

ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED INDIRECTA SATELITAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL (DGAC) INSTALADA A NIVEL NACIONAL

Milton Ariel Tituaña Pillajo
Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica del Ejército
Av. El Progreso S_N, Sangolquí Ecuador
m.arieltp_19@hotmail.com

Resumen

El presente documento engloba la metodología para la eficiencia de los enlaces VSAT hacia los satélites Intelsat 707 e Intelsat IS-23, considerando un HUB principal y 27 nodos remotos ubicados en infraestructuras aeroportuarias. Además permite tener parámetros de consideración de sistemas VSAT al momento de homologar las estaciones con el proveedor satelital.

Con las herramientas *iMonitor*, *iBuilder* e *iSite* se obtiene la información real de los aplicativos aeronáuticos que cursan por la Red (AMHS/AFNT, ATIS, NOTAM/METAR, Dial Line, Hot Line, Radar y NMS), más un detallado sustento matemático y considerando las recomendaciones de la ITU en sistemas satelitales se generan diversos escenarios para el desarrollo de los enlaces de comunicación.

1. Introducción

Los enlaces vía satélite permiten establecer conexiones entre dos o más puntos situados en la superficie terrestre, utilizando un satélite en el espacio como sistema repetidor. Las redes VSAT son redes privadas de comunicación de datos vía satélite, que permiten el intercambio de información con enlaces punto - punto, punto - multipunto (Broadcasting) o interactivas.

La ventaja de una estación terrestre VSAT sobre una conexión de red terrestre típica, es que las VSAT no están limitadas por el alcance del cableado subterráneo. Una estación terrestre VSAT puede instalarse en cualquier parte, sólo requiere ser vista por el satélite. Las principales características de una red VSAT son:

- Las redes VSAT privadas son diseñadas a la medida de las necesidades de las aplicaciones del usuario.
- El usuario puede aprovechar los servicios satelitales a un bajo coste y de fácil instalación. Permite la transferencia de datos, voz y video.
- Las antenas VSAT montadas en los terminales son de tamaños reducidos, considerando la banda de operación.
- La red puede tener gran densidad (1000 estaciones) y está controlada por una estación central llamada HUB. El HUB tiene la función de gestionar el tráfico entre terminales, y optimiza el acceso a la capacidad del satélite.
- Puede generar enlaces asimétricos y simétricos dependiendo de la demanda de los usuarios. Se tiene una buena sensibilidad en recepción con las bandas Ku o C.

2. Elemento de una red VSAT

Un sistema de comunicación satelital se compone de un transmisor Tx (envía la señal de transmisión), el canal (medio por el cual viaja la información) y el receptor Rx (recibe la información proveniente del transmisor). Referirse a la Figura 1.

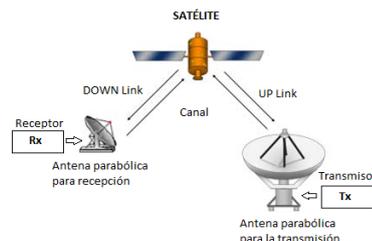


Figura. 1 Sistema de comunicación satelital básico

2.1 Órbita GEO: Es una órbita circular que se encuentra sobre el plano ecuatorial de la Tierra, a una altitud aproximada de 36000 Km, con una velocidad de 3 Km/s y un periodo de orbita de 24 horas. Desde una estación terrena se puee observar que el satlite permanece fijo.

2.2 Transponedor: Un transponedor está formado a la entrada por un selector de frecuencias, un controlador de ganancia y una fuente de alimentación. Tiene como función principal recibir la señal desde la Tierra a través de las antenas y receptores, amplifica y envía a su destino. Refiérase a la Figura. 2.

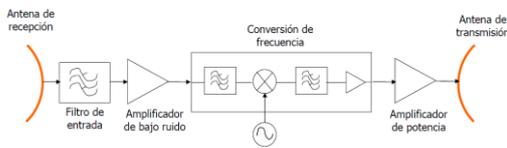


Figura. 2 Carga útil – Diagrama en Bloques

2.3 Banda C (de 4 a 8 GHz): En esta Banda el satélite actúa como repetidor, recibiendo las señales en la parte alta de la banda (5.9 GHz hasta 4.2 GHz) y remitiéndolas hacia la Tierra en la banda baja (3.7 GHz hasta 4.2 GHz), con una diferencia de frecuencia de 2225 MHz. Normalmente se usa polarización circular, para duplicar el número de servicios sobre la misma frecuencia.

2.4 Foot Print del Satélite: Se refiere al área geográfica en la tierra que cubren los transponedores, los cuales determinan el diámetro requerido de las antenas para recibir eficientemente la señal del satélite. Refiérase a la figura 3.

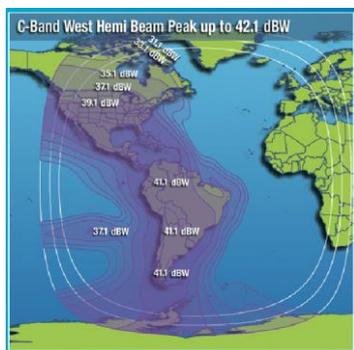


Figura. 3 Foot print del satélite IS-23 en el área del continente Americano

3. Parámetros del Sistema Satelital [2]

Azimut

$$Az = 180^\circ + \tan^{-1} \left[\frac{\tan(Long_{SAT} - Long_{ET})}{\sin(Lat_{ET})} \right] [Grados]$$

Elevación

$$\cos \delta = \cos(Lat_{ET}) (\cos(Long_{SAT} - Long_{ET}))$$

$$\Delta = \tan^{-1} \left[\frac{HCS - (R \cos(\delta))}{R \sin(\delta)} \right]$$

Dónde:

- HCS = Distancia del centro de la Tierra al satélite 42164.2 [Km]
- R = Radio de la Tierra 6378.155 [Km]

$$E = \Delta - \delta [Grados]$$

Distancia al satélite

$$D = \sqrt{HCS^2 + R^2 - [2HCS.R \left(\sin \left(E + \sin^{-1} \left(\frac{R}{HCS} \cdot \cos E \right) \right) \right)]} [Km]$$

Ancho de banda de portadora

$$Vel_{Tx} = \frac{Vel_{Info_{sat}}}{FEC} [Mbps]$$

$$BW_{port} = (Vel_{Tx}) \left(\frac{1}{I_{Mod}} \right) (1 + Roll_{off}) [MHz]$$

Modelo de propagación en el espacio libre

$$L_b = 32.4 + 20 \log_{10}(D) + 20 \log_{10}(F) [dB]$$

Dónde:

- F = Frecuencia de Transmisión [MHz].
- D = Distancia de la estación terrena al satélite [Km].

Atenuación por los gases atmosféricos Ag-a, considerar las recomendaciones ITU-R P.836 [3]

Atenuación por lluvia, considerar las recomendaciones ITU-R P-837 y ITU-R P-838 [3]

Pérdidas por seguimiento

Al establecer un enlace por satélite, existe un pequeño nivel de desalineación, el cual disminuye la ganancia en unos pocos décimos de dB. En la Tabla 1 se hace referencia de diferentes diámetros de antenas con sus respectivas pérdidas.

Tabla. 1 Características de desempeño de las estaciones terrenas (eficiencia de las antenas 70%, Banda C)

D. ante (m)	G Tx (dBi)	G Rx (dBi)	L.Down (dB)	L. Up (dB)
1.2	35.6	32.1	0	0
1.8	39.2	35.6	0	0
2.4	41.7	38.1	0.4	0.2
3.8	45.6	42.1	0.7	0.4
7	51	47.4	0.9	0.9
11	54.9	51.4	0.5	0.5

Densidad de flujo de saturación de portadora

$$DFS_{Port} = DFS_{Sat} - IBO + ATP + 10 \log_{10}(FR) [dB]$$

Dónde:

- DFS_{Sat} = Densidad de flujo de saturación del satélite [dBW/m^2].
- IBO = Back – Off de entrada al satélite.
- ATP = Atenuador de Posición.
- FR = Relación entre el ancho de banda de portadora BW_{Port} y el ancho de banda del transpondedor BW_{Transp} , refiérase a la ecuación 3.33.

Potencia efectiva isotrópica radiada de la estación terrena

$$PIRE_{ET} = DFS_{Port} + L_p [dBW]$$

Relación de portadora a densidad de ruido ascendente

$$(C/No)_{Asc} = PIRE_{ET} + (G/T)_{Sat} - K - L_b - L_{\Delta} - \mu_{Asc} [dB/Hz]$$

Dónde:

- $PIRE_{ET}$ = Potencia isotrópica radiada efectiva de la estación terrena (Transmisión) [dBW]
- $(G/T)_{Sat}$ = Figura de Mérito de la antena receptor del satélite.
- K = Constante de Boltzman $-228.6 dB/K$.
- L_b = Pérdida en el Espacio Libre [dB].
- L_{Δ} = Pérdida misceláneas, es la sumatoria de las pérdidas atmosféricas, apuntamiento y de polarización. Su valor aproximado es de 1dB.

- μ_{Asc} = Margen de atenuación por lluvia considerando un factor de confiabilidad del 99.9999%, incluyendo pérdidas de conectores y cable.

Relación portadora a ruido ascendente

$$(C/N)_{Asc} = (C/No)_{Asc} - 10 \log_{10}(BW_{Port}) [dB]$$

Satélite adyacente ascendente

$$(C/X)_{Sat Ady} = G_{Tx} - (29 - 25 \log_{10}(\phi)) [dB]$$

Relación portadora a ruido ascendente del sistema

$$(C/N)_{Asc Sist} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{\frac{1}{10^{\frac{C/N_{Asc}}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{C/I}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{C/X_{Pol}}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{C/X_{Sat Ady}}{10}}}} \right] [dB]$$

Dónde:

- C/N_{Asc} = Relación portadora a ruido ascendente [dB].
- C/I = Intermodulación ascendente (30 dB cuando existe reusó de frecuencia en voz y datos) [dB].
- C/X_{Pol} = Polarización cruzada ascendente (27 dB de interferencia por polarización cruzada) [dB].
- $C/X_{Sat Ady}$ = Satélite adyacente ascendente [dB].

Potencia nominal requerida por portadora

$$P_{nom} = PIRE_{ET} - G_{Tx} - L_{HPA y ANT} [dBW]$$

PIRE del satélite por portadora

$$PIRE_{Sat} = PIRE_{Satu} - OBO + 10 \log_{10}(FR) [dBW]$$

Dónde:

- $PIRE_{Satu}$ = Valor PIRE del satélite para el sitio receptor [dBW].
- OBO = Back –Off de salida (con valor de 6).
- FR = Relación entre BW_{Port} y BW_{Transp} .

Figura de mérito de la estación terrena receptora

$$(G/T)_{ET} = G_{Rx} - 10 \log_{10}(T_s) [dB/K]$$

Relación portadora a densidad de ruido descendente

$$(C/No)_{Desc} = PIRE_{Sat} + (G/T)_{ET} - K - L_b - L_{\Delta} - \mu_{Desc} [dB/Hz]$$

Relación portadora a ruido descendente

$$(C/N)_{DESC} = (C/No)_{DESC} - 10 \log_{10}(BW_{PORT}) [dB]$$

Relación portadora a ruido descendente del sistema

$$(C/N)_{DESC\ Sist} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{\frac{1}{10^{\frac{C/N_{DESC}}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{C/I}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{C/X_{FBI}}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{C/X_{SAT\ ADV}}{10}}}} \right] [dB]$$

Relación portadora a densidad de ruido total del sistema

$$(C/N)_{SIST\ Total} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{\log_{10}^{-1}\left(\frac{C/N_{DESC}}{10}\right) + \log_{10}^{-1}\left(\frac{C/N_{RESE}}{10}\right)} \right] [dB]$$

Cálculo de la potencia consumida en el HPA

$$Pot_{HPA} = PIRE_{ET} - G_{TX} + L_{HPA\ Y\ ANT} + OBO [dBW]$$

Relación portadora a ruido total requerido

$$(C/No)_{REQ} = Eb/No + 10 \log_{10}(Vel. de Inf. + Overhead) [dB]$$

Relación de bit a densidad de ruido en el sistema

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right) = \left(\frac{C}{N}\right)_{SIST\ Total} - 10 \log_{10}\left(\frac{BW}{Rb}\right)$$

Relación portadora a ruido requerido

$$(C/N)_{REQ} = (C/No)_{REQ} - 10 \log_{10}(BW_{PORT}) [dB]$$

Porcentaje de potencia consumida por la portadora en el satélite

$$\%Pot = \left(\log_{10}^{-1} \left(\frac{PIRE_{SAT} - PIRE_{SATU} + OBO}{10} \right) \right) (100) [\%]$$

Margen de enlace

$$ME = (C/N)_{SIST} - (C/N)_{REQ} [dB]$$

4. Tecnología iDirect

Descripción general del sistema iDirect Estrella:

La tecnología *iDirect* se basa en redes TCP/IP, la topología en estrella maneja TDM para compartir el canal de *Downstream* entre la estación central y los numerosos nodos remotos de la red. La red estrella *iDirect* es ideal para redes en las que la comunicación

es principalmente entre los terminales remotos y un punto común, un claro aplicativo es el Internet, donde se centralizan los datos. Un ejemplo de una red *iDirect* se muestra en la Figura 4. [1]

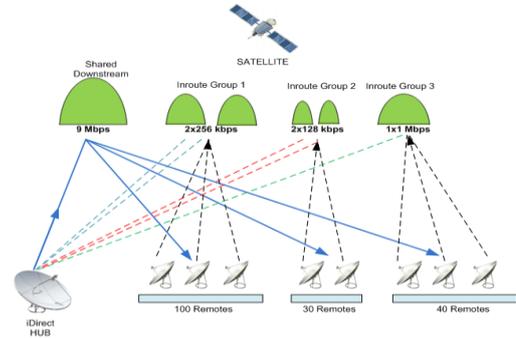


Figura. 4 Ejemplo de una red *iDirect*

Teoría de funcionamiento de la Mesh *iDirect*: La topología Mesh *iDirect* es ideal para aplicaciones en tiempo real entre terminales remotos. El bloque de TCP está basado en FEC, requiere menor potencia en los BERs, cuando se le compara a Sistemas basados en Reed Salomón Viterbi. Una ventaja de Mesh *iDirect* es que las terminales son parte de la topología estrella permitiendo que el *HUB* proporcione el monitoreo, gestión, control y la referencia de sincronización de la red. [1]

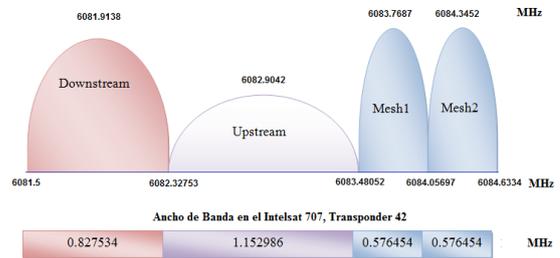


Figura. 5 Distribución del ancho de banda de la red VSAT en el satélite Intelsat 707

Mediante la ayuda de la tecnología *iDirect* se tiene cuatro sub-portadoras conocidas como *Downstream*, *Upstream*, Mesh 1 y Mesh 2, cada una cumple su funcionalidad del transporte y recepción de la información, refiérase a la Figura 5, donde se detalla las frecuencias iniciales, centrales y finales de cada portadora, en el transponder 42.

5. Dimensionamiento de las aplicaciones de voz y datos

Para el cálculo de la capacidad total de la red se consideran los valores recomendados por parte de los fabricantes de equipos que trabaja con esta tecnología, considerando un 15% del total requerido para tramas adicionales como cabeceras, de direccionamiento y control.

Tabla. 2 Requerimientos de Kbps para la voz y datos

Servicios de telecomunicaciones	
Servicio	Capacidad
Datos AFTN	1,2+9,6 Kbps
Datos ATIS	1,2+9,6 Kbps
Hot Line	64 Kbps
Dial Line	64 Kbps
NMS	9,6 Kbps

En la Tabla 2, se detalla en forma general los requerimientos en cuanto a capacidad para cada servicio, así como, los servicios que necesita cada una de las estaciones que forman parte de la red VSAT. Los valores de capacidad requerida pueden cambiar al realizar el dimensionamiento de la red teniendo en cuenta estadísticas de tráfico, pero se puede tomar como una información de referencia. [4]

El ATIS: Contiene información esencial como información meteorológica, qué pistas están operativas, aproximaciones disponibles y cualquier otra información que los pilotos puedan necesitar, como *NOTAMs*.

NOTAM: Las agencias de gobierno crean y transmiten los NOTAM siguiendo las especificaciones del Anexo 15 (Servicios de información aeronáutica) de la Convención Internacional de Aviación Civil.

El AFTN: Es un sistema completo y mundial de circuitos fijos aeronáuticos dispuestos como parte del servicio fijo aeronáutico, para el intercambio de mensajes y/o datos numéricos entre estaciones fijas que poseen características de comunicación compatible.

El AMHS: Ha sido definido por la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO) y está basado en el reconocido estándar de mensajería X.400, para

reemplazar a los actuales sistemas *AFTN* utilizados por las Administraciones Aeronáuticas de todo el mundo.

6. Resultados de los enlaces ascendentes y descendentes

Considerando el sustento matemático del literal 3. Desarrollamos detenidamente el cálculo de cada nodo deseado tanto para el satélite Intelsat 707 e IS 23, los enlaces son de 28 nodos remotos ubicados en todo el territorio ecuatoriano, fundamentalmente utilizando tráfico aeronáutico. En la Tabla 3. Se muestra un resumen de los principales resultados obtenidos mediante la formulación matemática.

Tabla 3. Resultados de Enlace ascendente y descendente (San Cristóbal, Galápagos – HUB Quito)

San Cristóbal - Intelsat 707			Intelsat 707 – HUB Quito		
	Valor	Und.		Valor	Und.
Lat	0.90848	°	Lat	0,235 68	°
Long	89.6162	°	Long	78.47 77	°
m.s.n.m	19	M	m.s.n.m	3109	M
Long _{sat}	53	°	Long _{sat}	53	°
F _{up}	6081.42	MHz	F _{up}	3857. 90	MHz
D _{ant}	2.4	M	Diam _{ant}	3.8	M
G _{TX}	42.2	dBi	G _{RX}	41.8	dBi
	88.7776	°	Az°	89.50 53	°
E°	47.5094	°	E°	60.21 18	°
Vel. Inf Total	0.0748	Mbps	Bit Rate Total	1059. 5	Kbps
Vel. Inf _{Sist}	0.08602	Mbps	Bit Rate Total	1.218 4	Mbps
FEC	0.792		FEC	0.66	
QPSK	2		QPSK	2	
BW _{Port}	0.06788 2	MHz	BW _{Port}	1.153 8	MHz
Lp	162.412 4	dBm ²	Lp	162.2 4	dBm ²

Lb	199.5037	dB	Lb	195.37	dB
Ro	0.00730	dB/Km	Ag	0.32325	dB
Rw	0.00408	dB/km	A(0.01)	0.10454	dB
Ag	0.68257	dB	LS _{ant}	0.7	dB
A(0.01)	3.8734	dB	LS _{chl-cnc}	7.5+0.6	dB
LS _{ant}	0.2	dB	BW _{Transp}	36	MHz
LS _{chl-cnc}	4.375+0.6	dB	PIRE _{sat}	39.1	dB
DFS	-84.6	dBW/m ²	OBO	5	dB
IBO	6.8	dB	PIRE _{sat}	19.156	dBW
ATP	6	dB	T _{LNB}	35	°K
BW _{Transp}	36	MHz	T _{ant}	41	°K
FR	0.00207		T _s	76	°K
DFS _{Port}	-111.85	dB	(G/T) _{ET}	22.9919	dB/K
PIRE _{Est}	50.5587	dBW	(C/No) _D	68.1449	dB/Hz
(C/No) _{up}	61.9239	dB/Hz	(C/N) _D	7.5259	dB
(C/N) _{up}	12.8146	dB	(C/X) _{sat} _{ady}	24.728	dB
(C/X) _{sat} _{ady}	25.128	dB	(C/I)	18	dB
C/I	30	dB	(C/X) _{pol}	27	dB
C/X _{pol}	27	dB	(C/N) _D _{sist}	7.033	dB
(C/N) _{up} _{sist}	12.3381	dB	(C/N) _{sist}	6.0157	dB
Pnom	8.3587	W	POT _{HPA}	8.3587	dBW
			(C/No) _R _{eq}	54.8458	dB
			(C/N) _{Req}	5.7365	dB
			%POT	3.205	%
			ME	0.27919	dB

Al realizar las estimaciones de los cálculos de cada enlace nos permitirá conocer que tan eficiente es un

enlace o que factores pueden ser modificados para mejorar el comportamiento del enlace en la transmisión o recepción de la información. La formulación matemática permite crear un sin número de escenarios para estimar enlaces tanto en condiciones normales como en condiciones extremas.

7. Análisis comparativo entre el satélite Intelsat 707 e IS-23

Tabla 4. Parámetros de cobertura del satélite Intelsat -707 e IS-23 para la red VSAT DGAC

Parámetros	Valor	Valor
Satélite	Intelsat 707 (53 W)	Intelsat IS 23 (53 W)
Banda de Frecuencia	Banda C	Banda C
EIRP (dBW)	32.7 / 39.1	32.6 / 39.1
G/T (dB/K)	-6	-8.4
SFD (dBW/m ²)	-79.1 / -84.6	-79 / -97 (-81.5)
Input back off (dB)	-6.8	-6.8
Output back off (dB)	-5	-4
Polarización	Circular	Circular
Transponder	42/42	WH4C/WH4C
IM	-39 dBW/4KHz	-32.6 dBW/4KHz
Frecuencia (MHz)	Beacon 3947.5 RHCP	3947.5 RHCP / 3948.0 RHCP
Beacon EIRP (dBW)	6.6	6.9
ATP	6	6.5

Los enlaces generados con el satélite Intelsat 707, tenían un SDF de -84.6 dBW/m², que es la densidad de flujo de la potencia total que llega al satélite desde la Tierra y podría originar la saturación del PIRE del satélite. El PIRE de saturación varía dependiendo la posición geográfica de las estaciones, el valor considerado en los cálculos es de 39.1 dBW, se considera valores que generen los casos más críticos para la existencia de la comunicación. Otro valor primordial es la figura de mérito G/T, que es la relación entre la ganancia y la temperatura de ruido en el satélite, esta última información es proporcionado por el proveedor satelital, en este caso es de -6 dB/K.

Comparando la señal generada por el satélite Intelsat 707 con el Intelsat IS-23, refiérase a la Tabla 4, el SDF considerado es de -81.5 dBW/m², el PIRE de saturación de 39.1 dBW y el G/T de -8.4 dB/K. Al incrementar nuevos aplicativos y nuevas estaciones en la red, el satélite debe ser capaz de soportar la solicitud de información por parte de los nodos remotos, para este caso la consideración que se tomó

es el incremento del *Output back off* de -5 a -4 dB debido a la operación de múltiples portadoras en la salida del satélite. En la Figura 6 se muestra el tráfico de voz que cursa por la red con los dos sistemas.

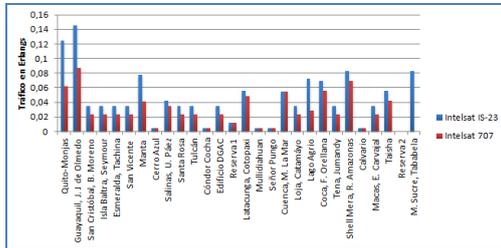


Figura. 6 Tráfico generado por el aplicativo del ATS Dial Line

En la Figura 7 nos muestra el tráfico generado (Erlangs) a través de las 8 líneas instalas, se observa que el *HUB* ha incrementado su capacidad en un 46.3% referido al anterior sistema, de igual manera en los aeródromos principales incremento un 33.5% el rendimiento de las Hot Line.

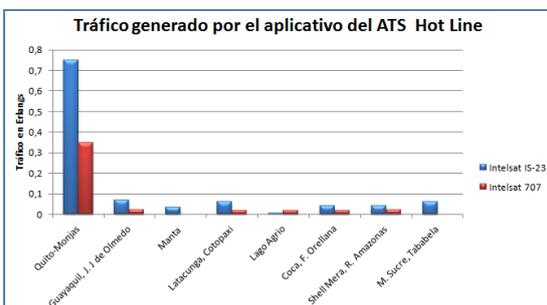


Figura. 7 Tráfico generado por el aplicativo del ATS Hot Line

En la Figura 8, se muestra el crecimiento de tráfico en cada nodo, los aerodromos con el servicio del ATIS incrementaron un 10% con el aplicativo de METAR/NOTAM, mientras los aerodormos con el AMHS/AFTN incrementaron un 50%.

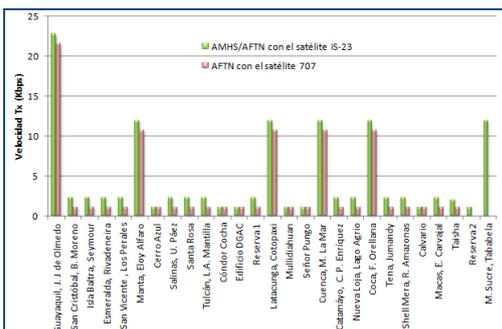


Figura. 8 Tráfico generado por los aplicativos del AMHS/AFTN, ATIS y METAR/NOTAM

El sistema de radar se considera como una aplicación de datos que se genera en una estación remota, la tasa de transmisión que generan las seis estaciones es de 384 Kbps, en la gráfica 9 se observa el crecimiento del tráfico en cada estación. El incremento del ancho de banda considerando el AMHS/AFTN, METAR/NOTAM, ATIS y Radar es de 491.05 KHz en la portadora de *Downstream*.

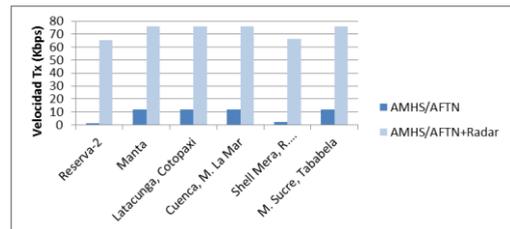


Figura. 9 Tráfico generado por el aplicativo de Radar

8. Homologación de las estaciones VSAT

Al referirnos a cambios en los enlaces o instalaciones de nuevas estaciones debemos considerar un factor importante como es la homologación por parte del proveedor satelital al grupo de nodos que pertenecen a la red VSAT. En el caso de la DGAC deben ser verificadas las 28 estaciones sin excepción para evitar interferencias en las portadoras contiguas del segmento espacial del transpondedor o evitar interferencias generadas por la polarización cruzada que se refleja en los satélites adyacentes.

La homologación con IntelSAT inicia levantando una portadora SCPC, los modem *iDirect* con la herramienta del *iSite* permiten controlar la potencia de la portadora transmitida, el personal del N.C.O de IntelSAT asigna una frecuencia de transmisión para tener un monitoreo constante del segmento espacial de la ubicación de la portadora, la estación que realiza la evaluación de desempeño debe controlar el nivel de potencia para evitar saturar al transpondedor.

En la Figura 10, se muestra las pruebas de homologación de la estación *HUB* de Quito, el nivel de SNR de la portadora es de 30 dB, según el modelo y el diámetro de la antena, el nivel de aislamiento en polarización cruzada es de mayor a 15 dB en recepción y mayor a 17 dB en transmisión. La antena

junto con el feeder tiene que generar una relación axial de 1.3, el mínimo valor que debe generar la antena Prodelin 1385 es de 27.3 dB.

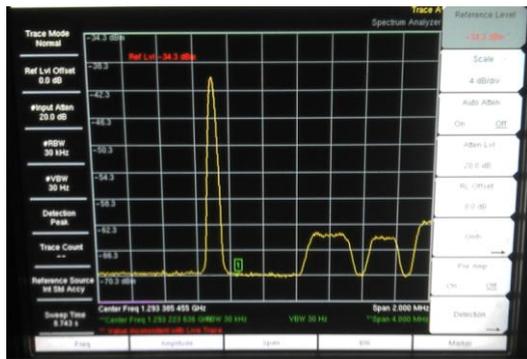


Figura. 10 Pruebas de Homologación con el proveedor satelital Intelsat en una antena Prodelin 1385

Otro detalle a considerar es la simetría de la antena, cada antena en su diseño tienen parámetros de profundidad, generadas por las cuadraturas de los pétalos de la antena, al no cumplir con estos requerimientos, el área del paraboloide no va a reflejar la onda electromagnética al 100%, generando problemas con los lóbulos.

9. Conclusiones

- La tecnología iDirect permite generar una topología híbrida entre una Estrella y una Mesh simultáneamente, aprovechando así los anchos de banda asignados en un transpondedor satelital.
- La mejora más relevante al generarse el cambio de satélite al IS-23 es el incremento del C/N tanto en Downstream como Upstream de las estaciones remotas, esto se debe al progreso de la tecnología satelital que brinda un mejor *foot print* a nivel del territorio ecuatoriano. Los niveles de C/N permiten estimar la potencia que puede suministrar el HUB hacia sus nodos.
- El modelo de espacio libre aplicado a los enlaces satélites predice que la potencia recibida decae como función de la distancia de separación entre el transmisor y receptor, dependiendo de la ubicación geográfica y de la frecuencia de operación de cada nodo.

10. Referencias

- [1] iDirect Technologies. (November 30, 2005). Network Management System iMonitor user Guide.
<http://www.advapro.com/downloads/Documentacion/iDirect/NMS%20Monitoring%20Guide.pdf>

[2] Dr. Tun Molina, Dionisio M. (s.f.). SATELITES ARTIFICIALES. (pp.4-7)

[3] UIT, (2003). Recomendación UIT-R S.580-6, Diagramas de radiación que han de utilizarse como objetivos de diseño para las antenas de las estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios.

[4] PLAN DE ACCION PARA LAS MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN, NAVEGACION Y VIGILANCIA PARA SATISFACER LOS REQUISITOS OPERACIONALES A CORTO Y MEDIANO PLAZO PARA LAS OPERACIONES EN RUTA Y AREA TERMINAL 2009-2015. http://www.lima.icao.int/edocuments/cns/cnsimprovement/col_cnsplanaccion.pdf.

Bibliografía



Tituaña P. Milton Ariel

Nació en Quito en 1989. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio Militar Eloy Alfaro. Obtuvo el título de bachiller en Ciencias.

Entre el 2006 y 2012 estudió en la Escuela Politécnica del Ejército la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones.