho, establece una conexión constante con la estación HUB, situada en Madrid. Se podrían variar algunos parametros como las ganancias de las antenas tanto receptoras como emisoras para poder mejorar la conexión de nuestro sistema. También se podría analizar y ajustar la dirección de éstas para conseguir una eficacia de conexión aún mayor, pese a que ésta ya es bastante buena.

6 Bibliografía

References

- [1] AMOS-17 de Spacecom. <https://www.amos-spacecom.com/satellite/amos-17/>
- [2] Posicion AMOS-17. <https://www.amos-spacecom.com/satellite/amos-17/>

List of Figures

1	HACES BANDA-C AMOS-17	3
2	HACES BANDA-KU AMOS-17	4
3	HACES BANDA-KA AMOS-17	5
4	PASES-ELEVACIÓN AMOS 17	10
5	PASES TOTALES AMOS 17	11
6	RELACIÓN INTENSIDAD SOLAR - ANGULO ELEVACIÓN AMOS 17	11
7	DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro	12
8	BALANCE DE ENLACE: HUB - AMOS-17. Usando SPATpro	13
9	PLOTS Hub - AMOS 17	14
10	DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro	15
11	DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro	16
12	DATOS SATÉLITE - RECEPTOR en SPATpro	16