

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO DE LA TESIS:

“APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS VSAT A REGIONES REMOTAS DEL  
TERRITORIO NACIONAL”

Previa la obtención del Grado Académico de Magíster en  
Telecomunicaciones

ELABORADO POR:

RUIZ GUZMÁN GUIDO NAPOLEÓN

HERMENEGILDO BELTRÁN JOSÉ LUIS

Guayaquil, a los 27 días del mes de Mayo del año 2013



## SISTEMA DE POSGRADO

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Magíster Ruiz Guzmán Guido Napoleón y Hermenegildo Beltrán José Luis, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, a los 27 días del mes Mayo año 2013

#### DIRECTOR DE TESIS

Dr. Andrés Súber Semanat

#### REVISORES:

Magíster Luis Córdova Rivadeneira

Magíster Fernando Palacios Meléndez

#### DIRECTOR DEL PROGRAMA

Msc. Manuel Romero Paz



## SISTEMA DE POSGRADO

### DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ruiz Guzmán Guido Napoleón y Hermenegildo Beltrán José Luis

#### DECLARAMOS QUE:

La tesis “Aplicación De Los Sistemas VSAT a Regiones Remotas del Territorio Nacional”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico dela tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 27 días del mes Mayo año 2013

---

Ing. Ruiz Guzmán Guido Napoleón

---

Ing.Hermenegildo Beltrán José Luis



## SISTEMA DE POSGRADO

### AUTORIZACIÓN

Yo, Ruiz Guzmán Guido Napoleón y Hermenegildo Beltrán José Luis

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución la Tesis de Maestría titulada: “Aplicación De Los Sistemas VSAT a Regiones Remotas del Territorio Nacional”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 27 días del mes Mayo año 2013

---

Ing. Ruiz Guzmán Guido Napoleón

---

Ing. Hermenegildo Beltrán José Luis

## DEDICATORIA

A Dios, por brindarnos salud a lo largo de nuestra existencia, llenándonos de alegría y bendiciones.

A nuestros padres y familiares, por habernos brindado toda la comprensión y apoyo de manera incondicional para poder culminar con éxito este nuevo reto trazado en nuestras vidas.

Por último una especial gratitud a nuestro tutor, maestros y a todas aquellas personas por su paciencia, colaboración y comprensión, que sin esperar nada a cambio y de manera desinteresada de una u otra forma contribuyeron a la elaboración y culminación de esta tesis.

## **RESUMEN**

Esta tesis constituye un marco referencial para la creación y dimensionamiento de una red satelital utilizando tecnología VSAT y de esta forma poder integrar la red de telecomunicaciones de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas enfocándose a aquellos lugares donde las tropas han sido estratégicamente desplegadas, y por situaciones de emergencia requieren de equipos que brinden agilidad en cuanto a montaje y desmontaje, comunicaciones temporales con acceso a voz, datos y cobertura a nivel nacional para lo cual se considera que las principales alternativas para una red son la fibra óptica y la vía satelital. Debido a la necesidad de aplicaciones militares la opción más idónea para este escenario resulta ser las comunicaciones por satélite, basados en que los sistemas vía satelital constituyen una herramienta fundamental para la integración de los servicios de telecomunicaciones aplicados a la seguridad interna y externa de una nación, se parte de un análisis de la tecnología VSAT actual y las redes de comunicaciones con las que disponen las Fuerzas Armadas para tener un amplio panorama de las características que ofrecen y así poder determinar necesidades y requerimientos del servicio satelital para la República del Ecuador.

## **ABSTRACT**

This thesis constitutes a reference framework for creating and dimensioning a satellite network using VSAT technology and thus be able to integrate the telecommunications network of the Ecuadorian armed forces focusing on those places where troops have been strategically deployed, and by emergency situations require equipment that provide agility in terms of Assembly and disassembly, temporary communications with access to voice, data, and national coverage for which the main alternatives for a network are considered fiber optics and via satellite. Due to the need for military applications the option most suitable for this scenario turns out to be satellite communications, based in via satellite systems constitute a fundamental tool for the integration of telecommunication services applied to the internal and external security of a nation, part of an analysis of the current VSAT technology and communications networks that have armed forces to have a broad picture of the characteristics that they offer and thus to determine needs and requirements of the service satellite to the Republic of Ecuador.

## INDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.	1
1.2. Antecedentes.	1
1.3. Justificación.	2
1.4. Descripción del objeto de investigación.	3
1.5. Definición del Problema.	4
1.6. Objetivo General.	4
1.6.1. Objetivos Específicos.	4
1.7. Preguntas de investigación.	5
1.8. Metodología.	5
<b>CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS DE SISTEMAS SATELITALES</b>	<b>6</b>
2.1. Comunicaciones por Satélite.	6
2.1.1. Satélites meteorológicos.	7
2.1.2. Satélites de Observación de la Tierra.	7
2.1.3. Satélites de navegación.	7
2.2. Beneficios de las comunicaciones por satélite.	8
2.3. Diferentes Tipos de Órbitas Satelitales.	9
2.3.1. Órbita Geoestacionaria.	10
2.3.2. Órbita Terrestre Media.	11
2.3.3. Órbita Terrestre Baja.	11
2.3.4. GEO vs. MEO y LEO.	12
2.4. Transponder y Ancho de Banda.	12
2.5. Arquitectura Satelital.	13
2.6. Bandas y rangos de frecuencia.	14
2.6.1. Banda L.	15
2.6.2. Banda C.	16
2.6.3. Banda Ku.	16

2.6.4. Banda Ka.	17
2.7. Posición Orbital y las Huellas.	17
2.8. Estación Terrena.	17
2.9. Topologías de Red.	18
2.9.1. Transmisión Simplex.	18
2.9.2. Transmisión Dúplex.	19
2.9.3. Transmisión Punto-multipunto.	19
2.9.4. Servicio de la antena móvil.	20
2.9.5. Red en Estrella.	21
2.9.6. Red en Malla.	22
2.10. Multiplexación y Acceso Múltiple.	24
2.10.1. Distribución del recurso.	25
2.10.2. Multiplexación por división frecuencial en telefonía.	26
2.10.3. Acceso Múltiple por división frecuencial en sistemas satelitales.	28
2.10.4. Multiplexación y Acceso Múltiple por división de tiempo.	29
2.10.5. Asignación fija de TDM y TDMA.	31
2.10.6. Combinación FDMA / TDMA.	33
2.10.7. Acceso múltiple por división de código CDMA.	33
2.10.8. Características de CDMA.	35
2.10.9. Acceso múltiple por división espacial y de polarización (SDMA y PDMA).	35
2.10.10. Acceso múltiple por asignación de demanda DAMA (Demand-assignment multiple access).	36
2.11. Estadística de usuarios y aplicaciones VSAT en el mundo.	37
2.12. Redes de última generación.	39
2.13. Factores que se deben considerar en una solución vía satélite.	40
2.13.1. Temporada de Eclipses.	40
2.13.2. Efectos en comunicaciones satelitales.	43
2.13.3. Efectos del clima terrestre en una transmisión satelital.	43

2.13.4. Retardo de la señal.	44
2.13.5. Análisis de Enlace.	45
2.13.6. Estación de Mantenimiento de Satélites.	47
2.13.7. Interferencia Satelital dom.	48
2.13.9. Compresión Digital.	54
2.14. Industria VSAT	58
2.15. Proveedores de equipo	58
2.16. Parámetros típicos de los equipos de una red VSAT (Equipos para VSAT y HUB).	60
2.17. Principales proveedores de comunicaciones satelitales en América Latina.	62
2.18. Red Satelital Satmex.	64
2.18.1. Satmex 5.	64
2.18.2. Satmex 6.	66
2.18.3. Solidaridad 2 114.9°W banda C.	69
2.19. Red Satelital Hispasat para Latinoamérica.	70
2.19.1. Hispasat 1c	72
2.19.2. Hispasat 1D.	73
2.19.3. Amazonas 1.	75
2.20. Red Satelital Intelsat.	76
2.20.1. Cobertura Intelsat Banda Ku Sudamérica.	77
2.20.2. Cobertura Intelsat Banda C Sudamérica.	78
<b>CAPÍTULO 3. APLICACIONES DE UNA RED VSAT.</b>	<b>80</b>
3.1. VSAT (Very Small Aperture Terminals).	80
3.2. Ventajas de las Redes VSAT.	81
3.3. Desventajas de las Redes VSAT.	82
3.4. Aplicaciones de las Redes VSAT.	83
3.5. Aplicaciones Civiles.	83
3.5.1. Sistemas Unidireccionales de Datos.	84

3.5.2. Sistemas Bidireccionales o Interactivos.	84
3.5.3. Redes Corporativas.	86
3.6. Aplicaciones militares.	86
3.7. Aplicaciones según el tipo de tráfico.	87
3.8. Configuraciones de una red VSAT.	88
3.8.1 Red VSAT en estrella.	88
3.8.2. Red VSAT en malla.	89
3.9. Aspectos técnicos de las redes VSAT.	90
3.9.1. Estación HUB.	91
3.9.2. Los terminales VSAT.	92
3.9.3. Segmento Espacial.	94
3.10. Área de cobertura.	95

<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA VSAT EN ZONAS REMOTAS DEL TERRITORIO NACIONAL.</b>	<b>96</b>
4.1. Elección de la banda de frecuencia a usar.	96
4.2. Análisis del enlace de radiofrecuencia.	97
4.3. Ruido térmico.	98
4.4. Ruido de interferencias.	98
4.5. Ruido de intermodulación.	99
4.6. Análisis del enlace de subida.	99
4.7. Análisis del enlace de bajada.	102
4.8. Sistema HX.	103
4.9. Asignación de la frecuencia utilizada por la estación Hub (Outroute).	105
4.10. Asignación de la frecuencia utilizada para las estaciones remotas VSAT (Inroute).	107
4.11. Elección de un proveedor de servicio satelital.	110
4.12. Módems satelitales y corrección de error (FEC).	112
4.13. Calculo de frecuencia para el enlace de transmisión.	113

4.14. Distribución de redes remotas. _____	114
4.15. Tipos de estaciones terrestres. _____	118
4.15.1. Estación Hub. _____	120
4.15.2. Sistema HX Gateway. _____	120
4.16. Gestión de la red y soporte de servicios. _____	123
4.17. Descripción de equipos remotos. _____	124
4.17.1. Sitio del equipo remoto. _____	125
4.17.2. Ángulos visuales de una antena _____	127
4.17.3. Ángulo de elevación _____	127
4.17.4. Ángulo de Azimut _____	128
4.17.5. Terminal HX50. _____	128
4.17.6. Terminal HX100. _____	129
4.17.7. Terminal HX150. _____	131
4.17.8. Terminal HX200. _____	131
4.18. Opciones de equipos para comunicaciones militares. _____	133
4.18.1. Sistema Man-Pack. _____	134
4.18.2. El ViaSat AN/PSC-14c. _____	135
4.18.3. Sistema BGAN _____	137
4.19. Valoración económica del proyecto. _____	138
<b>CONCLUSIONES. _____</b>	<b>139</b>
<b>RECOMENDACIONES. _____</b>	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFIA. _____</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS. _____</b>	<b>144</b>
<b>GLOSARIO: _____</b>	<b>150</b>

## LISTADO DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2.

Figura 2. 1. Enlace VSAT. _____	6
Figura 2. 2 Orbitas satelitales. _____	10
Figura 2. 3 Órbita Geoestacionaria (GEO). _____	10
Figura 2. 4 Órbita terrestre media (MEO). _____	11
Figura 2. 5 Órbita terrestre baja (LEO). _____	12
Figura 2. 6 Subsistema de telecomunicaciones. _____	13
Figura 2. 7 Plan de frecuencias y polarización de un satélite Spacenet _____	13
Figura 2. 8 Representación esquemática de un satélite. _____	14
Figura 2. 9 Transmisión Satelital Simplex _____	18
Figura 2. 10 Transmisión Satelital Duplex. _____	19
Figura 2. 11 Transmisión Satelital Punto-multipunto. _____	20
Figura 2. 12 Servicios de una antena móvil _____	21
Figura 2. 13 Topología de Red en Estrella. _____	22
Figura 2. 14 Topología de Red en Malla. _____	23
Figura 2. 15 Aplicaciones de un sistema satelital _____	24
Figura 2. 16 Multiplexación por división frecuencia. _____	26
Figura 2. 17 Modulación SSB (Single Side Band). _____	27
Figura 2. 18 Multiplexación SSB (Single Side Band). _____	27
Figura 2. 19 Niveles más bajos de multiplexación. _____	28
Figura 2. 20 TDMA. _____	30
Figura 2. 21 TDMA. _____	31
Figura 2. 22 Asignación fija TDMA. _____	32
Figura 2. 23 Ejemplo de asignación fija TDMA. _____	33
Figura 2. 24 Combinación FDMA / TDMA. _____	33
Figura 2. 25 FH (frequency hopping) - CDMA. _____	34
Figura 2. 26 Modulación FH (frequency hopping). _____	34
Figura 2. 27 Modulación FH (frequency hopping). _____	36
Figura 2. 28 Histórico de ventas del mercado mundial de datos del 2008 _____	38
Figura 2. 29 Aplicaciones INSA. _____	40
Figura 2. 30 Estaciones del Hemisferio Norte _____	41
Figura 2. 31 Satélite Expuesto al Sol _____	42
Figura 2. 32 Efectos en comunicaciones satelitales. _____	44

Figura 2. 33 El ruido térmico domina el de la señal proveniente del satélite.	49
Figura 2. 34 Proveedores de tecnología VSAT durante los primeros 20 años	59
Figura 2. 35 Repartición del mercado entre los proveedores de tecnología VSAT en el 2007	60
Figura 2. 36 Mapa de cobertura Satelital Satmex 5 banda C	65
Figura 2. 37 Mapa de cobertura Satelital Satmex 5 banda Ku	66
Figura 2. 38 Mapa de cobertura Satelital Satmex 6 C2 para Sudamérica.	67
Figura 2. 39 Mapa de cobertura Satelital Satmex 6 C3 para Sudamérica.	68
Figura 2. 40 Mapa de cobertura Satelital Satmex 6 banda Ku para Sudamérica.	69
Figura 2. 41 Mapa de cobertura Satelital Solidaridad 2 banda C para Sudamérica.	70
Figura 2. 42 Red Satelital Intelsat.	71
Figura 2. 43 Cobertura Sudamérica Hispasat 1C.	73
Figura 2. 44 Cobertura Sudamérica Hispasat 1D.	75
Figura 2. 45 Cobertura Sudamérica Amazonas 1.	76
Figura 2. 46 Red Satelital Intelsat.	77
Figura 2. 47 Cobertura Intelsat banda Ku Sudamérica.	78
Figura 2. 48 Cobertura Intelsat banda C Sudamérica.	79

### **CAPITULO 3**

Figura 3. 1 Red VSAT en Estrella.	89
Figura 3. 2 Red VSAT en Malla.	90
Figura 3. 3 Diagrama esquemático de una estación HUB.	91
Figura 3. 4 Diagrama esquemático de una estación remota VSAT.	93

### **CAPITULO 4**

Figura 4. 1 Ruido de intermodulación en transponder.	100
Figura 4. 2 Ruido de intermodulación en la estación terrena.	102
Figura 4. 3 Topología del sistema HX (Hughes)	104
Figura 4. 4 Enlace Outroute	105
Figura 4. 5 Trama Outroute	106
Figura 4. 6 Enlace Inroute	108
Figura 4. 7 Posible asignación del ancho de banda para la FAE	112

Figura 4. 8 Distribución sistema VSAT	116
Figura 4. 9 Ejemplo de una red Sub-neteada para varias estaciones	117
Figura 4. 10 Ejemplo de una red con integración de servicios	118
Figura 4. 11 Aplicaciones Militares	119
Figura 4. 12 Rack Gateway HX	121
Figura 4. 13 Diagrama en bloques del sistema HX Gateway redundante	122
Figura 4. 14 Elementos del sitio de un equipo remoto	123
Figura 4. 15 Elementos del sitio de un equipo remoto	125
Figura 4. 16 Interfaces e indicadores HX50.	128
Figura 4. 17 Interfaces e indicadores H100.	130
Figura 4. 18 Interfaces e indicadores H150.	131
Figura 4. 19 LEDs indicadores HX200.	132
Figura 4. 20 Sistema Man-Pack.	135
Figura 4. 21 Sistema ViaSat AN/PSC-14c.	136
Figura 4. 22 Terminal BGAN.	137

## LISTADO DE TABLAS

### CAPÍTULO 2.

Tabla 2. 1 Bandas de frecuencia	14
Tabla 2. 2 Interferencia en primavera	50
Tabla 2. 3 Interferencia en primavera	51
Tabla 2. 4 Interferencia en primavera	51
Tabla 2. 5 (Hipótesis: Galaxy C-band, CONUS 3,8 millones de enlace descendente, Disponibilidad Circuito = 99,96%)	57
Tabla 2. 6 Amplificador de potencia	61
Tabla 2. 7 Antenas	61
Tabla 2. 8 Bandas de frecuencias	62
Tabla 2. 9 Red Satelital Hispasat	72

### CAPÍTULO 4.

Tabla 4. 1 Estructura Inroute	109
Tabla 4. 2 PIRE banda Ku SatMex 5	110

## CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Introducción.

El desarrollo, acelerado y espectacular en la tecnología satelital, ha ido adquiriendo importantes avances y paulatinamente se han vinculado al poder político y económico. Los países que hoy día se pretenden modernos, deben contar con un satélite propio como condición indispensable para entrar en el umbral de la seguridad nacional, o por lo menos contar con una red satelital confiable y segura.

Este trabajo, consta de criterios para el diseño y dimensionamiento de una red de estaciones remotas satelitales que gracias a su cobertura se las puede distribuir estratégicamente a nivel nacional, en lugares remotos como la selva, alta mar y alta montaña donde no existe comunicaciones, **la cual brinde la flexibilidad para integrar a las redes existentes como la Red estratégica MODE (Red de Telecomunicaciones de las Fuerzas Armadas)**. Una red que sea capaz de contar con servicios y facilidades de última generación para satisfacer los requerimientos de las Fuerzas Armadas en cuanto a comunicaciones a larga distancia se refiere permitiendo el desarrollo de múltiples aplicaciones, así como; voz, datos y video.

### 1.2. Antecedentes.

La república de Ecuador es un país que se encuentra situado al noroeste de Sudamérica, en la costa de Pacífico sobre la línea del ecuador. Limita al sur y al este con Perú, al norte con Colombia al oeste con el océano Pacífico, posee las islas Galápagos, las selvas amazónicas, las montañas andinas y la costa, está dividido en cuatro regiones geográficas: La Costa, o planicie costera, que cubre un poco más de un cuarto de la superficie del país, es una de las regiones más fértiles y ricas del país; la sierra, o altas tierras centrales, está compuesta de una doble cadena de montañas elevadas y macizas circundando una serie de mesetas; el Oriente, o jungla oriental, región selvática que cubre alrededor de la mitad del territorio, está constituida por vertientes de pendiente suave situadas al este de los andes; por último, las islas Galápagos comprenden seis islas

principales y una docena de islas más pequeñas que contienen numerosas cimas volcánicas. La región de la sierra se sitúa entre dos cadenas andinas, la cordillera occidental y la cordillera oriental que contiene varios picos con alturas superiores los 5000 m.

La región selvática de la frontera con Colombia resulta un lugar propicio para que grupos irregulares armados de Colombia (GIAC) se oculten por tal motivo la frontera ecuatoriana sufre embates ocasionados por incursiones de mencionados grupos, es en estos sectores fronterizos donde al no existir cobertura por parte de la red de comunicaciones de las Fuerzas Armadas ecuatorianas que tienen como objetivo preservar la integridad territorial, requieren de un sistema de comunicaciones que permita integrar sus redes y brindar servicio de voz y datos con equipos que presenten calidad de servicio, flexibilidad en montaje y desmontaje y cobertura a nivel nacional como apoyo a las operaciones militares.

### **1.3. Justificación.**

La falta de cobertura telefónica en aquellas regiones como alta montaña, desiertos, alta mar y regiones selváticas dificulta la comunicación entre repartos militares como estaciones radáricas ubicadas en cerros muy elevados, destacamentos destinadas a realizar patrullajes en zonas estratégicas relacionadas con la defensa e integridad del estado, hace de las comunicaciones una herramienta imprescindible para el apoyo a las operaciones militares.

Es necesario implementar un sistema de comunicaciones inalámbrico, transportable y con cobertura en todo el territorio nacional y mar territorial ecuatoriano, para de esta manera brindar apoyo a la labor que desempeñan las Fuerzas Armadas. El sistema Satelital constituye un medio de comunicación rápida, flexible y seguro, que brinda servicios de última tecnología a lugares estratégicamente ubicados, accesibles o no por la red estratégica digital MODE (Red de telecomunicaciones de las Fuerzas Armadas ecuatorianas) y a su vez permitiría una integración eficiente con otros medios y servicios.

#### **1.4. Descripción del objeto de investigación.**

Las Fuerzas Armadas Ecuatorianas tienen como prioridad velar por la seguridad de nuestro país para lo cual es necesario extender sus sistemas de comunicaciones a aquellos repartos militares desplegados a nivel fronterizo donde no disponen de ciertos servicios o aplicaciones y que no forman parte de los sistemas que actualmente están operando, para lo cual es necesario un marco referencial que presente las características y limitaciones actuales previa la implementación de una red VSAT, que debido a su flexibilidad son idóneas para establecer enlaces temporales entre unidades militares del frente y la estación HUB que estaría situado cerca de un Centro de Mando y Control.

El Gobierno nacional ecuatoriano no permite que gente armada extraña permanezca en su territorio. Éste es un país soberano al que hay defender y respetar y la orden es que no puede haber tropas armadas desconocidas que suelen cruzar la frontera hacia Ecuador para buscar descanso o huir del asedio de militares de su país, y de haberlas hay que desalojarlas. Por tal motivo el gobierno ecuatoriano ha dispuesto desplegar unidades militares en la zona fronteriza con Colombia para el resguardo y protección de su margen limítrofe con mencionada nación.

Las Fuerzas Armadas Ecuatorianas realizan constantemente patrullajes estratégicos militares en el sector selvático fronterizo con Colombia en busca de eliminar la presencia de grupos irregulares armados en su zona fronteriza para lo cual dispone desplazar a unidades militares para mejorar la vigilancia mediante patrullajes en la zona selvática divisoria.

Debido a la vegetación y condiciones climáticas de la selva, los equipos de transmisión que poseen las fuerzas armadas ecuatorianas, presentan problemas de cobertura, adicional, no están diseñados para el uso en regiones selváticas. La falta de cobertura y uso de equipos inapropiados por los destacamentos y centros de operaciones sectoriales (COS) militares en aquellas regiones estratégicas remotas del territorio nacional, sumado a esto la vegetación y situación climática dificulta la comunicación, esto trae como resultado que nuestras tropas sean susceptibles a emboscadas en tierra y el caso de incursiones de aeronaves no autorizadas al espacio aéreo nacional, no

exista la oportuna intervención por parte de los sistemas de defensa nacional (radares, artillería anti-aérea, aviones caza, etc.).

### **1.5. Definición del Problema.**

Insuficiente conectividad de los equipos de comunicación de las fuerzas armadas que operan en zonas intrincadas de Ecuador.

### **1.6. Objetivo General.**

Usar la comunicación satelital VSAT y así crear una red que permita explotar los servicios y aplicaciones acorde a las exigencias y requerimientos militares en zonas remotas del territorio nacional y brinde la posibilidad de integrar las redes existentes de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas como apoyo a las operaciones de defensa externa e interna de la nación.

#### **1.6.1. Objetivos Específicos.**

- Realizar un estudio de las posibilidades que ofrecen las comunicaciones satelitales en las zonas remotas del territorio nacional y presentar una descripción de sus aplicaciones y avances tecnológicos en sistemas VSAT describiendo los servicios y ventajas que ofrecen para regiones remotas de América del sur y especialmente en el territorio nacional.
- Realizar una descripción de la cobertura que ofrecen los principales proveedores de servicios de comunicaciones satelitales en la región ecuatorial, específicamente sobre la república del Ecuador.
- Estudiar los requerimientos que permitan determinar la selección de equipos y servicios necesarios para solventar las necesidades de comunicaciones con cobertura a nivel nacional brindando calidad, seguridad y flexibilidad en cuanto a montaje y desmontaje.
- Analizar y determinar la red **VSAT** que se acople a las exigencias y requerimientos del territorio nacional ecuatoriano en especial aplicada a

usos militares y de contingencia logrando integrar comunicaciones en sectores remotos a las redes ya existentes.

### **1.7. Preguntas de investigación.**

- ¿Es factible brindar cobertura de comunicaciones en el territorio ecuatoriano por medio de un sistema satelital?
- ¿Es posible integrar las redes de comunicaciones de las Fuerzas Armadas a través de un sistema satelital?
- ¿Existen equipos apropiados para el uso de aplicaciones militares y gubernamentales?
- ¿Es posible brindar seguridad de la información mediante la tecnología satelital actual?

Se realizará un análisis para determinar los repartos militares ubicados en regiones remotas que requieran la integración a la red de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas a través de un enlace satelital, utilizando los dispositivos adecuados que mejor se ajuste a sus requerimientos.

Se consultará a proveedores de sistemas satelitales que se dediquen a brindar servicios de comunicaciones, tanto para voz como para datos, con el objetivo de conocer sobre sus experiencias y sus sugerencias para facilitar un mejor diseño. De igual modo se realizaron entrevistas al personal militar que realiza patrullajes para determinar las necesidades y requerimientos.

### **1.8. Metodología.**

La investigación se enmarca en base a la necesidad de comunicaciones en zonas remotas del territorio nacional para lo cual se realizó entrevistas a personas que experimentan mencionada necesidad en el campo y para presentar una solución viable se optó por el diseño de una red satelital VSAT partiendo de la amplia gama de beneficios, proveedores de servicio, equipos y cobertura aplicados a los requerimientos actuales de las Fuerzas Armadas, sustentada mediante consultas bibliográficas a fuentes como textos, revistas, manuales y publicaciones de internet.

## CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS DE SISTEMAS SATELITALES

Los satélites proporcionan a las empresas de hoy con un medio de despliegue flexible, universal, confiable y rápido para hacer frente a una amplia gama de necesidades de comunicación. El uso de esta guía es para saber por qué y cómo las empresas de una variedad de industrias utilizan soluciones basadas en satélites para avanzar en sus negocios [www27, 2010].

### 2.1. Comunicaciones por Satélite.

La comunicación vía satélite consiste en la transmisión de una o varias señales analógicas y digitales realizadas con una frecuencia de radio específica desde una estación terrena transmisora hacia una o múltiples estaciones terrenas receptoras a través del satélite dentro de su huella o **área de cobertura** (*foot-print*).

Los enlaces vía satélite permiten establecer conexión entre dos o más puntos situados en la tierra, utilizando un satélite en el espacio como sistema repetidor. Con el fin de ampliar los horizontes en las telecomunicaciones a cualquier rincón del mundo y sobre todo con el fin de llegar a cuantos más usuarios mejor, por muy recóndito que sea el lugar, existe una tendencia a la utilización de terminales con antenas parabólicas de tamaño reducido (VSAT) para el intercambio de información vía satélite punto a punto o punto a multipunto (*broadcasting*), como se ilustra en la figura 2.1.

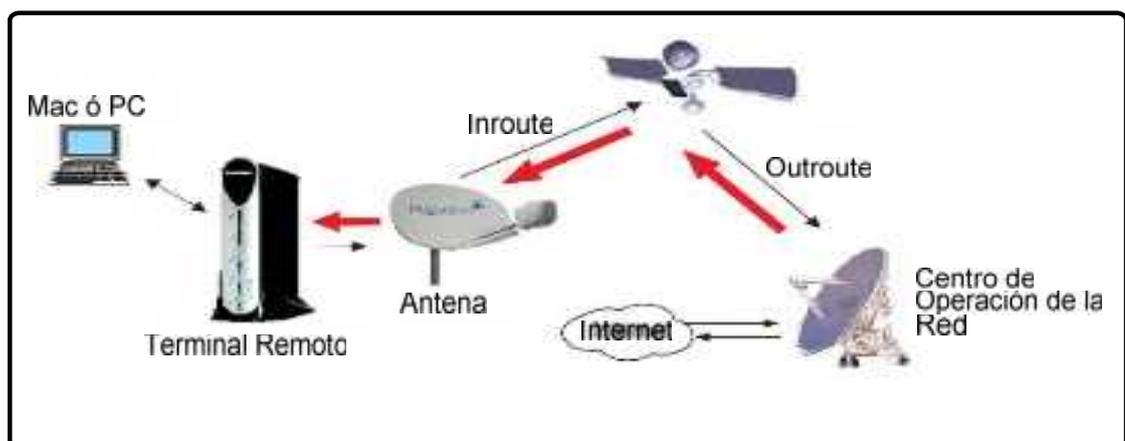


Figura 2. 1. Enlace VSAT.  
Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

Además de los satélites de comunicaciones, hay otros tipos de satélites.

### **2.1.1. Satélites meteorológicos.**

Estos satélites proporcionan los meteorólogos con datos científicos para predecir las condiciones del tiempo y están equipadas con instrumentos avanzados, principalmente para supervisar el tiempo atmosférico y el clima de la Tierra. Sin embargo, ven más que las nubes. Las luces de la ciudad, fuegos, contaminación, auroras, tormentas de arena y polvo, corrientes del océano, etc., son otras informaciones sobre el medio ambiente recogidas por los satélites. Las imágenes obtenidas por los satélites meteorológicos han ayudado a observar la nube de cenizas y la actividad de volcanes como el Tungurahua. El humo de los incendios de los cerros y bosques también ha sido monitoreado.

Otros satélites pueden detectar cambios en la vegetación de la Tierra, el estado del mar, el color del océano y las zonas nevadas, derrames de petróleo gracias a que puede ver los cambios en la superficie del mar.

El fenómeno de El Niño y sus efectos también son registrados diariamente en imágenes de satélite. El agujero de ozono de la Antártida es dibujado a partir de los datos obtenidos por los satélites meteorológicos. De forma agrupada, los satélites meteorológicos de China, Estados Unidos, Europa, India, Japón y Rusia proporcionan una observación casi continua del estado global de la atmósfera.

### **2.1.2. Satélites de Observación de la Tierra.**

Estos satélites permiten a los científicos para recopilar información valiosa sobre el ecosistema de la Tierra, tienen numerosas aplicaciones, entre las que se encuentran meteorología, monitorización de catástrofes, estudios de vegetación, usos del suelo, análisis del hielo, ciencias del mar e inteligencia militar, entre otras. Para llevar a cabo estas tareas, los satélites portan uno o varios sensores, Estos sensores escanean la superficie terrestre, siendo su geometría de observación caracterizada por el campo de vista del instrumento o por su anchura de barrido.

### **2.1.3. Satélites de navegación.**

El uso de la tecnología GPS estos satélites son capaces de proporcionar la ubicación exacta de lo que se desee en la Tierra a unos pocos metros, usa

una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales, se los utiliza para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, y otras actividades afines.

Un sistema de navegación basado en satélites artificiales puede proporcionar a los usuarios información sobre la posición y la hora (cuatro dimensiones) con una gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas.

## **2.2. Beneficios de las comunicaciones por satélite.**

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. Una estación terrestre VSAT puede instalarse en cualquier parte, sólo requiere ser vista por el satélite.

Las topologías de red de comunicaciones por satélite tienen ventajas distintas sobre las alternativas terrestres:

- **UNIVERSAL:** Las comunicaciones por satélite están disponibles casi en todas partes. Una constelación de pequeños satélites pueden cubrir toda la superficie de la Tierra. E incluso el alcance de un solo satélite es mucho más amplia que lo que cualquier red terrestre puede lograr.
- **VERSÁTIL:** Los satélites pueden soportar todas las comunicaciones requeridas de hoy en día, así como aplicaciones multimedia transaccionales, de vídeo, voz, redes de telefonía móvil, entretenimiento y noticias de última hora.

Llevar la banda ancha para la última milla de residencias y negocios.

Superar los problemas de reglamentación que hacen las operadoras tradicionales.

Ofrece una infraestructura de comunicaciones a las zonas donde las alternativas terrestres no están disponibles, son poco confiables o simplemente demasiado caras.

- **CONFIABLE:** El satelital es un medio probado para apoyar a la empresa de comunicaciones. Se considera que las redes terrenas de propiedad

intelectual a menudo son una mezcla de diferentes redes y topologías, con diferentes niveles de congestión y latencia. Las redes satélites son extremadamente predecibles permitiendo una calidad constante y uniforme de servicio a cientos de lugares, independientemente de la geografía.

- **CONTINUO:** La fuerza inherente de satélite como un medio de difusión lo hace ideal para la distribución simultánea de uso intensivo de la información con amplio ancho de banda a cientos o miles de lugares.
- **RÁPIDO:** A diferencia de la mayoría de las alternativas terrestres, las redes satelitales pueden instalar de forma rápida y económica a cientos o miles de lugares, ciudades o conexiones remotas ubicadas a través de una gran masa de tierra, donde resulta elevado el costo de la fibra o cobre. Dado que las redes por satélite se puede establecer con rapidez, las empresas pueden acceder inmediatamente al mercado con nuevos servicios.
- **EXTENSIBLE:** Son fácilmente escalables, permitiendo a los usuarios expandir fácilmente sus redes de comunicaciones y su ancho de banda disponible. En coordinación con los proveedores locales, la expansión de una red sobre el terreno requiere la ordenación de los componentes de la nueva terminal y la puesta en servicio de mayor ancho de banda en cada sitio.
- **FLEXIBLE:** Los satélites pueden ser fácilmente integrados para complementar, ampliar o extender cualquier red de comunicaciones, ayudando a superar las barreras geográficas, las limitaciones de la red terrestre y otros problemas de infraestructura.

### 2.3. Diferentes Tipos de Órbitas Satelitales.

Una órbita es el camino que sigue un satélite que gira alrededor de la Tierra tal como se muestra en la figura 2.2. En términos de satélites comerciales, hay tres categorías principales de órbitas [www28, 2010]:

- Órbita Geoestacionaria.
- Órbita Terrestre Media.
- Órbita Terrestre Baja.

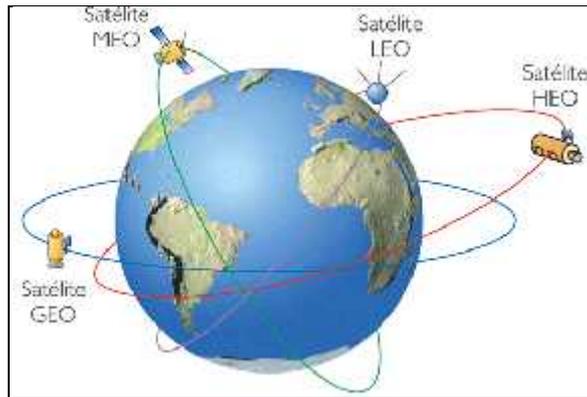


Figura 2. 2Órbitas satelitales.

Fuente: <http://maykoll-comunicacionessatelitales.blogspot.com/>

### 2.3.1. Órbita Geoestacionaria.

Esta órbita (GEO) se encuentra a la altura de 35.786 kilómetros por encima del Ecuador, el satélite se desplaza en la misma dirección y con la misma velocidad de rotación de la Tierra sobre su eje, teniendo 24 horas para completar un viaje completo alrededor del mundo. Por lo tanto, siempre y cuando un satélite se coloca sobre la línea ecuatorial en un lugar asignado orbital, que se parecen ser "fijos" con respecto a una ubicación específica en la Tierra.

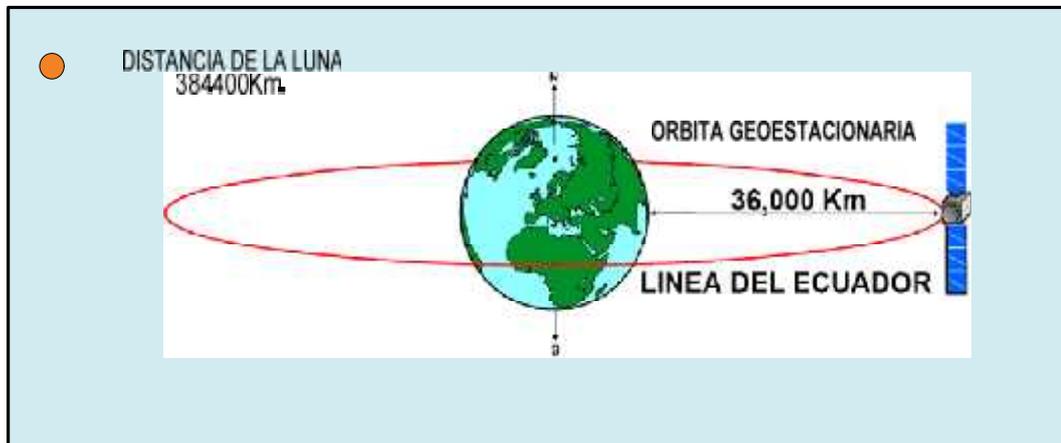


Figura 2. 3Órbita Geoestacionaria (GEO).

Fuente: [www.Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

Un solo satélite geoestacionario puede ver aproximadamente un tercio de la superficie de la Tierra. Si tres satélites se colocan en la longitud adecuada, la altura de esta órbita permite que casi toda la superficie de la Tierra para ser cubiertas por los satélites.

### 2.3.2. Órbita Terrestre Media.

Estas órbitas (MEO) se encuentran de 8,000 - 20,000 Km. por encima de la tierra son fundamentalmente reservadas para los satélites de comunicación que cubren el Norte y el Polo Sur a diferencia de la órbita circular de los satélites geoestacionarios, MEO son colocados en una órbita elíptica (ovalada)

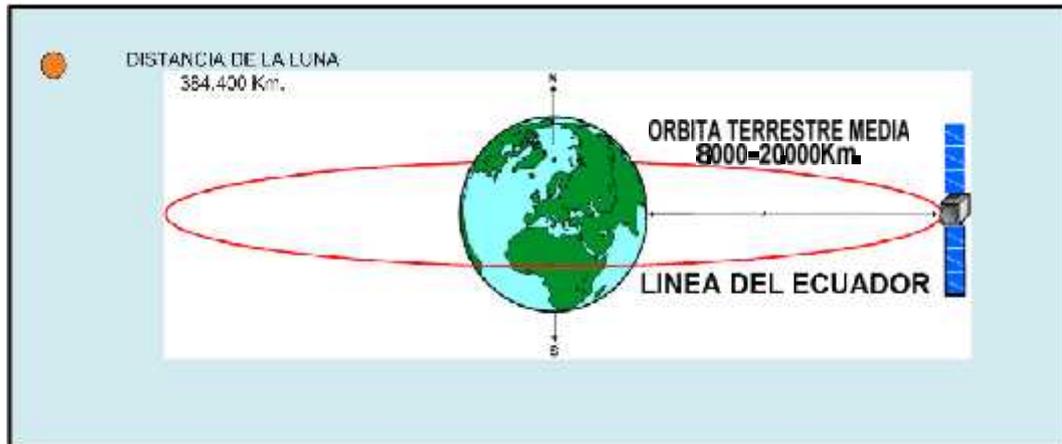


Figura 2. 4 Órbita terrestre media (MEO).  
Fuente: [www. Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

Esta orbita al encontrarse a una altitud menor, se necesita un número mayor de satélites para mejorar su cobertura.

### 2.3.3. Órbita Terrestre Baja.

Estas órbitas (LEO) se encuentran de 500 - 2,000 Km. por encima de la tierra están más cerca de la Tierra y requieren viajar a una velocidad muy alta para evitar que se salgan de la órbita debido a la gravedad de la Tierra, un satélite LEO, puede dar vueltas a la Tierra en aproximadamente una hora y media y la latencia adquiere valores casi despreciables, ejemplo: Sistemas Teledesic, Celestri y SkyBridge.

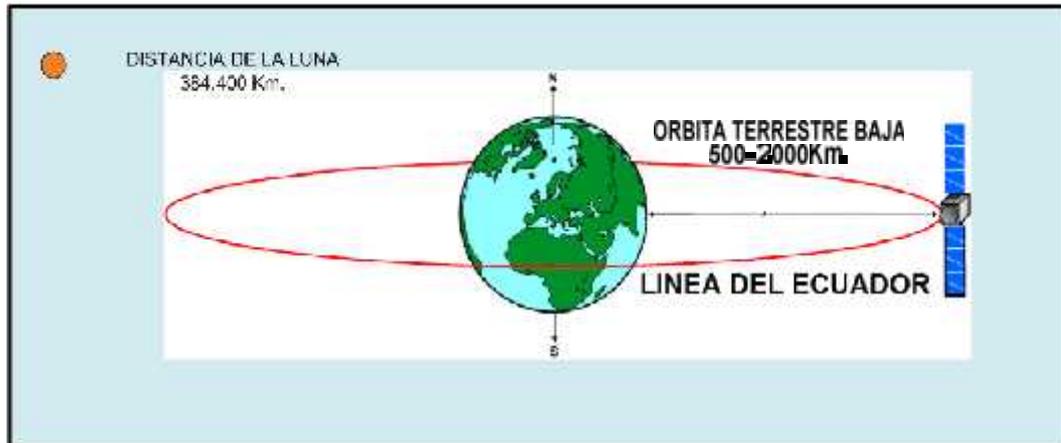


Figura 2. 5 Órbita terrestre baja (LEO).  
Fuente: www. Intelsat.com

### 2.3.4. GEO vs. MEO y LEO.

La mayoría de los satélites de comunicaciones en uso hoy en día con fines comerciales se sitúan en la órbita geostacionaria, a causa de las siguientes ventajas:

- Un satélite puede cubrir casi 1/3 de la superficie de la Tierra, que ofrece un alcance mucho más amplio que lo que cualquier red terrestre puede alcanzar.
- Puesto que los satélites geostacionarios permanecen inmóviles sobre la misma posición orbital, los usuarios pueden señalar sus platos de satélite en la dirección correcta, sin actividades de seguimiento costosa, por lo que las comunicaciones fiables y seguras.
- Los satélites de las orbitas GEO son probados, confiables, seguros y con una vida útil de 10-15 años.

### 2.4. Transponder y Ancho de Banda.

Dentro del satélite, la trayectoria desde la salida de la antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se la llama Transpondedor (ver figura 2.6). Existen muchos transpondedores en un satélite y trabajan en diferentes frecuencias y polarización (ver figura 2.7), el rango de frecuencias de trabajo, desde la frecuencia más baja hasta la más alta, se conoce como Ancho de banda.

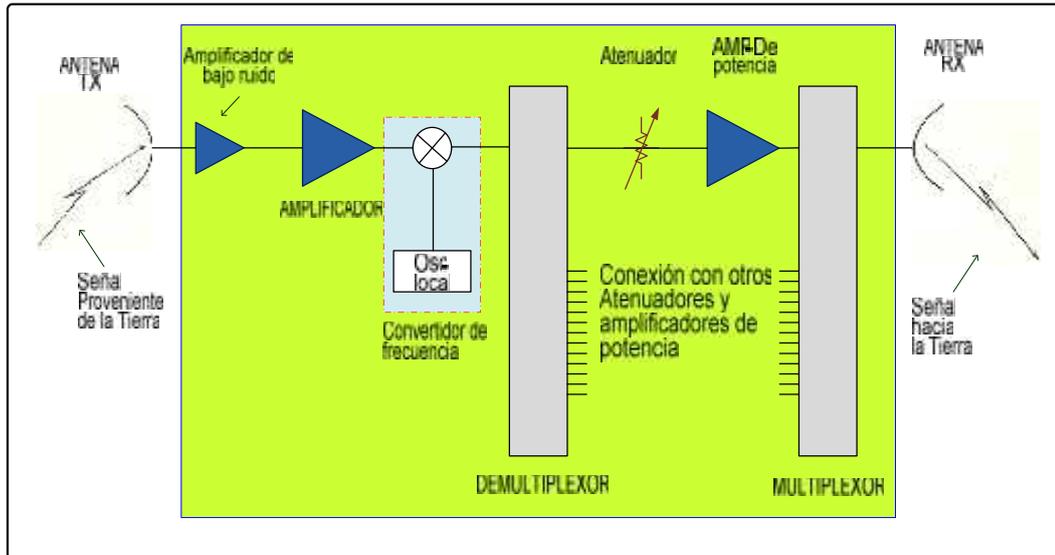


Figura 2. 6 Subsistema de telecomunicaciones.  
Fuente: [www.hughes.com](http://www.hughes.com)

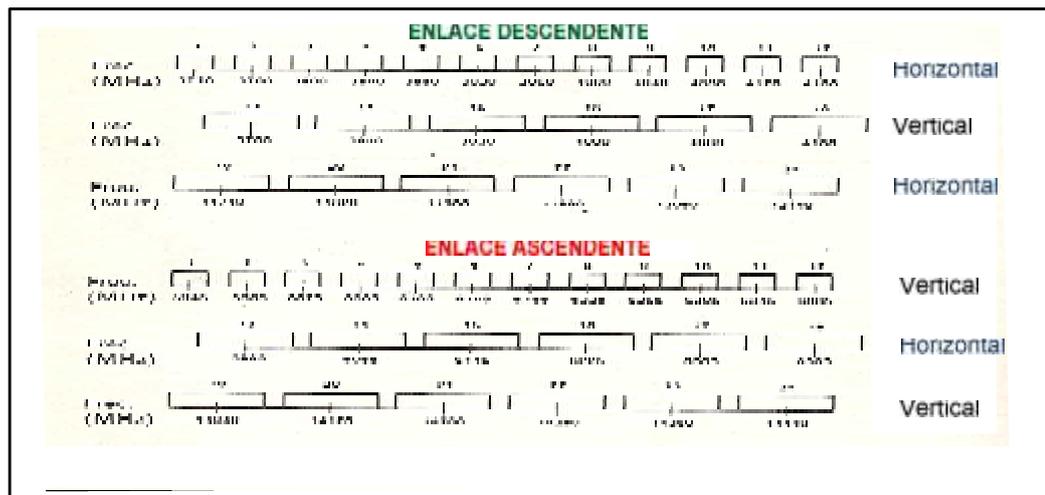


Figura 2. 7 Plan de frecuencias y polarización de un satélite Spacenet  
Fuente: [www.spacenet.com](http://www.spacenet.com)

## 2.5. Arquitectura Satelital.

Los datos de comunicaciones pasan a través de un satélite con una ruta de señal conocido como transpondedor (ver figura. 2.8). Normalmente, los satélites tienen entre 24 y 72 transpondedores, un transpondedor solo es capaz de manejar hasta 155 millones de bits de información por segundo. Con esta inmensa capacidad, los satélites de comunicación actuales son un medio ideal para transmitir y recibir cualquier tipo de contenido ya sea de voz o datos hasta

el vídeo más complejo y con gran ancho de banda, audio y contenido de Internet.

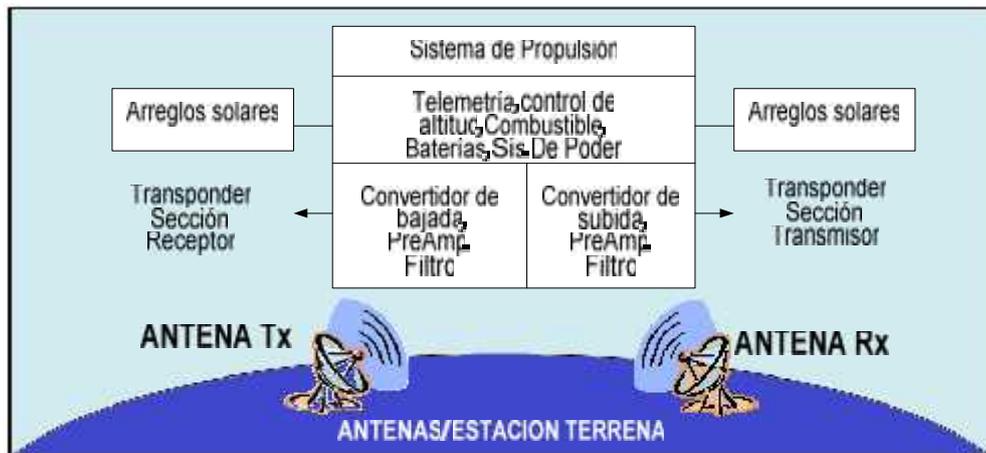


Figura 2. 8 Representación esquemática de un satélite.  
Fuente: www.Intelsat.com

## 2.6. Bandas y rangos de frecuencia.

Los satélites transmiten información dentro de las bandas de frecuencias de radio que se muestran en la tabla 2.1, las bandas de frecuencias más utilizadas por las empresas de comunicaciones por satélite se llaman la banda C y banda Ku superior [Wayne Tomasi, 2003]. El uso de una banda de frecuencia más alta conocida como la banda Ka se espera que aumente.

Tabla 2. 1 Bandas de frecuencia

Tipo de Banda	Rango de Frecuencias
HF	1.8-30 MHz
VHF	50-146 MHz
P	0.230-1.000 GHz
UHF	0.430-1.300 GHz
L	1.530-2.700 GHz
S	2.700-3.500 GHz
C	Downlink: 3.700-4.200 GHz

	Uplink: 5.925-6.425 GHz
X	Downlink: 7.250-7.745 GHz Uplink: 7.900-8.395 GHz
Ku (Europa)	Downlink: FSS: 10.700-11.700 GHz DBS: 11.700-12.500 GHz Telecom: 12.500-12.750 GHz Uplink: FSS y Telecom: 14.000-14.800 GHz; DBS: 17.300-18.100 GHz
Ku (América)	Downlink: FSS: 11.700-12.200 GHz DBS: 12.200-12.700 GHz Uplink: FSS: 14.000-14.500 GHz DBS: 17.300-17.800 GHz
Ka	Entre 18 y 31 GHz

Fuente: [www.Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

Los satélites modernos están diseñados para centrarse en los diferentes rangos de bandas de frecuencias y distintos niveles de energía en determinadas áreas geográficas. Estas áreas de enfoque se llaman rayos o **haz** y son los siguientes:

- Mundial: que cubre casi un tercio de la superficie de la Tierra.
- Hemi: que cubre casi un sexto de la superficie de la Tierra.
- Zona: cubre un área de gran masa.
- Spot: cubrir un área geográfica específica.

### 2.6.1. Banda L.

El rango de frecuencias va desde 1.53GHz. hasta los 2.7 GHz. Las principales ventajas son las grandes longitudes de onda que pueden penetrar a través de las estructuras terrestres y precisan de transmisores de menor potencia. El inconveniente es la poca capacidad de transmisión de datos.

### **2.6.2. Banda C.**

Fue el primer rango de frecuencia utilizado en transmisiones satelitales. Utiliza 3,7-4.2GHz para bajada y 5.925-6.425Ghz de enlace ascendente, posee las siguientes ventajas:

- Disponibilidad mundial
- Equipos de microondas relativamente baratos
- Robustez contra atenuación por lluvia
- Insignificante ruido producido por galaxias, sol, fuentes terrestres, etc

En la transmisión en banda C, cada satélite tiene permitido (por acuerdos internacionales) el uso de un ancho de banda de 500MHz. Típicamente cada satélite tiene 12 transponders de 36MHz cada uno y los restantes 68Mz del ancho de banda del satélite, se usan para control.

Las frecuencias más bajas usadas por Banda C se desempeñan mejor en condiciones atmosféricas adversas que la banda Ku o banda Ka de frecuencias. Normalmente se usa polarización circular, para duplicar el número de servicios sobre la misma frecuencia, la banda C requiere el uso de un plato grande, por lo que tiene las siguientes desventajas:

- Antenas grandes (1 a 3 metros)
- Susceptible de recibir y causar interferencias desde satélites adyacentes y sistemas terrestres que compartan la misma banda (Se necesitaría en algunos casos recurrir a técnicas de espectro ensanchado y CDMA).

### **2.6.3. Banda Ku.**

Rango de frecuencias: en recepción 11.7-12.7 GHz, y en transmisión 14-17.8 GHz.

Ventajas:

- Longitudes de onda medianas que traspasan la mayoría de los obstáculos y transportan una gran cantidad de datos.
- Usos más eficientes de las capacidades del satélite ya que, al no estar tan influenciado por las interferencias, se puede usar técnicas de acceso más eficientes como FDMA o TDMA frente a CDMA.
- Antenas más pequeñas (0.6 a 1.8 m)

Inconvenientes:

- La mayoría de las ubicaciones están adjudicadas.

- Hay regiones donde no está disponible.
- Más sensible a las atenuaciones por lluvia.
- Tecnología más costosa.

#### **2.6.4. Banda Ka.**

El rango de frecuencias varía desde 18 GHz hasta 31 GHz y posee ventajas como amplio espectro de ubicaciones disponible y las longitudes de onda transportan grandes cantidades de datos, la desventaja es que son necesarios transmisores muy potentes y también muy sensibles a interferencias ambientales.

#### **2.7. Posición Orbital y las Huellas.**

La ubicación de un satélite geoestacionario se refiere como su posición orbital. Satélites internacionales se mide normalmente en términos de grados longitudinales Este (E °) del Meridiano de Greenwich 0 ° (por ejemplo, Intelsat IS-805 vía satélite se encuentra actualmente en 304.5 ° E). El área geográfica de la superficie terrestre sobre la cual un satélite puede transmitir a, o recibir de ellos, se llama el satélite de "huella". La huella puede ser adaptada para incluir las diferentes frecuencias y niveles de potencia.

#### **2.8. Estación Terrena.**

Todas las comunicaciones con un satélite geoestacionario requieren el uso de una estación terrena o antena. Las estaciones terrenas pueden ser fijas (instalado en un lugar específico) o móviles para usos tales como *Satellite News Gathering* (SNG) o aplicaciones marítimas. Las antenas en las compañías de telecomunicaciones varían en tamaño con grandes platos de 4,5 a 15 metros de diámetro, las antenas VSAT pueden ser tan pequeñas como en un metro, diseñado para soportar servicios tales como Televisión Directa al Hogar de televisión (DTH) y la telefonía rural.

La antena en general si se conectará al equipo en interiores se llama una unidad interior (IDU), que se conecta tanto a los dispositivos de comunicaciones actuales pudiendo utilizar con una red de área local (LAN), o la infraestructura de red adicionales terrestre.

## 2.9. Topologías de Red.

Dependiendo de la aplicación, los satélites se pueden utilizar con diferentes diseños de la red en tierra o topologías de red. En su forma más simple, el satélite puede apoyar una dirección o enlaces de dos direcciones entre dos estaciones de tierra (llamados, respectivamente, la transmisión y la transmisión de simple a doble cara). Necesidades de comunicación más complejo también se puede tratar con topologías de red más sofisticadas, como la estrella y malla.

Los siguientes ejemplos muestran algunas de las opciones disponibles para que los usuarios configuren sus redes de satélite:

### 2.9.1. Transmisión Simplex.

Como se muestra en la figura 2.9 la transmisión simplex o *unidireccional* es aquella que ocurre en una dirección solamente, deshabilitando al receptor de responder al transmisor. Normalmente la transmisión simplex no se utiliza donde se requiere interacción humano-máquina. Las solicitudes de servicios de simple incluyen las transmisiones de radiodifusión, tales como:

- Televisión y servicios de vídeo,
- Servicios de radio,
- El *paging* unidireccional, etc.

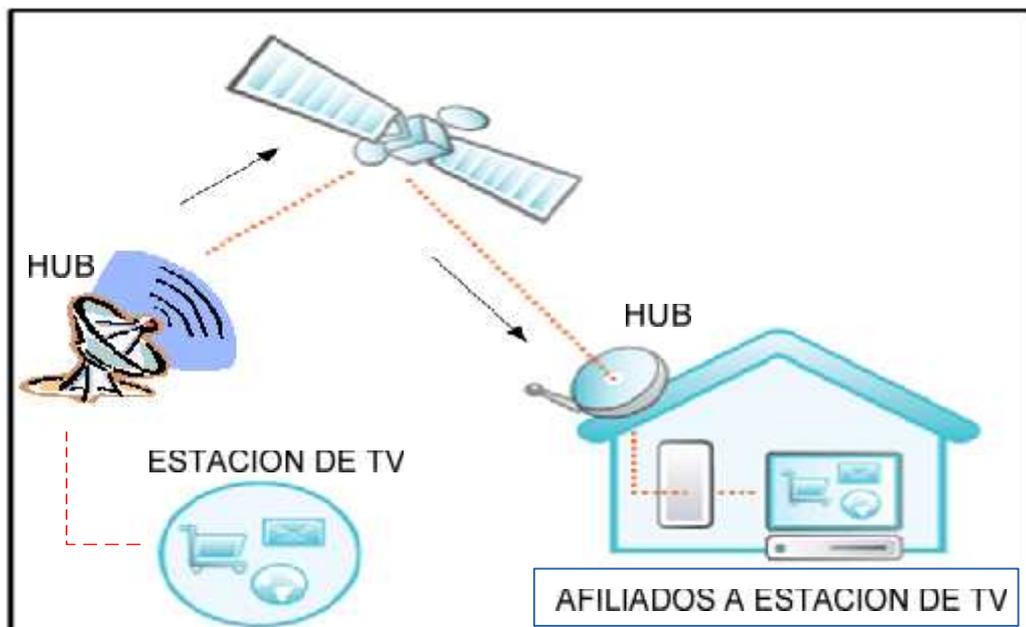


Figura 2. 9Transmisión Satelital Simplex  
Fuente: www.Intelsat.com

### 2.9.2. Transmisión Dúplex.

La transmisión Dúplex es utilizada en telecomunicaciones para definir a un sistema que es capaz de mantener una comunicación bidireccional tal como se muestra en la figura 2.10, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea. La capacidad de transmitiren modo dúplex está condicionada por varios niveles:

- Medio físico (capaz de transmitir en ambos sentidos),
- Sistema de transmisión (capaz de enviar y recibir a la vez),
- Protocoloo norma de comunicación empleado por los equipos terminales.

Las solicitudes de servicios dúplex son:

- De telefonía vocal de transporte,
- Transporte de datos e IP (especialmente en configuraciones asimétricas)
- Las redes corporativas,
- TV y difusión del programa y la contribución de la distribución,

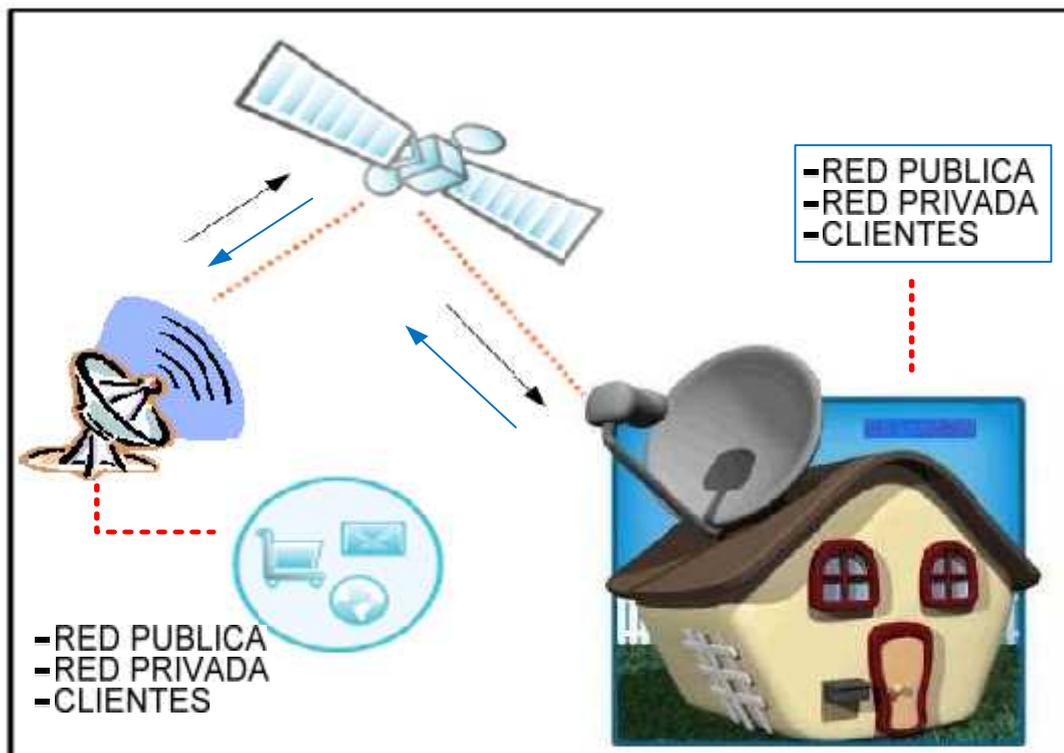


Figura 2. 10 Transmisión Satelital Duplex.

Fuente: [www.Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

### 2.9.3. Transmisión Punto-multipunto.

En el gráfico de la figura 2.11 se puede apreciar este tipo de transmisión la misma que puede ser simple o dúplex, simétrico o asimétrico, las solicitudes de servicios de punto a multipunto son:

- Las redes corporativas, incluidos los servicios VSAT y la televisión de negocios
- Video de difusión y distribución, incluyendo directa a los servicios de Internet para el usuario final.

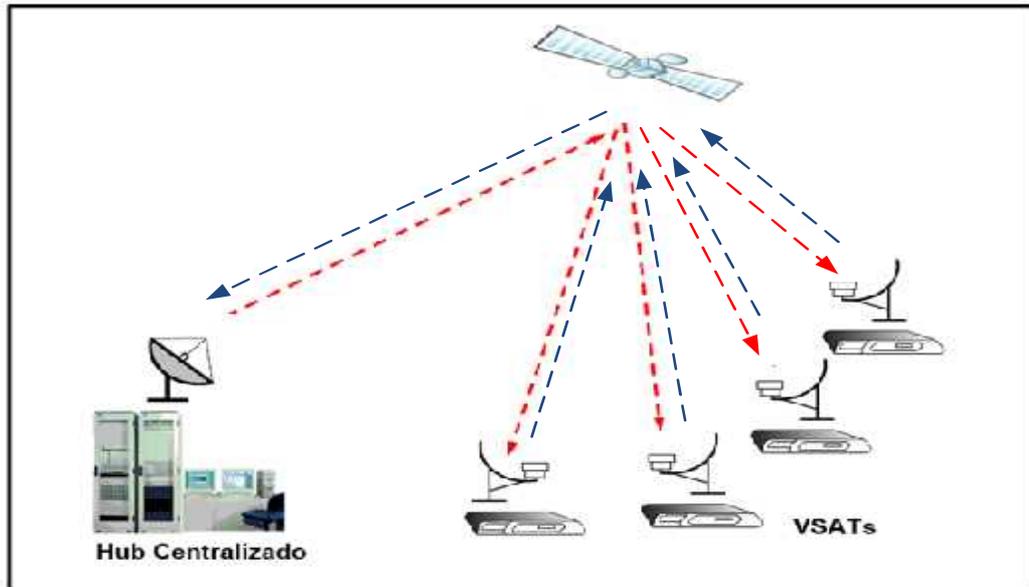


Figura 2. 11Transmisión Satelital Punto-multipunto.  
Fuente: [www.Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

#### 2.9.4. Servicio de la antena móvil.

Las solicitudes de servicios de la antena móvil se puede observar en la figura 2.12 y estos incluyen:

- Recopilación de noticias por satélite
- **Backhaul de eventos especiales y de Radiodifusión**
- Los servicios marítimos

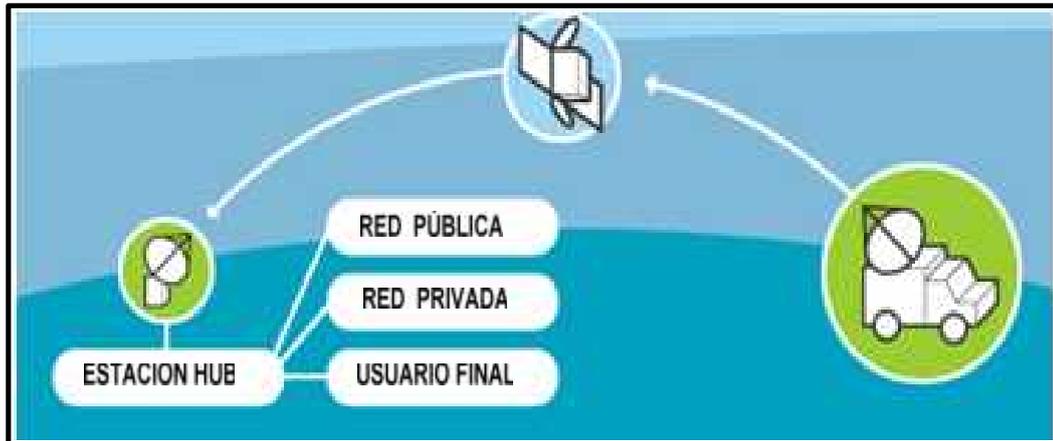


Figura 2. 12 Servicios de una antena móvil  
Fuente: www.Intelsat.com.

### 2.9.5. Red en Estrella.

La topología en estrella se caracteriza por tener todos sus nodos conectados a un controlador central. Todas las transacciones pasan a través del nodo central, siendo éste el encargado de gestionar y controlar todas las comunicaciones. Por este motivo, el fallo de un nodo en particular es fácil de detectar y no daña el resto de la red, pero un fallo en el nodo central desactiva la red completa. Una forma de evitar un solo controlador central y además aumentar el límite de conexión de nodos, así como una mejor adaptación al entorno, sería utilizar una topología en estrella distribuida. Este tipo de topología está basada en la topología en estrella pero distribuyendo los nodos en varios controladores centrales. El inconveniente de este tipo de topología es que aumenta el número de puntos de mantenimiento.

En la figura 2.13 se puede apreciar la transmisión de esta topología. Las aplicaciones de redes en estrella son:

- Redes Corporativas
- Educación a Distancia

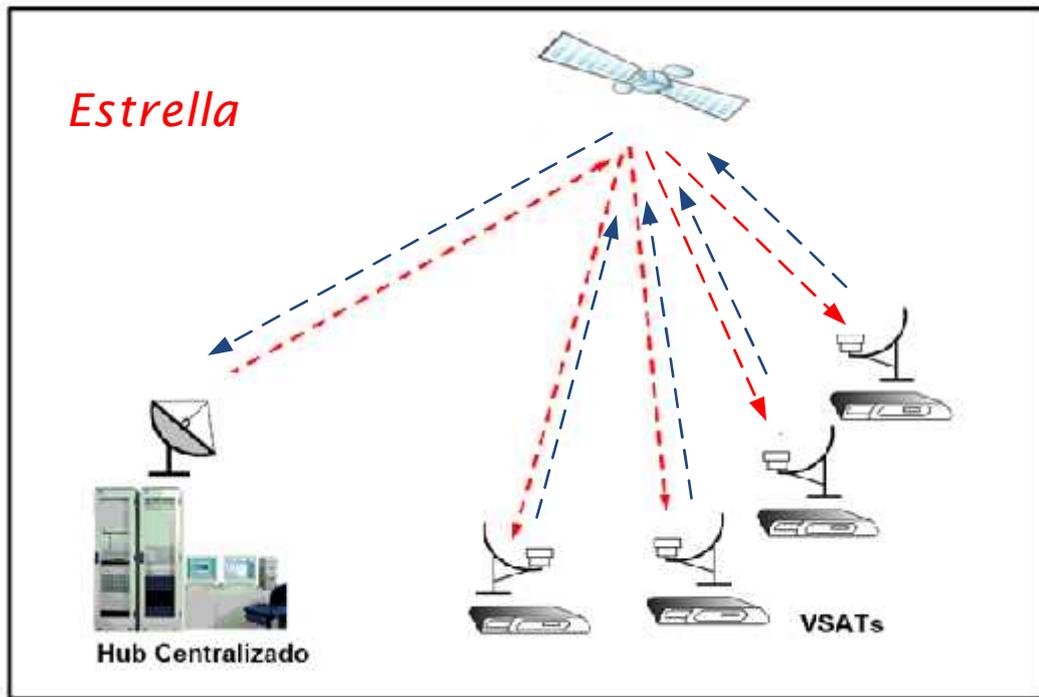


Figura 2. 13 Topología de Red en Estrella.  
Fuente: [www.Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

### 2.9.6. Red en Malla.

La topología en malla es una topología de red en la que cada nodo está conectado a todos los nodos. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. Si la red de malla está completamente conectada, no puede existir absolutamente ninguna interrupción en las comunicaciones, las líneas punteadas de color azul de la figura 2.14 muestran el tipo de transmisión.

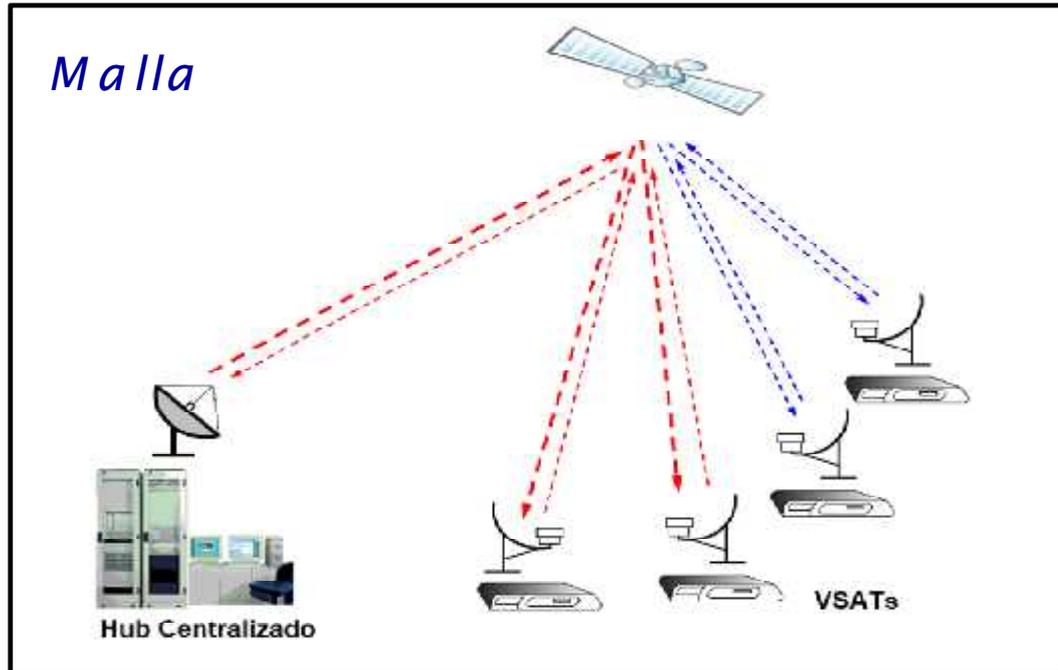


Figura 2. 14 Topología de Red en Malla.

Fuente: [www.Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

Aplicaciones para redes de malla son:

- Redes de telefonía y datos Nacionales e internacionales
- Telefonía rural

Los satélites ofrecen comunicaciones vitales en todo el mundo debido a su carácter universal y multi-punto. Soluciones por satélite pueden proporcionar una respuesta flexible y rentable de apoyo:

- Comunicaciones de voz y datos fija o inalámbrica
- Redes empresariales
- Operaciones financieras
- Vínculos de Internet
- Transmisión de vídeo por satélite y distribución de redes

En todos los escenarios, las soluciones satelitales dispondrán la entrega de información a todos los rincones del mundo, sin importa cuán remota.



Figura 2. 15Aplicaciones de un sistema satelital  
Fuente: www.gilat.com

## 2.10. Multiplexación y Acceso Múltiple.

Los términos Multiplexación y Acceso múltiple apuntan a la compartición de un recurso de comunicación determinado. En ellos un número de señales independientes se combinan en una única señal compuesta para ser transmitida por un canal común. Las diferencias entre multiplexación (M) y acceso múltiple (MA) son las siguientes:

**Multiplexación:** Los requerimientos de los usuarios son fijos y varían muy lentamente en el tiempo. Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión. La distribución de los recursos es asignada a priori y se lleva a cabo entre sitios no muy lejanos (por ejemplo, dentro de un circuito). En este caso el recurso de comunicación es suficiente para todos los usuarios.

**Acceso Múltiple:** la distribución de recursos se lleva a cabo entre sitios remotos (por ejemplo, satélites). Si la asignación de recursos se realiza en forma dinámica, en función de las necesidades de los usuarios, se consigue una distribución de recursos más eficiente. Esto se realiza a costa de la pérdida de una pequeña fracción de tiempo y/o ancho de banda, para que el controlador reciba la información sobre las necesidades de los usuarios. En general,

el recurso de comunicación no alcanza a satisfacer las necesidades de comunicación de todos los usuarios simultáneamente, por lo que existe una especie de 'pelea' o contienda por la utilización del recurso. Por este motivo, se deben acordar y cumplir ciertas reglas.

Formas de incrementar la tasa de transmisión:

- Aumentar el ancho de banda.
- Aumentar la eficiencia de la distribución de recursos.
- Aumentar la eficiencia de la transmisión de potencia isotrópica o reducir las pérdidas.

### 2.10.1. Distribución del recurso.

Las formas básicas de realizar la distribución de recursos a través de M y MA son:

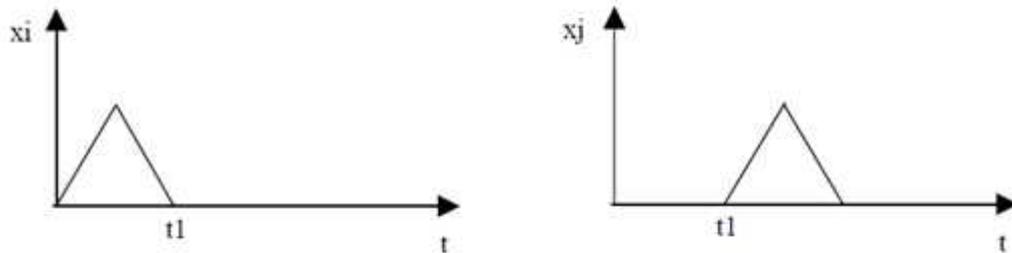
- División Frecuencial (FD).
- División codificada (CD).
- División temporal (TD).
- División espacial (SD).
- División por polarización (PD).

Las señales que comparten el mismo recurso pueden causarse interferencias mutuas. Estas se considerarán aceptables mientras se puedan detectar los mensajes. Es decir, el límite permitido de interferencia es tal que las señales en un canal, no incrementen la probabilidad de error en el otro.

Una forma de evitar las interferencias es usando señales ortogonales, que se definen de la siguiente forma:

- Para multiplexación por división temporal o acceso múltiple por división temporal (TDM / TDMA) es una técnica que permite la transmisión de señales digitales con la finalidad de ocupar un canal a partir de distintas fuentes.

$$\int_{-\infty}^{\infty} x_i(t)x_j(t)dt = \begin{cases} K & \text{para } i = j, \text{ con } K \neq 0 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases} \quad (2.1)$$



- Para multiplexación por división frecuencial o acceso múltiple por división frecuencial (FDM / FDMA).

$$\int_{-\infty}^{\infty} X_i(f) X_j(f) dt = \begin{cases} K \text{ para } i = j, \text{ con } K \neq 0 \\ 0 \text{ otro caso} \end{cases} \quad (2.2)$$

### 2.10.2. Multiplexación por división frecuencial en telefonía.

Desde los comienzos de 1900, se empezó a usar en telefonía FDM (*frequency division multiplexing*). Esto permitió transmitir varias señales simultáneamente sobre un único cable, para unir entre centrales telefónicas la utilización del recurso de comunicación y que se ilustra en el plano t-f, en FDM/FDMA tal como se muestra en la figura 2.16.

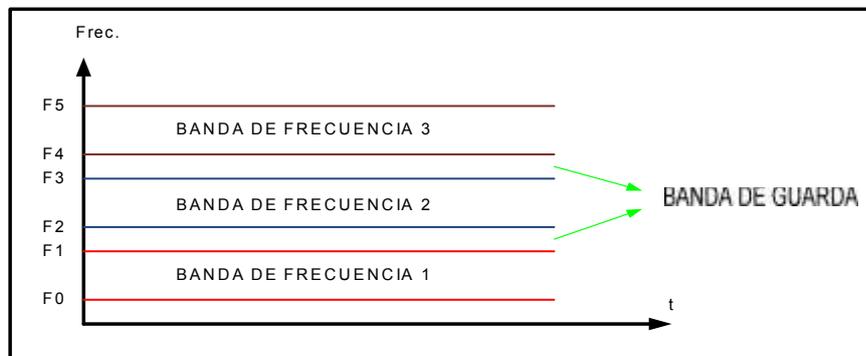


Figura 2. 16 Multiplexación por división frecuencia.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

Las bandas de guarda están como zonas de buffer para reducir la interferencia entre canales vecinos y por la imposibilidad de realizar filtros ideales. Se usa modulación (con una portadora fija) para llevar una señal de banda base a una de las bandas de frecuencias.

Típicamente en telefonía se usa la modulación SSB (Single Side Band), cuyo procedimiento de modulación se muestra a continuación:

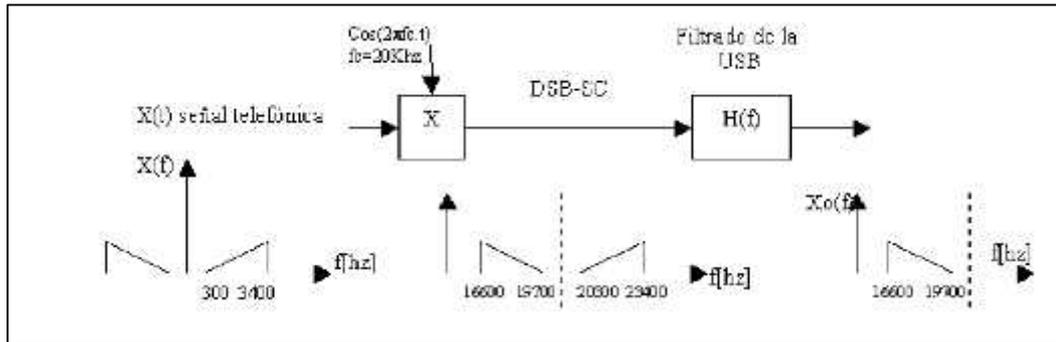


Figura 2. 17Modulación SSB (Single Side Band).  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

Un ejemplo de FDM con 3 canales se puede ver en la siguiente figura:

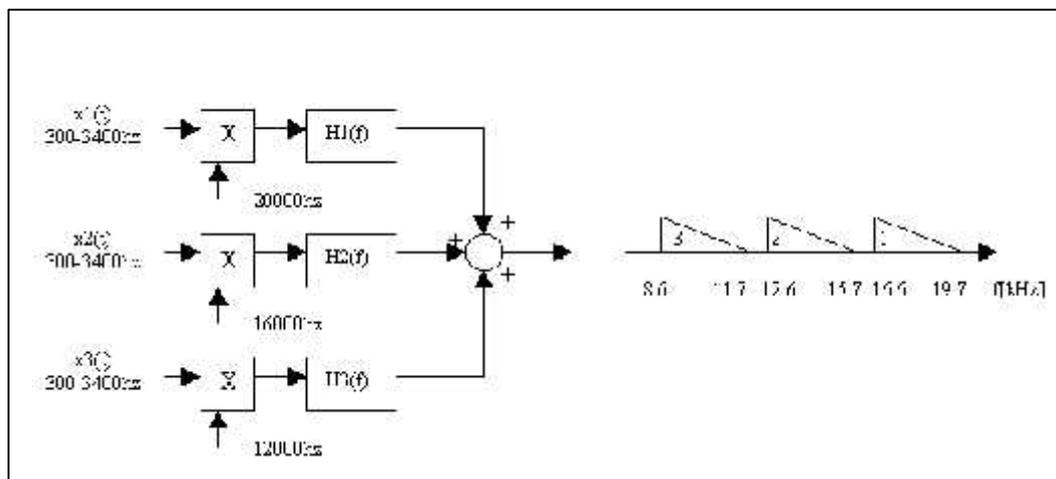


Figura 2.18Multiplexación SSB (Single Side Band).  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

Los dos niveles más bajos de multiplexación usados en comunicaciones telefónicas son los que se muestran en la siguiente figura:

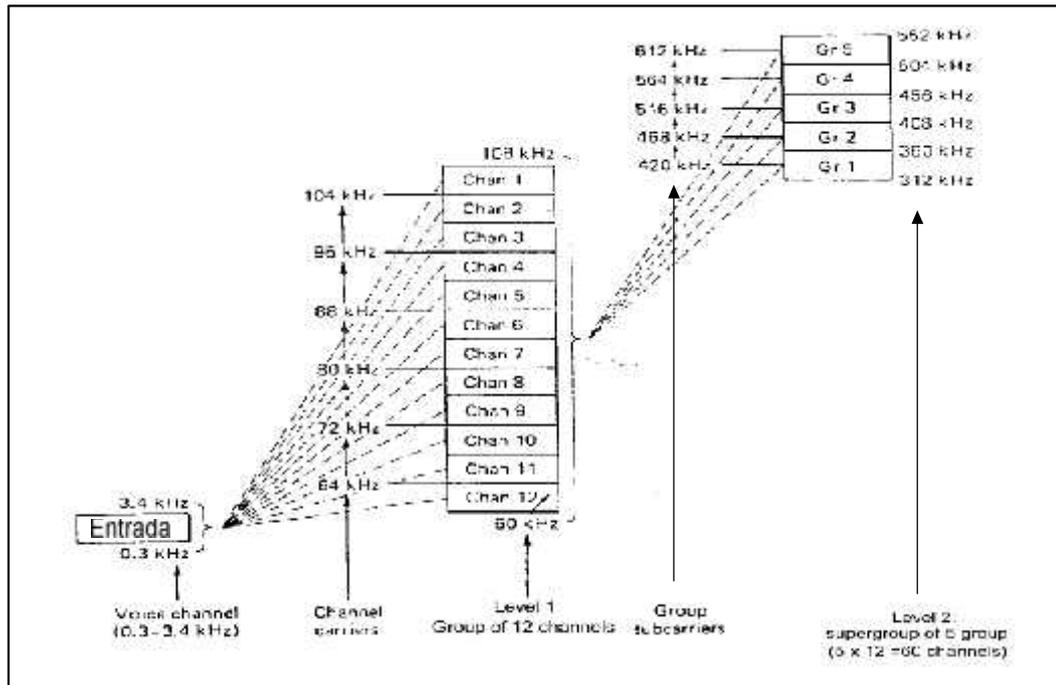


Figura 2. 19 Niveles más bajos de multiplexación.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

Para componer el supergrupo también se usa L-SSB (*Low Single Side Band*). La razón para formar un supergrupo es que los filtros necesarios para llevar a cabo las funciones de FDM son económicos en ciertos rangos de frecuencia. Los supergrupos también pueden combinarse en grupos mayores llamados master-groups y estos a su vez en uno mayor llamado *verylargegroup*. [Slark, 1988].

### 2.10.3. Acceso Múltiple por división frecuencial en sistemas satelitales.

La mayoría de los satélites de comunicaciones están en una órbita geoestacionaria (el satélite está en el mismo plano que el que pasa por el ecuador y a una cierta altura tal que el período orbital sea igual al período de rotación de la tierra). En otras palabras, visto desde la tierra, el satélite se vería como si estuviera estacionario. Tres de estos satélites separados 120 grados entre sí, pueden proveer una cobertura mundial (excepto para las regiones polares).

Muchos de los satélites tienen repetidores no regenerativos o transceptores (*transponders*). Esto quiere decir que la transmisión tierra-satélite

(*uplink*) es amplificada, corrida en frecuencia, y retransmitida (*downlink*) sin ningún procesamiento de señal.

La banda más común para las comunicaciones satelitales es la banda-C, que usa 6GHz de portadora en la transmisión subida y 4GHz para la transmisión bajada. El uso de estas frecuencias tienen las siguientes ventajas: equipos de microondas relativamente baratos, poca atenuación debido a lluvias, insignificante ruido producido por galaxias, sol, fuentes terrestres, etc. Los nuevos satélites operan en 14 y 12 GHz (*banda KU*) con lo cual pueden operar con antenas más chicas y baratas.

En la transmisión en banda C, cada satélite tiene permitido (por acuerdos internacionales) el uso de un ancho de banda de 500MHz. Típicamente cada satélite tiene 12 transponders de 36MHz cada uno y los restantes 68MHz del ancho de banda del satélite, se usan para control. El más común de los transponders opera en el modo multigestión en FDM/FM/FDMA.

FDM: señales como las de teléfono (SSB) se les hace FDM para formar una señal "compuesta".

FM: con esta señal compuesta se produce modulación en frecuencia y luego es transmitida al satélite.

FDMA: se asignan subdivisiones del ancho de banda de 36MHz a distintos usuarios.

La mayor ventaja que tiene FDMA sobre TDMA es su simplicidad. FDMA no requiere sincronización y cada canal es casi independiente de los restantes [Slark, 1988].

#### **2.10.4. Multiplexación y Acceso Múltiple por división de tiempo.**

Por el teorema de muestreo, *un mensaje pasa bajos*, esta técnica de multiplexación distribuye las unidades de información en ranuras (slots) alternas de tiempo proveyendo acceso múltiple a un número reducido de frecuencias, puede transmitirse como muestras de esta señal, tomadas uniformemente a una tasa superior a la de Nyquist. Esta transmisión

ocupa al canal sólo por una fracción de intervalo. De esta forma, el tiempo entre muestras puede utilizarse por otras señales independientes.

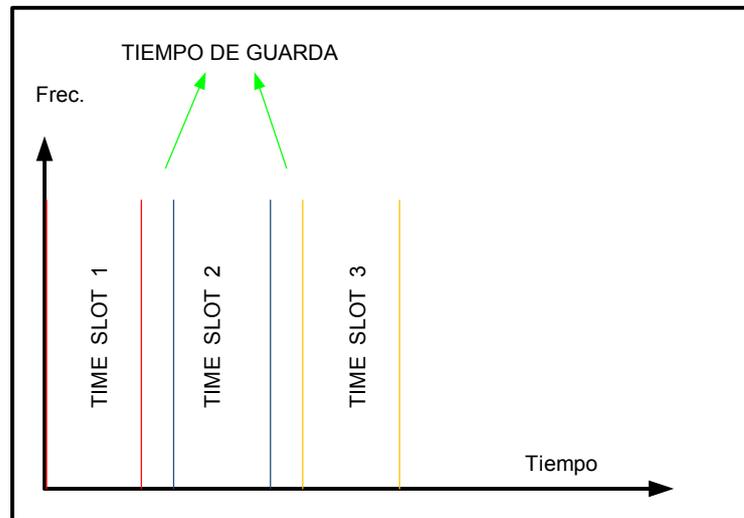


Figura 2. 20TDMA.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

En este caso, el recurso de comunicación se asigna a las M señales o usuarios de forma completa, permitiéndose el uso del ancho de banda total del sistema, pero sólo por pequeños períodos de tiempo llamado time slot. Las regiones de tiempo entre time slots no usadas se denominan tiempos de guarda y tienen la finalidad de disminuir la interferencia entre señales adyacentes.

TDM es muy sensible a la variación de amplitud o la falta de proporcionalidad de fase con las frecuencias de las señales utilizadas. Por lo tanto, es necesaria una buena ecualización.

En la figura (2.21) se ve un típico ejemplo de una aplicación en un satélite. El tiempo es segmentado en intervalos llamados tramas (*Frames*). Cada trama es a su vez subdividida en los *time slots* asignados a los usuarios.

La estructura de tramas se repite. Una asignación TDMA se compone de uno o más slots que aparecen periódicamente durante cada trama. Cada estación terrestre transmite sus datos en forma de ráfagas sincronizadas temporalmente, y así llegan al satélite en su correspondiente time slot. Cuando los datos llegan al satélite, estos son retransmitidos (*downlink*) junto

con los datos de otras estaciones. La estación receptora detecta y demultiplexa la ráfaga de datos apropiada y redirecciona los datos al usuario correspondiente.

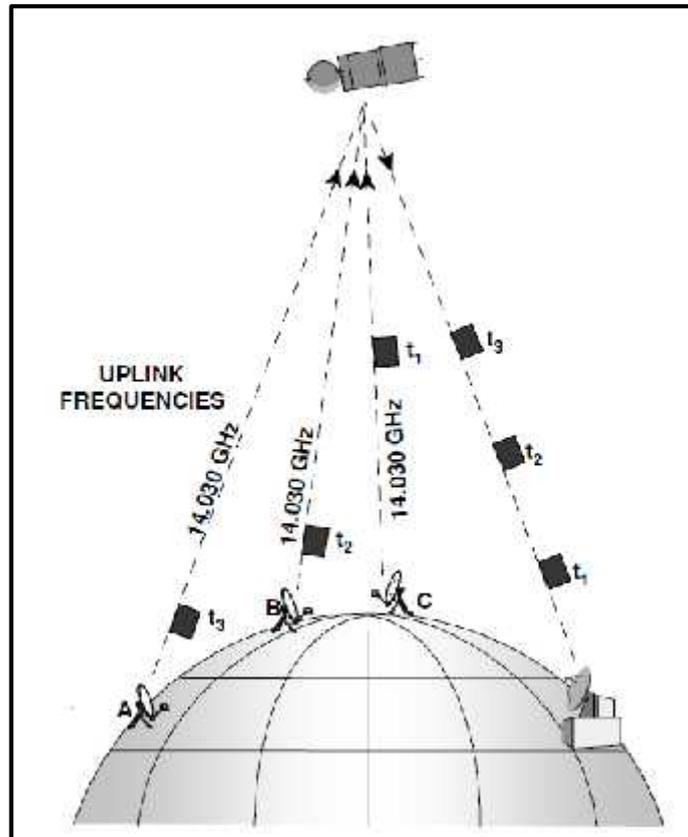


Figura 2. 21TDMA.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

### 2.10.5. Asignación fija de TDM y TDMA.

El esquema más simple de TDM y TDMA es el de asignación fija, en el cual los  $M$  *time slots* que componen cada trama son pre-asignados a largo plazo. La figura 2.22 ilustra el funcionamiento de este sistema.

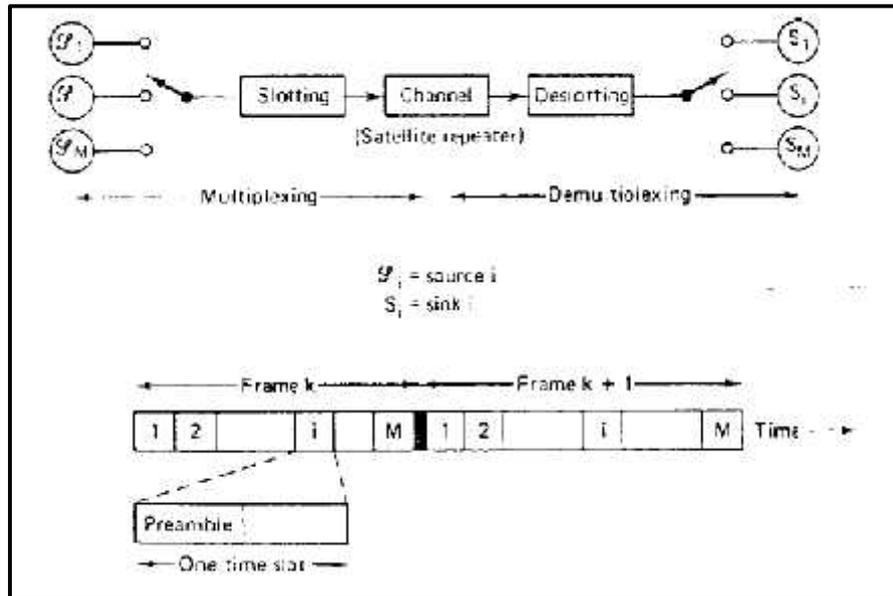


Figura 2. 22Asignación fija TDMA.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

La operación de multiplexado consiste en asignar a cada fuente la oportunidad de ocupar uno o más slots. La operación de desmultiplexado, en cambio, consiste en capturar la información de los slots y distribuirla al receptor correspondiente. El mensaje está generalmente compuesto por los datos y por un preámbulo, el cual contiene información sobre la sincronización, direccionamiento y secuencias de control de errores. Un esquema de asignación fija, como el que estamos tratando es extremadamente eficiente cuando los requerimientos de las fuentes son predecibles y el tráfico es importante o permanente (los *time slots* están la mayor parte del tiempo llenos). En cambio, para tráfico esporádico, la asignación fija es antieconómica. *Considere el ejemplo de la figura 2.23.* En este caso hay cuatro time slot por trama, cada slot es pre-asignado a los usuarios A, B, C y D respectivamente. En la figura 2.23. (a) vemos una actividad típica de los cuatro usuarios. Durante la primer trama, el usuario C no tiene datos para transmitir; durante el segundo, el usuario B no tiene y durante el tercero es el A. En TDMA con asignación fija, todos los slots, dentro de una trama están pre-asignados. Si un usuario no tiene datos para transmitir durante una trama, este slot es desperdiciado. Esto puede ser visto en la figura 2.23. (b). Cuando los requerimientos de las fuentes son impredecibles, los esquemas que son más convenientes son los de asignación dinámica. Estos tipos de sistemas son conocidos como *packed-switched systems*, *statistical multiplexers*, o concentrators. Lo que se consigue con este tipo de

sistemas es conservar la tasa de transmisión, como se ve en la figura 2.23 (c)[Slark, 1988].

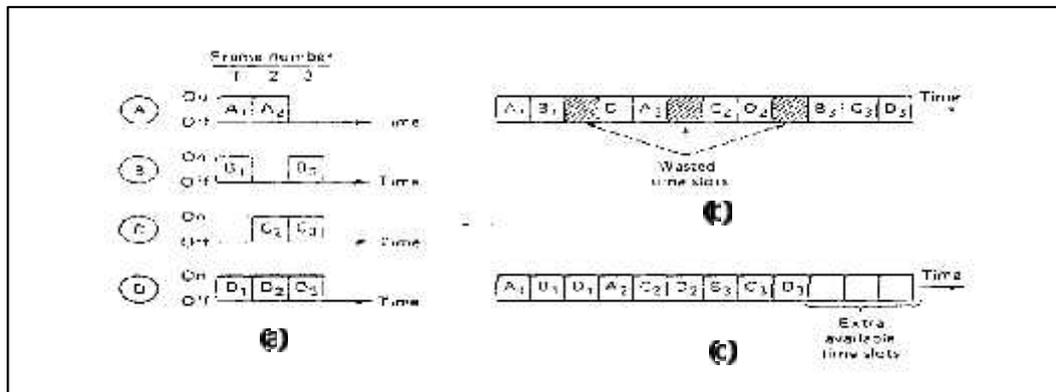


Figura 2. 23Ejemplo de asignación fija TDMA.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

### 2.10.6. Combinación FDMA / TDMA.

Supongamos que se dispone para su uso del ancho de banda total del recurso,  $W$  y que éste se reparte en forma equitativa en  $M$  grupos de usuarios o clases. De esta forma,  $M$  bandas de frecuencias de  $M/W$  hertz están disponibles para los grupos asignados. De forma similar, el eje temporal es particionado en tramas de duración  $T$ , las cuales a su vez son particionadas en  $N$  slots de duración  $T/N$  segundos. En este caso se fracciona el recurso en partes más pequeña. Esto posibilita que muchas estaciones de poco tráfico, que no justificarían un canal completo, puedan compartir el recurso.

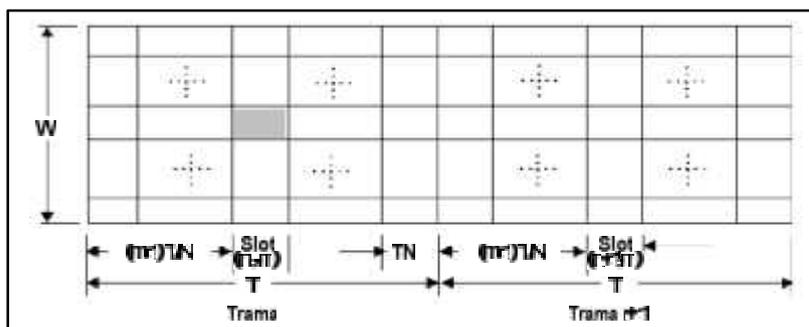


Figura 2. 24Combinación FDMA / TDMA.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

### 2.10.7. Acceso múltiple por división de código CDMA.

Esta técnica es una combinación híbrida de FDMA y TDMA y es una aplicación de espectro expandido (*spread spectrum* - SS). Las técnicas de espectro expandido se pueden clasificar en *direct sequence* y *frequency hopping* (FH). En FH-CDMA se asigna una banda de frecuencias

durante un time slot y en el siguiente intervalo de tiempo se asigna otra banda de frecuencias. Esto puede visualizarse en la siguiente figura 2.25.

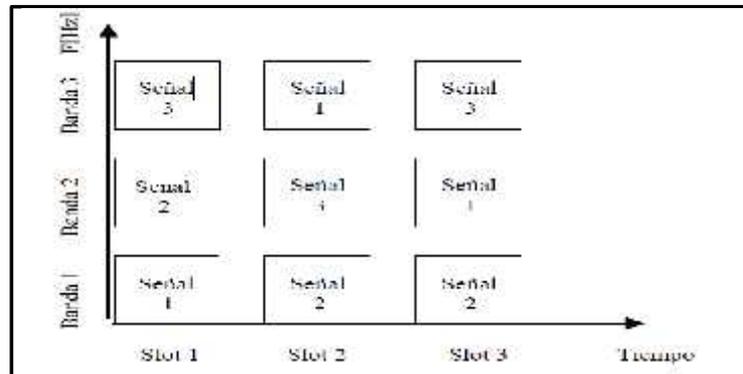


Figura 2.25 FH (frequency hopping) - CDMA.  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

Cada usuario emplea un código (*pseudonoisecode-PN*, que es un código cíclico pero con características aleatorias similares al ruido) que le determina los saltos (*hops*) a las distintas bandas de frecuencias asignadas en los distintos time slots. En la siguiente figura se muestra el proceso de modulación FH.

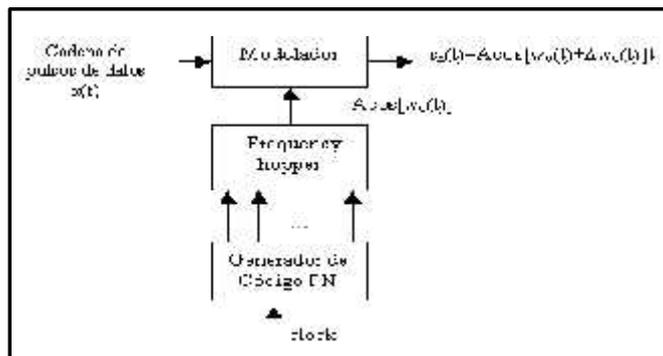


Figura 2. 26 Modulación FH (frequency hopping).  
Fuente: Slark (1988) Digital Communication: Prentise Hall

El *frequency hopping* sintetiza uno de los saltos frecuenciales permitidos. Los datos vienen modulados en (MFSK), con lo que se logra un sistema de (FH)MFSK. La diferencia entre MSFK y (FH)MFSK es que en el sistema convencional, un símbolo modula una portadora que es fija en frecuencia, mientras que en (FH)MSFK, un símbolo modula una portadora que salta dentro de todo el ancho de banda del recurso de comunicación. La modulación FH puede pensarse como un proceso de dos etapas: modulación de la información y modulación por saltos de frecuencia [Slark, 1988].

### **2.10.8. Características de CDMA.**

Privacidad: Las transmisiones no pueden ser fácilmente interceptadas y descifradas por usuarios no autorizados, que no posean el código.

Atenuación del canal: En FDMA, si a un usuario, le toca una banda de frecuencias, en la cual el medio posee una zona de distorsión o atenuación, este usuario se vería perjudicado. En cambio en CDMA, esta zona se comparte entre todos los usuarios.

Rechazo a la interferencia intencional: Durante un salto en CDMA, el ancho de banda de la señal es idéntico al de MFSK, que es típicamente igual al mínimo ancho de banda necesario para transmitir un símbolo MFSK. Pero durante muchos time slots, el sistema salta por una banda de frecuencia que es mucho más grande que el ancho de banda de la señal. Esta utilización del ancho de banda se denomina espectro expandido.

Flexibilidad: Una diferencia entre CDMA y TDMA es que en la primera, no es necesario un sincronismo entre grupos de usuarios (sólo es necesario entre el transmisor y el receptor en un grupo). Es decir, una vez que se logró la sincronización entre el transmisor y el receptor del PN, se puede realizar la comunicación [Slark, 1988].

### **2.10.9. Acceso múltiple por división espacial y de polarización (SDMA y PDMA).**

En la siguiente figura, parte 'a' se puede apreciar la técnica SDMA (también llamado *multiple beam frequency reuse*). El satélite INTELSAT IV-A tiene 2 antenas receptoras, que permiten acceso simultáneo al satélite de dos regiones diferentes de la Tierra. Esta separación espacial de las señales permite trabajar con la misma banda de frecuencias (se dice que hay una reutilización de la banda de frecuencias).

En la parte 'b' se aprecia la técnica de PDMA (también llamado *dual polarization frequency reuse*). El satélite posee dos antenas, cada una con distinta polarización y receptores separados, lo que permite acceso simultáneo del satélite de la misma región de la Tierra. Esto obliga a que cada una de las estaciones en la Tierra tenga sus antenas con la misma polarización que la del receptor del satélite que corresponda. Como en SDMA, la banda de frecuencias puede reutilizarse.

En la parte 'c' se aprecia la técnica simultanea de SDMA y PDMA. Hay cubrimiento de dos hemisferios separados. También hay dos zonas más chicas, que se superponen con una porción de uno de los hemisferios y es separado de está por polarización ortogonal. En este caso hay un cuádruple solapamiento del espectro[Slark, 1988].

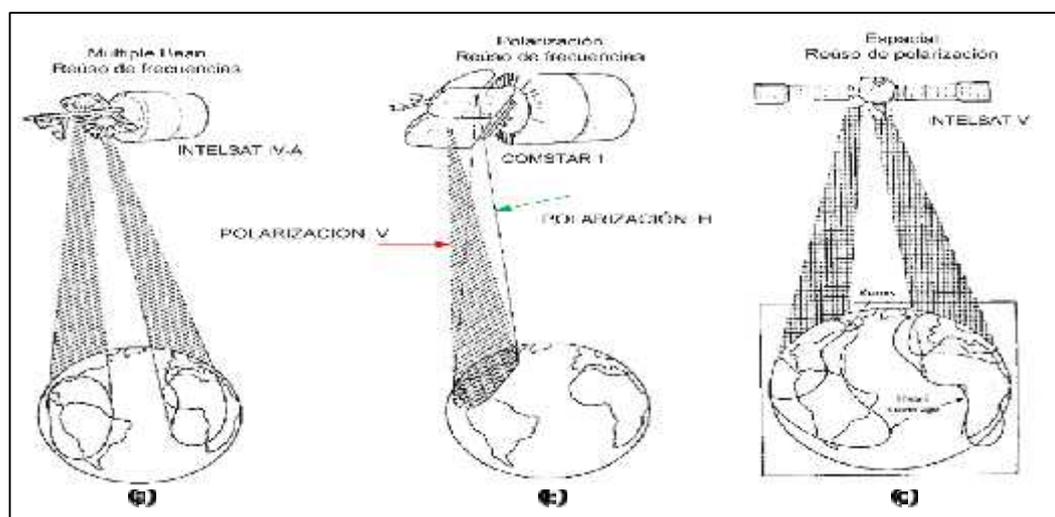


Figura 2. 27Modulación FH (frequencyhopping).  
Fuente: Slark (1988) Digital Comunication: Prentise Hall

#### 2.10.10. Acceso múltiple por asignación de demanda DAMA (Demand-assignmentmultipleaccess).

Un procedimiento de acceso múltiple con asignación fija es cuando una estación tiene acceso periódico al canal independientemente de su necesidad actual. Sin embargo, un procedimiento de acceso múltiple con asignación dinámica o también llamado DAMA, es cuando se le da a la estación acceso al canal sólo cuando se demanda el acceso. Si el tráfico es intermitente o tipo ráfaga, el procedimiento DAMA puede ser mucho más eficiente que una asignación fija. Si la demanda pico del sistema iguala a la capacidad del sistema y si el tráfico es del tipo ráfaga, el sistema está la mayor parte del tiempo sin ser aprovechado totalmente. Sin embargo, por el uso de buffers y el procedimiento DAMA, un sistema con capacidad reducida puede manejar un tráfico del tipo ráfaga, a costa de retardos debidos al buffer. De esta forma, se utiliza un canal con una capacidad igual al promedio de los requerimientos de los usuarios. Por otro lado, en asignación fija, la capacidad es igual a la suma de los requerimientos máximos de cada usuario.

Esta especialmente indicado cuando el número de usuarios es muy grande pero el número y cantidad de comunicaciones es pequeño. Aunque principalmente está pensado para redes en estrella existen aplicaciones que permiten operación mallada. Los protocolos utilizados pueden ser IP o propietarios donde el mismo modem DAMA tiene adjuntos interfaces de comunicación (voz y datos)[Slark, 1988].

## **2.11. Estadística de usuarios y aplicaciones VSAT en el mundo.**

La información suministrada por la base de datos de CONSYS y con la autorización para hacer uso de esta señala que TDM/TDMA contiene sobre 13.000 expedientes de contratos y DAMA sobre 4.000, También indica que el número de acoplamientos de SCPC son funcionados por casi 300 operadores. Algunos ejemplos de usuarios de los sistemas de VSAT que no son confidenciales se muestran en el anexo "A.1" y son tomadas de redes importantes de todo el mundo [www.24, 2011].

También se enfatiza, que sin embargo, las redes de VSAT no tienen que ser enormes, y suministra un listado alternativo de redes minúsculas desplegadas en todas las partes del mundo. Es también interesante ver que estas redes minúsculas incluyen algunos nombres enormes - Coca-Cola y Halliburton por ejemplo ver anexo "A.2":

Para afianzar su interés y confianza en la industria, aquí están algunas estadísticas y figuras sobre el mercado de VSAT. Desde luego con la autorización respectiva para cotizar estas figuras proporcionadas, es importante destacar que todos los datos son al diciembre de 2008.

### **Empresas & Sistemas de banda ancha en estrella**

El número total de terminales VSAT pedidos por empresas	2.276,348
Total número de VSATs enviados	2.220,280
Total número de sitios con servicio	1.271,900
Envíos de mercado 3 años de GARANTIA	13.1%
Contratos en el listado de la base de datos COMSYS	16,728
Operadores VSAT seguidos por COMSYS	Más de 350

### Consumidores de internet con sistemas de datos en estrella

Total Sitios con servicio	928,540
Total VSAT's enviados	1.892,846

### Sistemas DAMA

Terminales con enrutamiento ancho y acceso DAMA pedidos	92,949
Terminales con enrutamiento ancho y acceso DAMA enviados	91,911
Sitios con servicio de enrutamiento angosto y ancho DAMA	87,860
Terminales con enrutamiento fino y acceso DAMA pedidos	93,890
Terminales con enrutamiento fino y acceso DAMA enviados	64,000
Envíos de equipos con 3 años de Garantía	2.3%

Todos los réditos del servicio \$5.46 mil millones.

DAMA y DAMA, Réditos del hardware \$964.0 millones.

El mercado de datos ha sido disputado sobre todo por los sistemas de red Hughes (con sus sistemas de *Hughes Net* HN7000S, de HN7700S y de HX), redes basadas en los satélites de Gilat (con su producto de *SkyEdge II*), *ViaSat* (con los sistemas de *LinkStar* y de *SurfBeam*), *iDirect* (con el & del *iNFINITI*; La evolución) y varias estándar-basaron a los vendedores de sistema de DVB-RCS que incluyen *AdvantechSatnet*, grupo del STM, *NanoTronix* y el espacio de *ThalesAlenia*. Se incluyen a estos otros grandes competidores como NEC y AT&T *Tridomel* mercado. La figura 2.28 muestra el histórico de ventas del mercado mundial de datos en 2008:

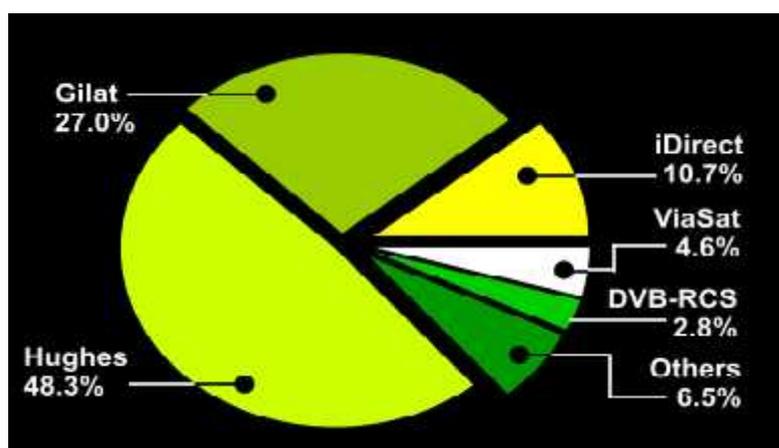


Figura 2. 28Historico de ventas del mercado mundial de datos del 2008

Fuente: [www.comsys.co.uk](http://www.comsys.co.uk)

## 2.12. Redes de última generación.

Estas redes son variantes son propias de los fabricantes de los equipos donde, simplificando, se han unido distintas tecnologías como por ejemplo **TDMA/SCPC**, o se han mejorado de gran manera las tecnologías existentes, la **Deterministic TDMA**, es un ejemplo de mejoras de en tecnologías existente, diseñado para redes capaces de optimizar el ancho de banda asignado a cada estación dependiendo de sus requerimientos.

**TDMA/SCPC**, redes DAMA que durante la transmisión de datos en TDMA, donde al producirse comunicaciones orales donde se requiere sean en tiempo real y evitar el efecto de latencia, son capaces de operar en SCPC. También estas redes ya probadas incorporan funcionalidades de valor agregado como prioridad, enrutamiento (*routing*), compresión, etc.

Existen aplicaciones especiales en las que los usuarios de distintos satélites requieren del uso de dos o más satélites para dar servicio y facilitar la conectividad a sus estaciones, un planificado sistema permite cumplir con mencionado requerimiento, reduciendo el costo necesario en comparación con cualquier red actual.

Una solución clásica en este caso duplicaría los equipos activos en la estación central, por tanto requiere también más gastos en materiales y mano de obra para instalación y mantenimiento.

La figura 2.29 se muestra la aplicación de este sistema con un solo Hub y dos antenas es capaz de comunicar nodos situados en hemisferios distantes:

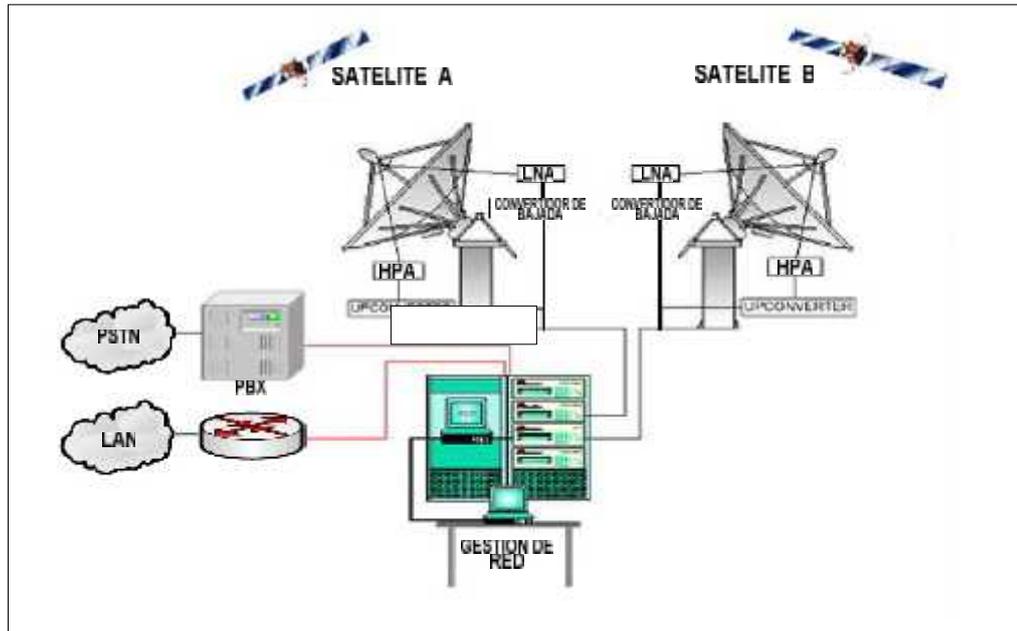


Figura 2. 29Aplicaciones INSA.  
Fuente: www.Insa.es.

Esta solución se puede aplicar hasta cinco satélites y con distintos transpondedores.

### 2.13. Factores que se deben considerar en una solución vía satélite.

Cada red de satélites es única y la elección correcta depende de tres factores claves:

- La aplicación específica
- La geografía de la red
- El volumen de tráfico requerido

Factores que pueden ayudarle a determinar la mejor respuesta posible a medida para la creación de redes de su organización y necesidades de comunicación.

#### 2.13.1. Temporada de Eclipses.

La temporada de eclipses entre el Sol, el satélite artificial y la Tierra afecta las transmisiones de información específicamente a los satélites geoestacionarios.

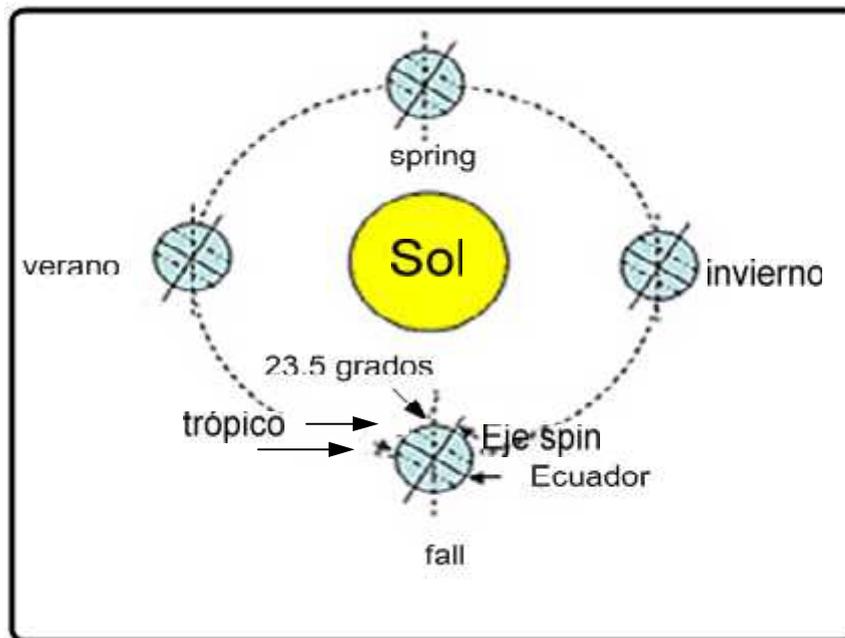


Figura 2. 30 Estaciones del Hemisferio Norte  
Fuente: www.Intelsat.com

El eje de rotación de la Tierra está inclinado 23.5 grados de la perpendicular de su órbita. El Ecuador está inclinado en el mismo 23.5 grados de la perpendicular de la órbita de la Tierra también. A medida que la Tierra viaja alrededor del Sol, el eje de rotación en realidad se queda señalado en el mismo celeste en la localización de la Estrella del Norte. Y a causa de la inclinación del eje de rotación, y que la Tierra viaja alrededor del Sol, el Sol parece viajar por toda la Tierra la creación de las estaciones con la luz del día más largo en el verano y menos horas de luz en el invierno. Los puntos altos y bajos de "viaje" este sol son el Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio.

Los satélites se basan en dos paneles de energía de fuentes solares, que convierten la energía solar en energía eléctrica para hacer funcionar el satélite, y baterías, ya que cuando los paneles solares pueden no el poder del satélite. Los paneles solares también cargan las baterías cada vez que lo necesite.

Satélites viajan sobre el ecuador de la Tierra a aproximadamente 22.300 millas (36.000 kilómetros). Por lo tanto, también viajan en el mismo grado de inclinación 23.5. A medida que el Sol alcanza el equinoccio de dos temporadas, de otoño y primavera, los satélites y sus paneles solares están bloqueados de Sol por la Tierra. Durante estos eventos, el satélite debe apoyarse en sus

baterías para funcionar hasta que los paneles solares están más expuestos al Sol. El momento en que el satélite se encuentra bloqueado del Sol se llama el período de eclipse.

El eclipse comienza lentamente. Como el Sol viaja de una de las zonas tropicales hacia el ecuador, el satélite se bloquea durante un minuto o dos, en un primer momento. Poco a poco el eclipse aumenta hasta que el Sol alcanza el equinoccio de otoño o primavera, y los paneles solares del satélite se bloquean durante 72 minutos. Como el Sol continúa viajando al otro trópico, el tiempo se vuelve más y más pequeño hasta que los paneles solares están más expuestos al sol 24x7.

La temporada de Eclipse se produce dos veces al año. Para la estación de satélites mantiene, la primavera temporada de eclipse se extiende desde aproximadamente el 26 de febrero hasta el 12 o 13 de abril. La temporada de eclipse se extiende desde aproximadamente 30 o 31 de agosto hasta el 15 de octubre. Para los satélites de órbita inclinada, el eclipse comience la temporada y termina un poco antes, dependiendo de la inclinación del satélite.

Los satélites son diseñados y construidos con un porcentaje adicional de capacidad de la batería que va a ser necesaria cuando el satélite se encuentra a plena carga. Esto es para asegurar que el satélite puede funcionar y seguir prestando servicio a nuestros clientes, incluso cuando la energía de la batería se degrada con el tiempo.

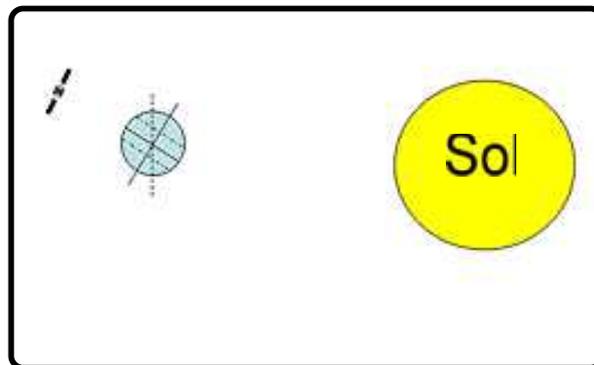


Figura 2. 31 Satélite Expuesto al Sol  
Fuente: [www.Intelsat.com](http://www.Intelsat.com)

Un Grupo de Ingeniería supervisa cuidadosamente todos los satélites y los parámetros de rendimiento, mucho antes de un evento eclipse. Esto es para

asegurar que las baterías se pueden manejar la carga eléctrica necesaria por satélite durante el evento total del eclipse y satisfacer a sus requerimientos de carga.

Haciendo uso de experiencia, y dependiendo de la condición de las baterías en el satélite, es posible desactivar ya sea sus servicios o hardware de vuelo que afectan en el satélite, mientras dure el eclipse y así poder suministrar un margen adicional de potencia de reserva. Después de que el satélite regrese alrededor de la Tierra y los paneles solares sean expuestos al sol nuevamente, vuelven a activar el hardware, así como iniciar la carga de la batería. Estos procedimientos son necesarios para asegurar los servicios a sus clientes permanezcan a tiempo completo.

### **2.13.2. Efectos en comunicaciones satelitales.**

Hay muchos factores que causan serios efectos dentro de las comunicaciones satelitales, tales como la temperatura ya sea ocasionada por el sol o por la radiación infrarroja que la tierra emite en la reflexión de los rayos solares sobre su superficie que afecta directamente a los materiales con los que está fabricado un satélite, por ejemplo las celdas solares trabajan más eficientemente entre  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , las baterías lo hacen bien entre  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los tanques de combustible entre  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Otro efecto es el vacío ya que a la altura de un satélite geoestacionario la presión atmosférica es casi cero, resulta que se produce una lenta sublimación de los materiales del satélite. Los átomos de la superficie se evaporan al ser expuestos al alto vacío y el efecto aumenta en los materiales que están expuestos a altas temperaturas. De esto se puede concluir que la construcción de un satélite requiere de mucho ingenio para evitar todos los problemas que se presentan en la órbita, Los satélites están expuestos también a distintas fuentes de radiación y que los niveles que reciben dependen de los tipos de órbita.

Por último podemos decir que un punto a favor con este tema del vacío es que no se produce corrosión en el satélite, debido justamente a la ausencia casi total de oxígeno. El caso es distinto para los satélites de órbita baja, los cuales deben ser recubiertos con materiales especiales para evitar la corrosión.

### **2.13.3. Efectos del clima terrestre en una transmisión satelital.**

Tal como muestra la figura 2.32 el agua de lluvia y las nubes afectan al servicio entre el satélite y la estación terrena disminuyendo la fuerza de la señal, como la lluvia llega a ser más pesada y las nubes llegan a ser más densas se incrementa la atenuación atmosférica, también otro fenómeno de consideración es la acumulación de hielo en la superficie del reflector de antena afectando la comunicación entre el satélite y la estación terrena.

Las antenas situadas en áreas donde exista el riesgo de acumulación de hielo requieren de equipos con sistema anti-escarcha.

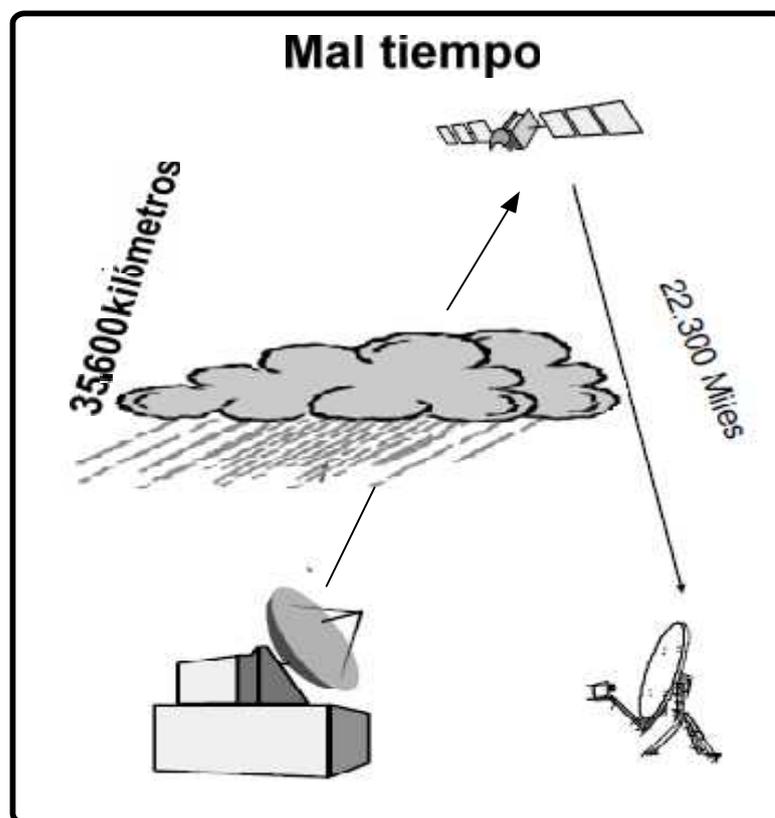


Figura 2. 32Efectos en comunicaciones satelitales.  
Fuente: cortesía ISEYCO C.A.

#### 2.13.4. Retardo de la señal.

En la transmisión de la señal desde una estación terrena hacia el satélite y desde el satélite hacia la estación terrena se llama un salto, en radiofrecuencia para objetivos de cálculo la velocidad de propagación de ondas se la realiza a la velocidad de la luz (36.000Km/s).

Puesto que un satélite geoestacionario está situado en una altitud sobre de 22.300 millas (35.600 kilómetros), hay un retardo significativo de la señal para el salto, que se refiere como retardo de propagación, el retardo de propagación para un salto es entre 230 y 270 ms, dependiendo de la localización de cada estación terrena dentro de la huella del satélite.

### **2.13.5. Análisis de Enlace.**

La definición de una transmisión vía satélite se puede resumir como la entrega exitosa de la información de una parte de la Tierra a otro con un repetidor de satélite en el espacio.

Un análisis de los vínculos (también conocido como un presupuesto de enlace) es un modelo matemático teórico de cómo un circuito por satélite debería funcionar. Se compone de valores conocidos y desconocidos que deben asumir. Obviamente, un análisis de enlaces es tan bueno como la información utilizada en el proceso de análisis. Es por esta razón que tanto los ingenieros de proveedores y los usuarios debe tener una comprensión completa de los elementos que intervienen para modelar adecuadamente un servicio propuesto. Para empezar, uno debe estar familiarizado con los elementos. Un circuito por satélite es complejo y compuesto de muchas partes, incluye:

- Una antena transmisora del satélite
- Un amplificador de alta potencia (HPA)
- Un receptor de satélite
- Una transpondedor de ajuste de ganancia
- Un transpondedor HPA
- Una antena receptora de estación terrena, y
- Un convertidor LowNoise Block (LNB).

Cada parte debe ser establecida por las especificaciones recomendadas, y dentro de los límites de su funcionamiento, para garantizar el cumplimiento

total del circuito y la transmisión de la información sea óptima. La siguiente información de los usuarios es necesaria para garantizar un análisis de vínculos exactos:

- Solicitada por satélite y el transpondedor
- Enlace descendente tamaño de la antena, ubicación
- Enlace ascendente de la antena, el tamaño de HPA, y la ubicación

También es necesario para el análisis preciso de enlace los parámetros de la portadora, que incluyen:

- Velocidad de datos de información,
- Modulación: QPSK, 8PSK, 16QAM, etc.,
- Forward Error Correction (FEC): 1 / 2, 2 / 3, 3.4, 5.6, 7.8, etc.,
- Ultraterrestre (fuera de la atmósfera terrestre) con esquemas de codificación, como Reed-Solomon o DVB otros incluyendo o **DVB-S2**, y
- Operativo aceptable  $EB / n$  Umbral.

Hay información, como la futura carga del transpondedor, interferencias de satélites adyacentes (ASI), etc. para lo cual los valores precisos no se conocen exactamente, ya que son dinámicos y cambian con el tiempo. El reto es captar una suposición razonable de un valor aceptable. Uno de los dos caminos que se persigue es suponer la peor condición posible que el enlace podría enfrentar. Este "peor escenario" asegura un análisis el cual el circuito trabaje en las peores condiciones posibles. Sin embargo, el costo para un usuario (y posiblemente innecesaria) podría ser económicamente desventajoso.

El camino más pragmático para tomar es proporcionar un escenario más sensibles a la economía, y más realista, valor que se tomó nota y / o acordados de antemano. Por ello, el ingeniero de la creación del análisis de enlaces debe entender la necesidad y el uso del circuito propuesto. Hay muchas maneras de realizar un análisis de enlaces. Es preferible comenzar con los factores relacionados con la recepción de la estación terrena. Los parámetros de la portadora se consideran a continuación. Esto determina la configuración óptima para el ancho de banda del transpondedor sea igual a necesario para el circuito. Entonces, el trabajo continúa hacia atrás para determinar la transmisión óptima de la antena y el tamaño del amplificador de alta potencia (HPA) necesario para

transmitir la información al satélite y de vuelta a la recepción de la estación terrena.

Citamos un ejemplo de Intelsat Salvo solicitud en contrario, lo normal para la asunción de disponibilidad anual de la banda Ku es 99,6% y para la banda C es 99,96%.

Al referirse a los servicios de equilibrado, un medio del ancho de banda del transpondedor necesario es igual a la potencia del transpondedor necesario para hacer un circuito exitoso. Sin embargo, hay otras circunstancias que no pueden hacer esto posible. En un caso en que un usuario tiene una limitación de transmitir HPA de 75 vatios, la compañía necesita menos energía que ancho de banda para mantener la transmisión de la estación terrena HPA (potencia menor que 75 vatios).

#### **2.13.6. Estación de Mantenimiento de Satélites.**

Por razones operativas, los satélites de clase mundial llevan a que los equipos se esfuercen por mantener sus satélites dentro de un "cuadro operativo" de 0,05 grados - más o menos - en sentido horizontal y verticalmente desde la ubicación que tienen autorización para funcionar (también conocido como Este / Oeste y Norte / Sur de viaje o de mantenimiento de la estación).

Por ejemplo, si se nos permite operar un satélite en el 123 ° Longitud Oeste sobre el Ecuador, el satélite se considera estación de cuidado, mientras que el satélite "deriva" dentro de 122,95 ° Oeste a 123,05 ° Oeste para horizontal y más / menos 0,05 grados norte y el sur de viajes verticalmente desde el Ecuador en un periodo de 24 horas, sin embargo, muchos factores afectan la velocidad de un satélite, como el viento solar y los campos gravitatorios de la Tierra, la Luna y el Sol. Cada uno de estos factores puede acelerar o retrasar un satélite en función de que el eje de la fuerza y la dirección se aplican al satélite.

Para contrarrestar estas fuerzas no deseadas, los ingenieros en principio diseñaron sistemas pequeños de hélice colocados a bordo del satélite con propósito de mantenimiento. Estos sistemas de hélice se han incorporado en los despidos para garantizar que los satélites pueden ser controlados en todo momento. Estos sistemas pueden ser bi-propelente (bi-prop o combustible

químico) o sistemas de propulsión de iones de xenón (XIPS - se pronuncia "cremallera" o para la propulsión de iones).

Para mantener un satélite en sus parámetros operativos de vuelo los fabricantes monitorean el patrón de viaje de los satélites en su posición orbital. Esto se conoce como datos de efemérides , que son públicos y permiten a los usuarios que usan antenas realizar el seguimiento de sus satélites. Dinámica de Vuelo también predice cuándo y cuánto tiempo una estación de mantenimiento necesita una maniobra para mantener el satélite en su órbita asignada.

### **2.13.7. Interferencia Satelital dom.**

Los satélites geoestacionarios están estacionados en aproximadamente 22.300 millas (36.000 kilómetros) de la Tierra y situado directamente sobre el ecuador. Teniendo en cuenta que el ecuador se compensa con 22,5 grados, el sol se alinea directamente con los satélites y las estaciones terrenas receptoras en dos ocasiones al año, una en primavera y otra en otoño tal como se muestra en la figura 2.33 a, este evento se llama un corte de Sol, y también se conoce como desvanecimiento del Sol o el tránsito dom.

El calor emitido por el Sol es una intensa fuente de ruido radiado en todas las frecuencias, incluyendo la gama de frecuencias de comunicación utilizada por satélites. Este ruido se denomina **ruido térmico**. Cuando el Sol y el ruido térmico se alinean perfectamente con un satélite y la antena que recibe la señal en la Tierra(línea de vista), aparece **ruido de fondo**, como se señala en la figura 2.33 b por la estación receptora terrestre, ruido bastante significativo que se eleva por encima de la portadora de señal satelital y causa una pérdida temporal de la recepción.

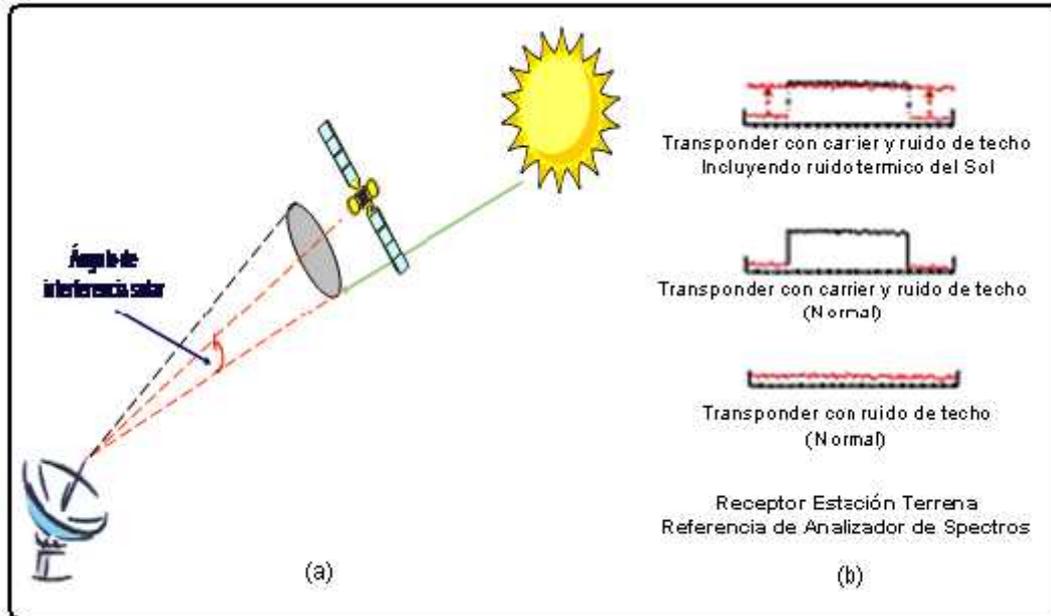


Figura 2. 33El ruido térmico *dom* domina el de la señal proveniente del satélite.  
Fuente: www.Intelsat.com

Un corte de sol ocurre debido a que la estación terrena no puede distinguir entre la energía del Sol y su señal de comunicación. Esto es similar a cuando uno está escuchando a una persona que habla inmediatamente y de repente un fuerte ruido ahoga la voz de la persona que habla, de manera que todo lo que se puede escuchar es que el ruido fuerte, hasta que el ruido o se detiene o se mueve suficientemente lejos como para escuchar de nuevo la voz de la persona que habla.

La duración de la interferencia solar depende de la ubicación de recepción de la antena en la Tierra, posición orbital del satélite sobre el Ecuador, el tamaño de la antena de recepción y la frecuencia de recepción. Estos **cortes dom** ocasionan una pérdida de señal de sólo unos minutos. Los cortes comienzan cuando el Sol está muy cerca de la alineación con el satélite y la estación terrena.

La energía térmica del sol es lo suficientemente fuerte como para interferir temporalmente la señal del satélite y causar una interrupción cuando se acerca la alineación directa. Cada día el Sol se mueve hacia el norte, la alineación del Sol con el satélite y la estación terrena se mueven muy ligeramente. Cuando el sol se vuelve más alineado con el satélite y la estación

terrena, aumenta la duración del corte. La interferencia disminuye gradualmente a medida que el sol comienza a moverse fuera de la alineación de la estación de satélite y de la tierra, hasta que ya no es un factor de interferencia hasta la temporada siguiente, cuando el sol comienza hacia el sur (hemisferio norte en otoño).

Teniendo en cuenta que todos los satélites geoestacionarios son en el mismo plano geográfico, el ecuador y en órbita a la misma distancia, 22.300 millas o kilómetros 36,000, el corte de sol se aplicará a cada antena en un lugar determinado. Por ejemplo, si hay cuatro antenas en busca de cuatro satélites diferentes (suponiendo que los platos son del mismo tamaño y la recepción de la misma frecuencia), el corte de energía solar viajará a través de los cuatro satélites y las antenas en esa ubicación en el mismo día. Los cuatro eventos se suceden en diferentes momentos del día para cada satélite, como la rotación de la Tierra crea la alineación.

La duración de la interrupción es inversamente proporcional al tamaño y la frecuencia del satélite recibida por el plato. Cuanto más grande sea la antena, más corta será la duración e intensidad de la interrupción. Del mismo modo, cuanto menor sea el plato, la duración y gran intensidad.

Por ejemplo, en banda C, 3.8 metros de diámetro de la antena receptora ubicada en Toronto, Ontario, Canadá, recibiendo del satélite de Intelsat galaxia 16 se pronosticó que tendría las siguientes interrupciones para la **primavera de 2010**, mostrado en la tabla 2.2

Tabla 2. 2Interferencia en primavera

Fecha	(UTC)	Duración
01 de marzo 2010	18:55	5 minutos
02 de marzo 2010	18:53	7 minutos
03 de marzo 2010	18:53	8 minutos
04 de marzo 2010	18:53	7 minutos
05 de marzo 2010	18:54	4 minutos

Fuente: www. Intelsat.com

Utilizando el mismo ejemplo, cuando aumenta el tamaño del plato a 9 metros, el tiempo de interrupción disminuye en número de días, según tabla 2.3

Tabla 2. 3Interferencia en primavera

Fecha	(UTC)	Duración
02 de marzo 2010	18:55	4 minutos
03 de marzo 2010	18:55	4 minutos
04 de marzo 2010	18:55	3 minutos

Fuente: www. Intelsat.com

Utilizando el mismo plato de 3,8 metros y la frecuencia de banda C se señaló anteriormente, la interferencia solar en Los Ángeles se observa en la tabla 2.4. La interferencia se inicia cuatro días más tarde que en su momento a Los Ángeles fue inferior a la latitud de Toronto, pero la duración de corte muy similar.

Tabla 2. 4Interferencia en primavera

Fecha	(UTC)	Duración
04 de marzo 2010	18:34	5 minutos
05 de marzo 2010	18:33	7 minutos
06 de marzo 2010	18:32	8 minutos
07 de marzo 2010	18:32	7 minutos
08 de marzo 2010	18:33	4 minutos

Fuente: www. Intelsat.com

Una de las muchas herramientas valiosas es [MyIntelsat](#) , empresa cliente de la extranet, incluye una aplicación dom fácil calculadora de interferencias.

De los cientos de satélites lanzado con éxito en los últimos 5 años, sólo un puñado han sucumbido a cualquier forma de los llamados "clima solar", los satélites han sido diseñados y construidos para resistir.El estudio del clima solar está en curso y los operadores están en constante supervisión de las actividades del sol y la mejora de su capacidad para responder al impacto de los eventos solares.

Los operadores de satélites en torno a cuatro elementos del clima solar que pueden afectar las comunicaciones por satélite: el viento solar, los agujeros coronales, eyecciones de masa coronal (CME) y las llamaradas solares.

El viento solar es constante sino que varía en intensidad, mientras que los otros tres fenómenos solares aparecen y desaparecen. El objetivo en términos de la infraestructura espacial ha sido identificar y combatir eficazmente los trastornos del sol en los enlaces, a esto se ha llamada (SEUS), que sucede cada vez que el rendimiento de uno o más componentes de la sonda cambia abruptamente sin previo aviso.

**SEU no son susceptibles** de ser causados por el viento solar que es relativamente baja en energía y rara vez penetra en las capas exteriores o protectora de la piel de una nave espacial. En cambio, las llamaradas solares, CME y agujeros de la corona, su impacto de gran alcance a menudo se extiende más allá de la órbita de Marte pudiendo ser molesto.

Cuando estallan las tormentas solares, que pueden bombardear un satélite, las partículas aumentan la cantidad de carga en las superficies de una nave espacial. Cuando las CME se producen en la corona del Sol o de la atmósfera exterior, por ejemplo, una enorme cantidad de energía de plasma y magnética es emitida.

Las explosiones enormes y muy visibles en el Sol son conocidas como erupciones solares, la forma más extrema son las tormentas solares. Estas descargan grandes cantidades de radiación y una nube muy cargada de protones en particular. Observaciones de rayos X proporcionan una alerta temprana importante para los astronautas en órbita.

Debido a esto, el CME puede en realidad **no impactar al satélite**. Cuando una CME impacta en la tierra, el campo magnético de la Tierra se comprime en un lado y se extiende por el otro. Esto puede resultar en deslumbrantes auroras en los polos, por ejemplo. Afortunadamente, la mayoría de las CMEs sólo duran tres días o menos.

Por suerte, el sol es bastante predecible en este sentido, y la actividad de manchas solares se lleva a cabo en ciclos de 11 años con el máximo o intensa etapa más dura aproximadamente 2 años, y la etapa intensa que dura por lo menos unos 5 años. Desde 2006, se ha presentado el período de menor actividad de los principales fenómenos meteorológicos solar en la historia reciente. En otras palabras, el sol ha estado muy tranquilo últimamente.

Hacer frente a las descargas electrostáticas del sol que potencialmente puede interrumpir los servicios por satélite forman parte de la realidad cotidiana del mundo vía satélite. La pérdida de la energía solar no es un problema grave que perder el control total y el mando de un satélite como consecuencia del tiempo solar es el efecto más grave.

Los paneles solares de los satélites son los componentes más afectados, y las tasas normales de la erosión de los paneles solares son por lo general un 0,3% a 1% por año. Una tormenta solar puede reducir el rendimiento del panel solar en un 3% a 5% en un día, pero dado que este fenómeno es bien conocido, los fabricantes de naves espaciales aumentan las tolerancias de diseño, y adjuntan más de lo necesario de paneles solares para satélites a fin de que las pérdidas durante las tormentas solares previstas.

El cuerpo de un satélite de comunicaciones, que contiene el control de vitales y componentes de comunicación, está especialmente adaptado con materiales especiales, así como medidas activas y pasivas con el fin de ser altamente resistente. La llamada "jaula de Faraday" protege a los equipos internos del satélite de las señales externas cargadas eléctricamente. Partículas de energía descargada por el sol rápidamente pierden fuerza a medida que pasan a través de las múltiples capas del cuerpo de una nave espacial o el **autobús** también. Allí, se encuentran con una serie de divisores de circuito especialmente diseñado, compartimentos individuales, y otros elementos estructurales únicos que actúan como barreras.

El carácter perturbador de clima solar impacta mucho más que las operaciones de satélites, y afecta negativamente a la energía terrestre y las redes de comunicaciones. Por estas y otras razones, una cantidad considerable de mano de obra y el dinero se ha dedicado a monitorear la actividad del sol, y más investigación de los fenómenos solares, en general, se planea en el futuro. Entre otras cosas, uno de los beneficios ha sido una constante mejora en nuestra capacidad para detectar rápidamente y seguimiento de estos fenómenos solares mediante la observación de gran alcance y sistemas de detección tanto en tierra como en el espacio.

La NASA, la Administración Oceánica Nacional de EE.UU. y de la Administración Atmosférica y el Departamento de Defensa de EE.UU. supervisan la mayor parte de esta actividad. Por ejemplo, además de gemelos de la NASA Relaciones Solares y Terrestres (STEREO), el *Air Force Research Laboratory* puso hace varios años en marcha la predicción de interrupción de Comunicación / Navegación (C / NOFS) esto para determinar irregularidades

ionosféricas causadas por el sol que inciden negativamente en satélites causando impacto en la comunicación y sistemas de navegación. El espacio y las mediciones en tierra se han adoptado para ayudar a determinar cómo el plasma de las irregularidades afecta a la propagación de las ondas electromagnéticas, entre otras cosas.

Los Satélites dependen del sol, y operadores de satélites han ido desarrollado herramientas y técnicas que les permitan garantizar la integridad operativa de todos los satélites en los escenarios de todas las formas de clima solar. Mientras que el rendimiento por satélite y el diseño mejoran cada vez más gracias a la planificación adecuada del diseño y la ejecución, la tasa de supervivencia de los satélites es bastante notable.

### **2.13.9. Compresión Digital.**

El primer uso de circuitos digitales para la comunicación fue para aplicaciones de telefonía. Un circuito telefónico sin comprimir compuesto por un circuito de 64 kbps. estándares digitales se desarrollaron para combinar los circuitos de telefonía:

- Veinte y cuatro circuitos de 64 kbps se convirtió en un circuito de 1.544 Kbps (o Standard T-1 de los Estados del Norte Estados Unidos)
- Treinta y dos de 64 kbps se convirtió en 2048 Kbps (o en Europeo E-1), y
- Digital Nivel 3 (DS-3) es igual a 44.436 Mbps.

Por nombrar algunas de las denominadas normas. **Estas normas de circuito se encuentran todavía en uso hoy en día.**

Con el desarrollo de la tecnología de compresión digital, un circuito de 64 kbps manipula más circuitos de calidad telefónica. Es decir con la tecnología avanzada actual de compresión, se puede colocar hasta ocho circuitos de telefonía dentro de un circuito de 64 kbps.

Lo mismo ocurre con los operadores de vídeo. Cuando el video digital llegó por primera vez en el escenario, el valor predeterminado de un solo canal digital por portadora (SCPC) portadora de video estaba en 8,448MBps en QPSK,  $\frac{3}{4}$  de FEC (Forward Error Correction) usando Reed Solomon (RS) 188 / 204 de la codificación. Los parámetros de la portadora convenientemente encaja en

una ranura de 9 MHz (cuando eran típicamente múltiples transpondedores de 36MHz de ancho). Hasta cuatro ranuras de 9 MHz portadora SCPC podría ser creado en un transpondedor de 36MHz. Hoy en día, un vídeo de definición estándar aceptable se puede transmitir por medio de 4 Mbps en tan sólo 4,5 MHz, o incluso algo menos.

Los clientes de uso satelital también utilizan transmisión de múltiples canales por portadora (MCPC), donde la distribución de múltiples canales puede caber en una compañía aérea de una ranura de 36MHz. La idea de colocar múltiples canales en una única compañía es una ventaja ya que permite el máximo de rendimiento (Mbps) en el transpondedor. Como beneficio adicional, todo el poder del transpondedor se maximiza en una compañía. Esto significa que la compañía puede llegar a antenas MCPC más pequeñas, cada canal de enlace ascendente forma individualmente su propio portador.

La introducción de la difusión de vídeo digital por satélite (DVB-S) estándar de hecho la transmisión digital en cualquier parte del mundo muy fácil de hacer y estableció el QPSK, FEC  $\frac{3}{4}$  y RS 188/204 de codificación digital como el método más eficiente. El uso de este método de codificación, una señal de vídeo digital se puede transmitir a la misma herencia 3.8m antenas de recepción que recibió de vídeo analógico. De hecho, el estándar DVB-S, ha sido la norma dominante de transmisión digital por 15 años-un tiempo muy largo en cuanto a tecnología.

Con la introducción de la Alta Definición (HD) de televisión, más Mbps son necesarios para cada canal. El reto es ajustar múltiples canales de alta definición en un solo transpondedor. Cuantos más canales de HD se puede colocar en un transpondedor, el más rentable es para la emisora como el costo del transpondedor se extiende a lo largo de múltiples canales-o "los flujos de ingresos", desde su perspectiva. Uso de DVB-S estándar para la transmisión de alta definición se traduce en menos canales de difusión por el portador como el uso de canales de alta definición más Mbps por canal de los canales de definición estándar.

La introducción de DVB-S2 ha dado grandes pasos otra vez utilizando los más recientes tecnologías de compresión de hoy. Esta norma relativamente nueva también permite un mayor rendimiento en el espacio mismo transpondedor de DVB-S. La pregunta surge: "¿Hay una mejor manera de maximizar el rendimiento de mi capacidad de satélite?" La respuesta es sí, y tal vez no. Utilizando las técnicas de compresión avanzadas en DVB-S2, un importante ahorro se puede lograr en ancho de banda ocupado por transpondedor.

Se puede observar que cada combinación de esquema de modulación, FEC **Forward Error Correction**, etc., requiere un mínimo  $E_b / N_0$ , para alcanzar un umbral de rendimiento, en este caso una tasa de error (**BER**) de  $1 \times 10^{-6}$ . **Usando el estándar DVB-S (QPSK, FEC  $\frac{3}{4}$  con 188/204 RS),  $E_b / N_0$  umbral para lograr una BER de  $1 \times 10^{-6}$  es de 5,9 dB**

Cuando se compara  $E_b / N_0$ , hay umbrales de algunos de los esquemas de codificación de alta DVB-S2 (Tabla), verá que los sistemas estándar DVB-S, todavía dejan mucho de la potencia disponible de transpondedores. Es importante saber que la energía adicional podría ser utilizada para recibir en antenas más pequeñas de 3,8 utilizado en el ejemplo.

Los sistemas de DVB-S2 tienen un mayor rendimiento, sin embargo, Usa más potencia el transpondedor para hacerlo. El mayor uso del estándar DVB-S2 puede prohibir el uso de antenas más pequeñas dentro de una red.

Tabla 2. 5 (Hipótesis: Galaxy C-band, CONUS 3,8 millones de enlace descendente, Disponibilidad Circuito = 99,96%)

Portador de los parámetros	Máximo rendimiento dentro de los 36 MHz	Eb / No Umbral (1x10 <sup>6</sup> )	Transpondedor margen de poder extra (dB) *
QPSK DVB-S, FEC ¾ con 188/204 RS	41.470 Mbps	5.9	7.8
DVB-S QPSK, 7 / 8 FEC con 188/204 RS	48.383 Mbps	6.8	6.1
DVB-S2 8PSK, FEC ¾	67.500 Mbps	5.6	5.8
DVB-S2 8PSK, 08.09 FEC	79.990 Mbps	8.3	2

Fuente: www. Intelsat.com

\* La potencia del transpondedor adicional es posterior a la disponibilidad de 99,96% se cumple.

Como puede ver en la tabla 2.5, el DVB-S2 puede agregar más de 30 por ciento de Mbps por transpondedor que el DVB-S. La información es "envasado en" más comprimida que DVB-S, pero las nuevas técnicas digitales de compresión utilizadas en DVB-S2: el Eb / No, el umbral es relativamente el mismo. Sin embargo, la cantidad de energía necesaria por transpondedor aumenta con el uso de esquemas de modulación y velocidad de datos más altas. Este factor de más Mbps por transpondedor contra el poder del transpondedor necesaria debe ser equilibrado para asegurar el uso de ancho de banda adecuado y obtener disponibilidad dentro de los márgenes deseados en el circuito sobre una base anual.

Como los usuarios demandan más capacidad y mayor rendimiento, esto obliga a que las empresas proveedores de servicio sin duda adopten normas futuras de **compresión**.

## 2.14. Industria VSAT

La industria VSAT da sus inicios en 1985 y durante todos estos años ha demostrado confianza en los servicios brindados con todos los operadores y fabricantes en el mercado, los principales agentes que participan en esta industria son:

- Proveedores de Equipo VSAT: son los fabricantes de la tecnología.
- Operadores de Satélite: son las organizaciones que rentan ancho de banda en el satélite para los proveedores de servicio.
- Proveedores de Servicio: compran equipamiento a los Proveedores de Equipo VSAT y alquilan segmento satelital de los operadores de satélite.
- Usuarios: son los que contratan servicios de comunicaciones satelitales VSAT de los proveedores de servicio.

A esta lista se podrían añadir dos más:

- Proveedores de componentes para los proveedores de Equipo VSAT: son los que proveen del equipamiento usado para ensamblar los terminales, por ejemplo: circuitos digitales, sintonizadores, fuentes AC/DC, puertos LAN, etc.
- Proveedores de equipo complementario: son los que proveen equipamiento que si bien no pertenecen a la caja VSAT, permiten que el terminal VSAT en sí, son necesarios para el equipamiento del VSAT. Por ejemplo: antenas, amplificadores *outdoor*, cables, etc.

De todos los integrantes de la industria VSAT, a continuación se verá con mayor detalle los proveedores de equipos así como también los operadores de satélite en América del Sur.

## 2.15. Proveedores de equipo

En la figura 2.34 se aprecia la evolución histórica de la participación de los distintos proveedores de tecnología VSAT, durante los primeros 20 años de establecida esta industria [www24, 2012].

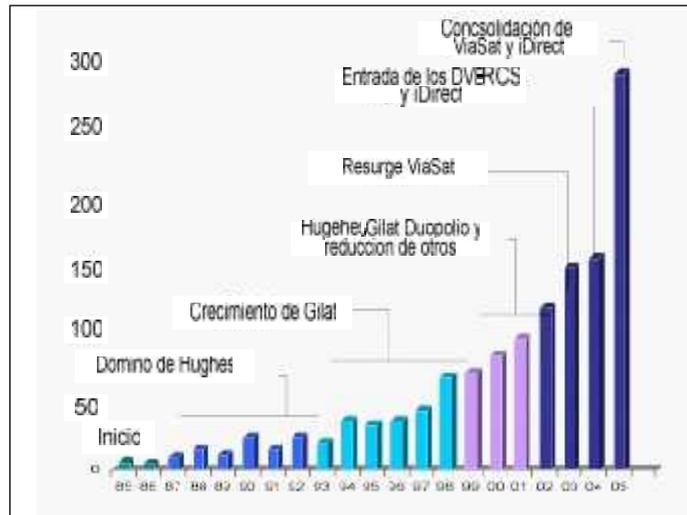


Figura 2. 34 Proveedores de tecnología VSAT durante los primeros 20 años  
Fuente: Comsys UK. Información actualizada al 2005

En el eje Y se encuentra el volumen de equipos VSAT vendidos de forma acumulada por todos los proveedores equipo, pudiéndose apreciar que durante los primeros 20 años se han despachado alrededor de 1.3 millones de equipos alrededor del mundo, y en la actualidad se llevan más de 2 millones de unidades vendidas.

Las empresas Hughes y Ecuatorial empezaron a comercializar sistemas VSAT en el año 1985, repartiéndose en ese entonces el mercado casi de forma equitativa; 54% y 46% respectivamente. Luego aparecen nuevas compañías a disputarse el mercado VSAT, entre ellas destacaron Tridom, ViaSat y NEC. En la gráfica también se puede apreciar que entre los años 1988 y 1992 se cristaliza el dominio de Hughes, con la mitad del mercado perteneciente sólo a ellos. En esos años aparece Gilat y su presencia en el mercado crece durante los siguientes años hasta que en 1996 prácticamente iguala a Hughes.

Entre los años de 1999 y 2002, se establece un duopolio entre Gilat y Hughes que prácticamente se reparten todo el mercado entre ambas empresas. Durante ese lapso de tiempo aparece iDirect y luego el 2003 la compañía ViaSat vuelve a recuperar algo del mercado que había perdido gracias a sus contratos militares en USA. Hacia el 2004 surgen nuevas empresas que ofrecen sistemas VSAT con el estándar DVB-RCS, mientras los proveedores grandes seguían usando sus propios esquemas de acceso Inbound propietarios, lo cual ha cambiado en estos últimos años ya que la mayoría de proveedores está

trabajando con el estándar DVB-S o DVB-S2 para el Outbound y DVB-RCS para el inbound.

En la siguiente figura se puede apreciar la distribución del mercado para el año 2007. En dicha gráfica tomar en cuenta que la compañía STM compró a Nera, así que tomar el porcentaje de Nera como de STM[www24, 2012].

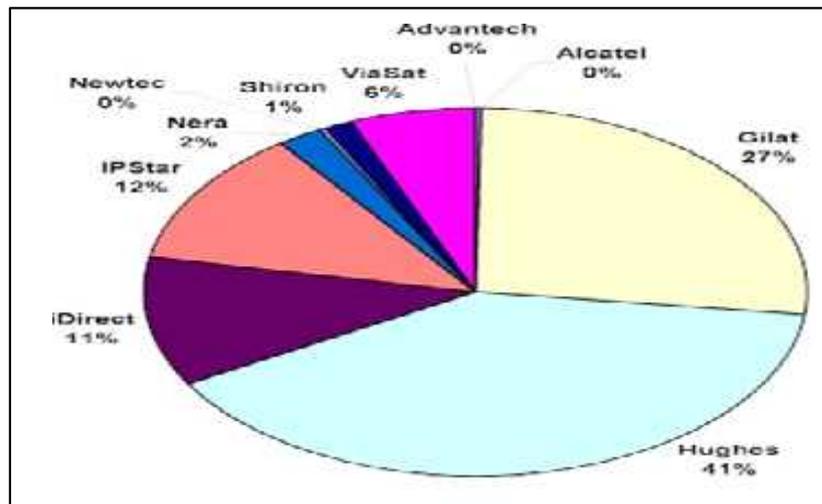


Figura 2. 35Repartición del mercado entre los proveedores de tecnología VSAT en el 2007  
Fuente: Comsys.co.uk/wvc.

## 2.16. Parámetros típicos de los equipos de una red VSAT (Equipos para VSAT y HUB).

Para diseñar e implementar una red VSAT es necesario realizar varios análisis y cumplir con determinados parámetros tanto en la utilización de frecuencias como en los equipos involucrados para la consecución de este objetivo. A continuación se muestran unas tablas con características importantes en la utilización bandas de frecuencia, antenas y amplificadores de potencia.

Tabla 2. 6 Amplificador de potencia

ITEM	HUB	VSAT
Potencia de salida	En amplificadores SSPA: 3-15W en banda Ku 5-20W en banda C En amplificadores TWT: 50-100W en banda Ku 100-200W en banda C	En amplificadores SSPA: 0.5-5W en banda Ku 3-30W en banda C
Escalones de frecuencia	100 KHz a 500 KHz	100 KHz

TabFuente: www. Intelsat.com

Tabla 2. 7 Antenas

ITEM	HUB	VSAT
Tipo de antena	Reflector doble Cassegrain	Reflector simple offset
Diámetro	2-5m en hub pequeños 5-8m en hub medio 8-10m en hub grande	1.8-3.5m en banda C 1.2-1.8m en banda Ku
Aislamiento Tx/Rx	30dB	35dB
Relación de onda estacionaria	<1.25	<1.3
Polarización	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C
Ajuste de polarización	90° grados para polarización lineal	90° grados para polarización lineal
Nivel de lóbulo secundario	25-29 dB	25-29 dB

Excursión en azimut	120°	160°
Excursión en elevación	3°-90°	3°-90°
Viento	hasta 180 Km./h	Estación en operación: 100 Km./h Soporta: hasta 210 Km./h
Deshielo	Eléctrico	Opcional

Fuente: www. Intelsat.com

Tabla 2. 8Bandas de frecuencias

ITEM	HUB	VSAT
Banda de frecuencias para transmisión	14-14.5 GHz. en banda Ku 5.925-6.425 GHz en banda C	14-14.5 GHz. en banda Ku 5.925-6.425 GHz en banda C
Banda de frecuencias para recepción	10.7-12.75 GHz. en banda Ku 3.625-4.2 GHz en banda C	10.7-12.75 GHz. en banda Ku 3.625-4.2 GHz en banda C

TabFuente: www. Intelsat.com

## 2.17. Principales proveedores de comunicaciones satelitales en América Latina.

Los principales proveedores de servicio de la industria VSAT son los siguientes:

- SpacenetInc – Gilat (Norte América)
- Spacenet Rural Communications – Gilat (America Latina)
- Starone (Brasil)
- Satlynx (Europa, África y Medio Oriente)
- HNS HUGHES (Norte América, India, Europa, Brasil y China)
- ASTRA.Sociedad Europea de Satélites (SES).
- FRANCE TELECOM.
- NASDA. Agencia de Japón Para el Desarrollo Espacial Nacional.

Dentro de los principales operadores de satélite tenemos los siguientes:

- Intelsat
- SES Global/New Skies
- Eutelsat
- Telesat
- Hispasat

Proveedores de equipos VSAT:

- Gilat Network Systems
- HNS (HUGHES)
- ViaSat
- Indirect
- DVB-RCS

Satmex es el proveedor de comunicaciones satelitales líder en América Latina que opera los satélites mexicanos Solidaridad II, Satmex 5 y Satmex 6. Su flota satelital ofrece cobertura regional y continental en las bandas C y Ku, y abarca desde el sur de Canadá hasta Argentina.

Debido a la tecnología de los satélites y al excelente soporte técnico que brinda a sus usuarios, la flota de Satmex es idónea para prestar servicios permanentes enfocados a una amplia gama de aplicaciones.

- Video:
  - Distribución de contenido a cabeceras de cable.
  - Contribución a proveedores de contenido
  - Distribución de contenido a TV abierta y servicios de radio-Broadcast
  - Televisión directa al hogar
- Interconexión de redes telefónicas y celulares
- Banda Ancha –Broadband
- Acceso al Backhaul de internet OverNet
- Servicios de Impacto Social:
  - Telefonía pública y rural

- Educación a distancia
- Telemedicina
- Redes privadas VSAT

En la actualidad Satmex cuenta con tres satélites en operación que ofrecen una cobertura local, regional y continental que se adapta a las diferentes culturas y necesidades de América:

- Satmex 5.
- Satmex 6.
- Solidaridad 2.

## **2.18. Red Satelital Satmex.**

Satmex se ha consolidado como un operador competitivo gracias a las características técnicas de sus satélites, a sus posiciones orbitales privilegiadas y al constante soporte técnico y servicio que ofrece a sus usuarios. En la actualidad, sus usuarios utilizan los servicios de Satmex en cualquier región del Continente Americano

Satmex cuenta con tres satélites en operación que ofrecen cobertura local, regional y continental: Satmex5, Satmex 6 y Solidaridad 2, éste último operando en órbita inclinada.

### **2.18.1. Satmex 5.**

En Diciembre de 1998, se puso en órbita el SATMEX 5, con una potencia eléctrica generada por los paneles solares 10 veces superior a la de los Modelos anteriores y tres veces mayor a la de los Solidaridad. Sus huellas, es decir, las zonas geográficas cubiertas difieren, dependiendo de cualquiera de las opciones de banda que ofrece.

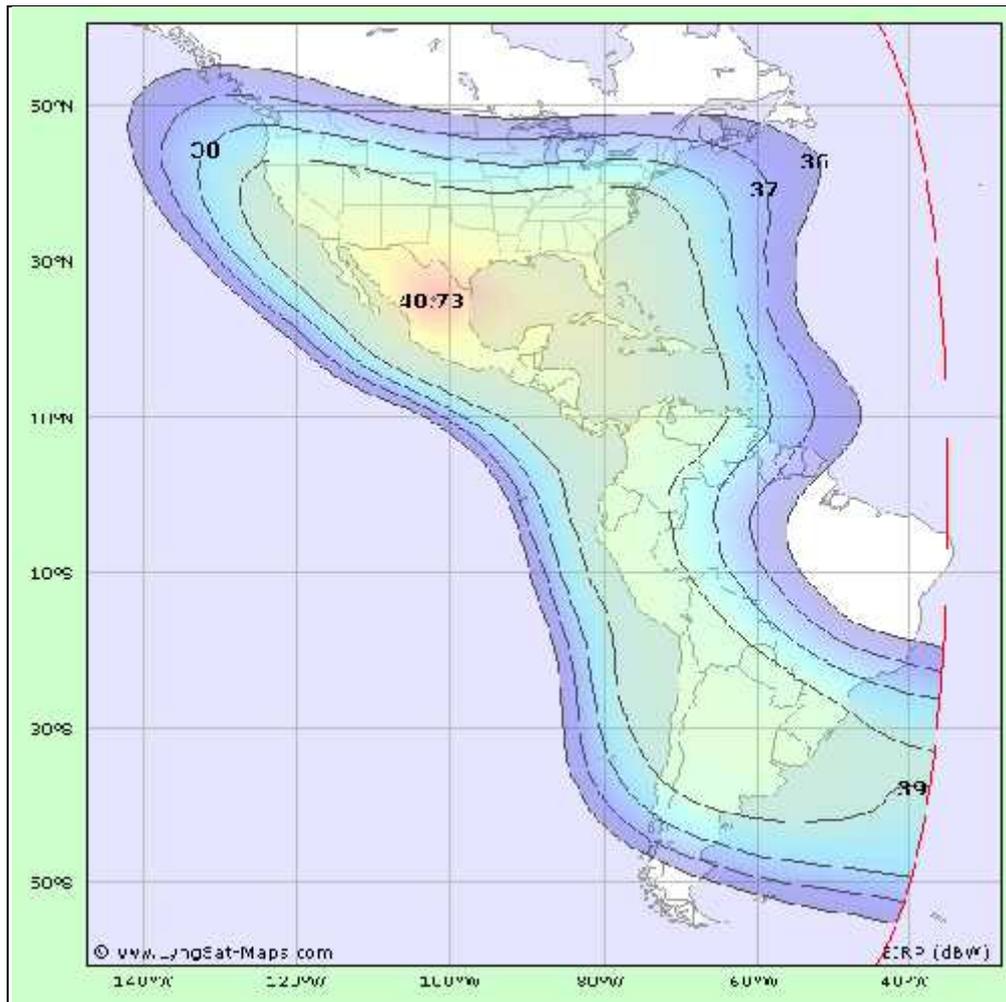


Figura 2. 36 Mapa de cobertura Satelital Satmex 5 banda C  
Fuente: www.lyngsat.com

Fabricante:	Hughes Space and Communications
Modo de estabilización:	Tri-axial
Posición orbital:	116.8°W
Fecha de lanzamiento:	Diciembre 5 de 1998
Vida útil estimada:	Más de 15 años

En la figura 2.36 Se muestra el mapa de cobertura satelital en banda C del satélite Satmex 5 para América del Sur con una carga útil de 24 transpondedores de 36 MHz Polarización lineal.

La figura 3.8 muestra el mapa de cobertura satelital en banda Ku del satélite **Satmex 5** para América del Sur con una carga útil de 24 transpondedores de 36 MHz Polarización lineal.

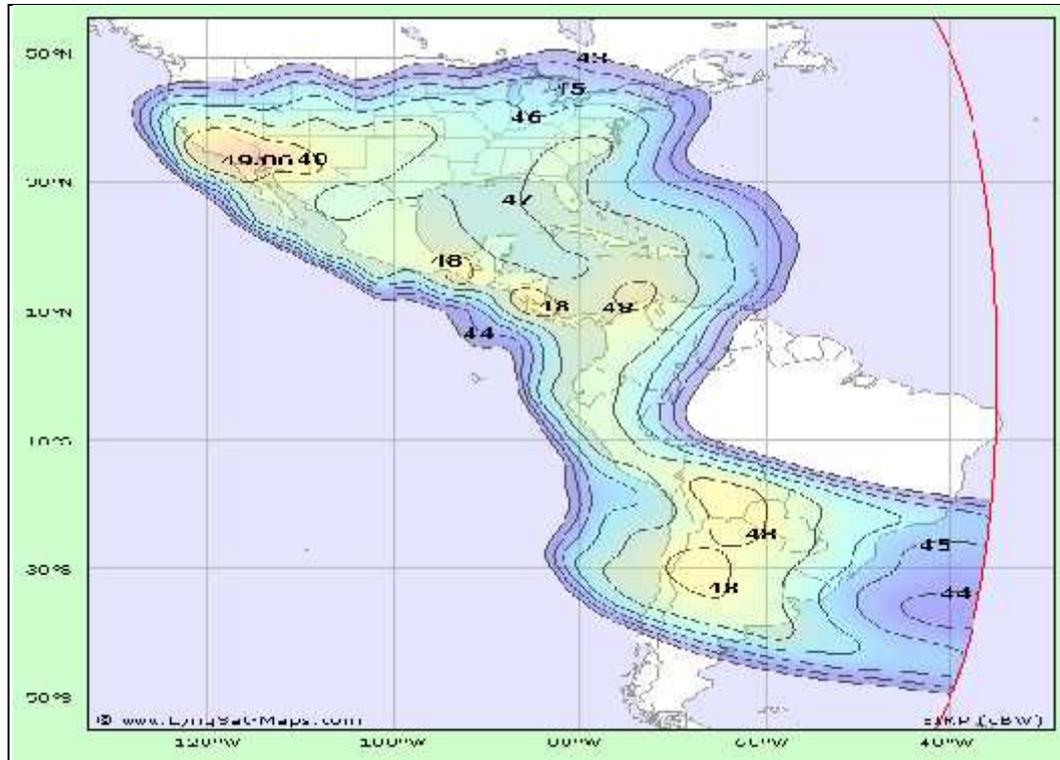


Figura 2. 37 Mapa de cobertura Satelital Satmex 5 banda Ku  
Fuente: [www.lyngsat.com](http://www.lyngsat.com)

### 2.18.2. Satmex 6.

Satmex 6 fue lanzado en mayo del 2006, es un satélite moderno modelo FS-1300X, que por su diseño ofrece grandes beneficios. Es capaz de generar 14.1 KW (BOL) con un total de 60 transpondedores que dan servicio en las bandas C y Ku con diferentes coberturas:

Banda C: Estados Unidos, Sudamérica y continental.

Las figuras muestran la cobertura del satélite Satmex 6, el cual está ubicado en la órbita 113.0° Oeste. Aquí se aprecia que se pueden instalar estaciones Vsat en gran parte de Sudamérica.

En el año 2001, Satmex obtiene la certificación ISO 9000:2000 en las direcciones de ingeniería y operación, y tráfico y operación al cliente. Esta

certificación incluye todos los centros de control y tiene un alcance de ingeniería y operación satelital, acceso y monitoreo satelital y soporte técnico al usuario.

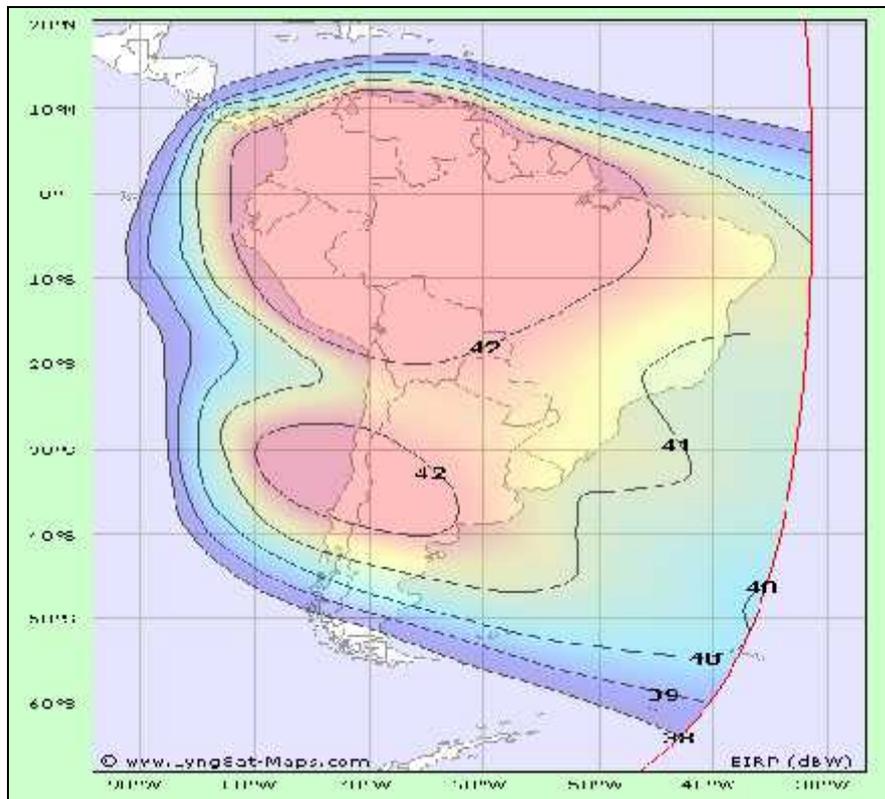


Figura 2. 38 Mapa de cobertura Satelital Satmex 6 C2 para Sudamérica.  
Fuente: [www.lyngsat.com](http://www.lyngsat.com)

Satmex 6 fue lanzado en mayo del 2006, es un satélite moderno modelo FS-1300X, que por su diseño ofrece grandes beneficios. Tiene un total de 60 transpondedores que dan servicio en las y bandas C y Ku con diferentes coberturas.

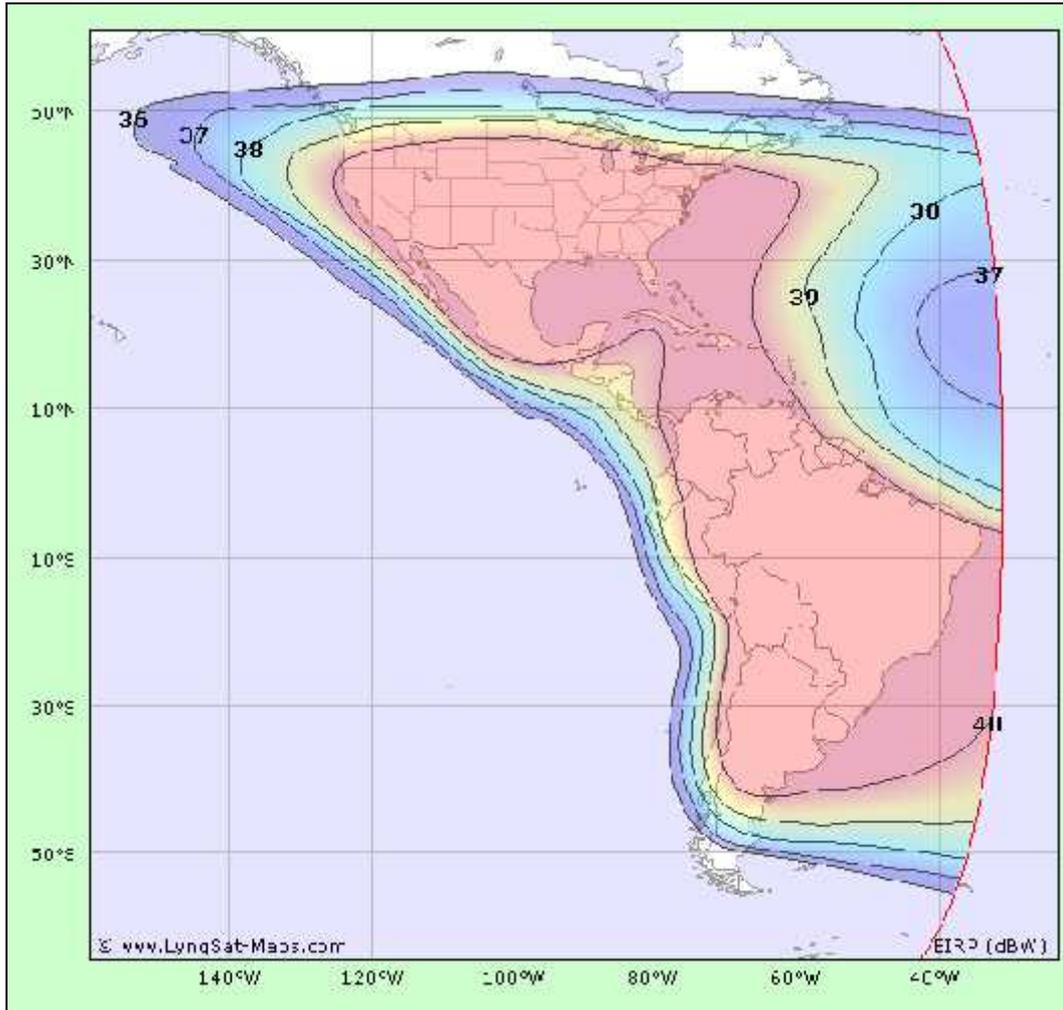


Figura 2. 39 Mapa de cobertura Satelital Satmex 6 C3 para Sudamérica.  
Fuente: www.lyngsat.com

Banda Ku: NAFTA y continental, con un haz de alta potencia sobre las principales ciudades de Sudamérica

Beneficios adicionales:

- Reducción del tamaño de antenas
- Linealizador en cada canal
- Coberturas configurables
- Alta potencia en Sudamérica y el Caribe

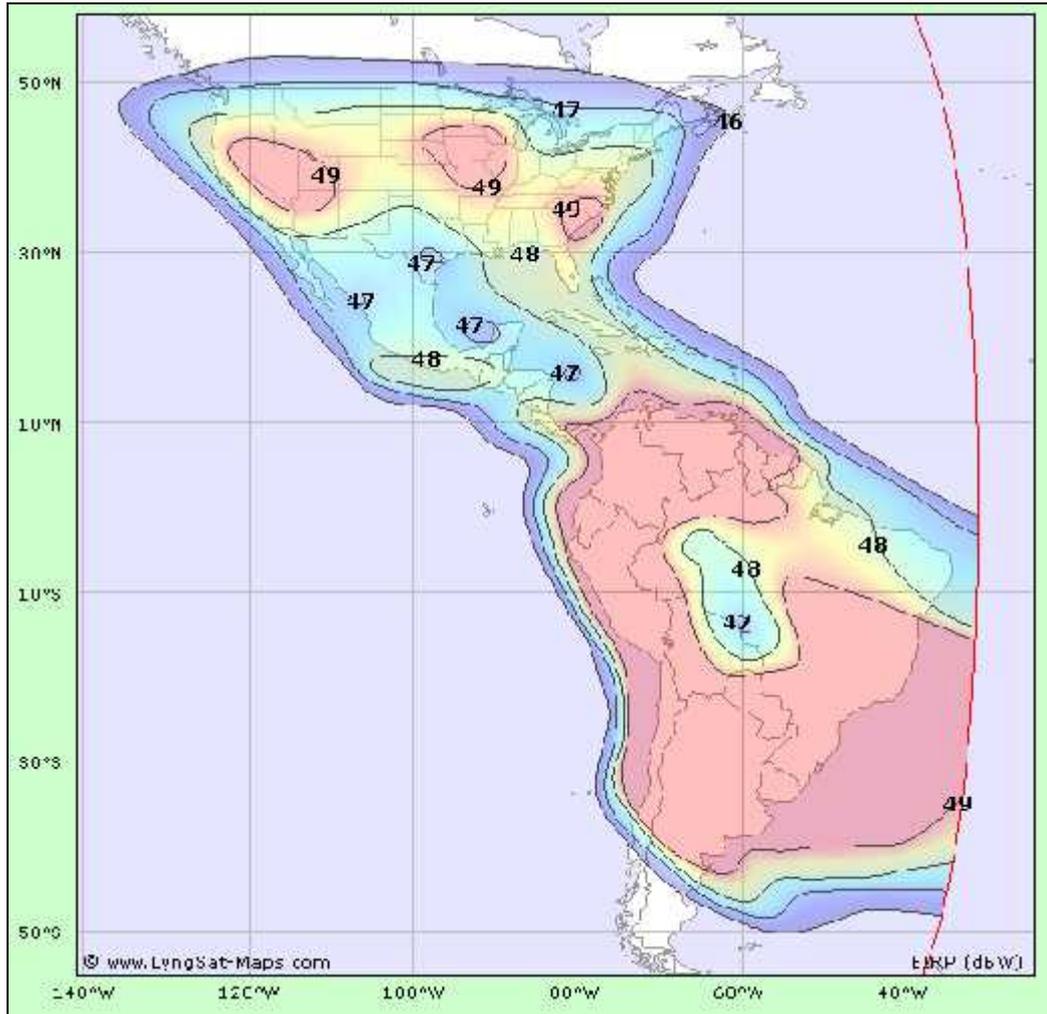


Figura 2. 40 Mapa de cobertura Satelital Satmex 6 banda Ku para Sudamérica.  
Fuente: [www.lyngsat.com](http://www.lyngsat.com)

Actualmente para brindar el servicio de internet satelital se usa los enrutadores fabricados por HughesNet y modelos [HN7000s](#) o el [HN7700s](#). Además Están disponibles también los [HN7740s](#) que tienen incorporado el sistema de VoIP. Estos productos son garantizados por Hughes y la confianza de estos se basa en su amplia cobertura internacional.

### 2.18.3. Solidaridad 2 114.9°W banda C.

A continuación en la figura 2.41 se puede apreciar la Potencia irradiada isotrópica efectiva (PIRE) del satélite Solidaridad 2 114.9°W banda C, lo cual no resulta conveniente debido al tamaño requerido de para sus antenas receptoras.

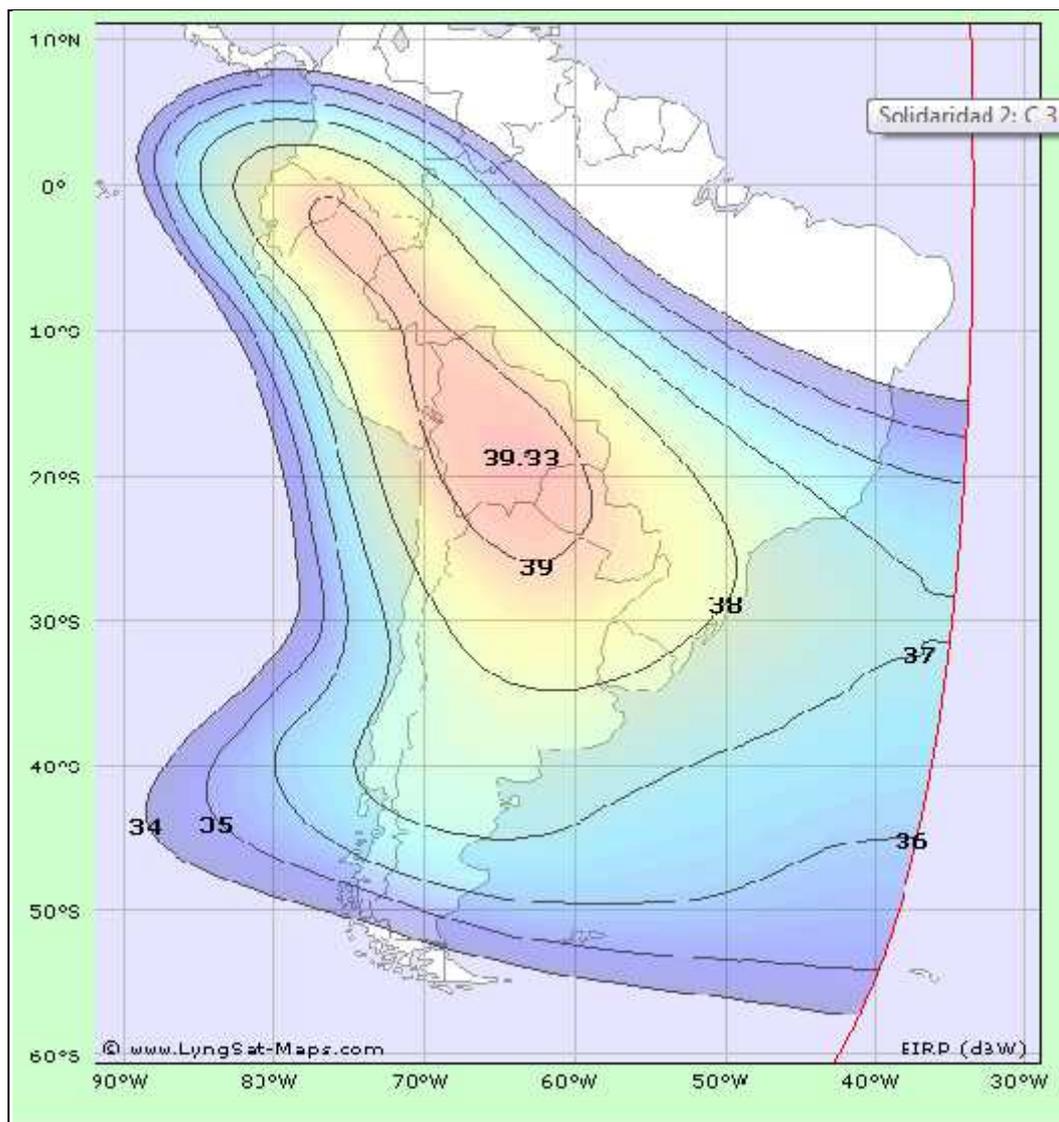


Figura 2. 41 Mapa de cobertura Satelital Solidaridad 2 banda C para Sudamérica.  
Fuente: [www.lyngsat.com](http://www.lyngsat.com)

## 2.19. Red Satelital Hispasat para Latinoamérica.

HISPASAT fue constituida en el año 1989 con la misión de convertirse en el operador de satélites de referencia para los mercados de habla hispana y portugués.

A lo largo de sus más de quince años de existencia, HISPASAT ha incorporado de manera continuada nuevos satélites de comunicaciones a su flota y ha ampliado el abanico de productos y soluciones que presta a sus clientes, desde servicios audiovisuales hasta redes de telecomunicación, Internet y servicios multimedia.

HISPASAT es uno de los sistemas de satélites que soporta un mayor número de redes VSAT en Europa con más de 40 redes y más de 6000 terminales VSAT operando en la actualidad.

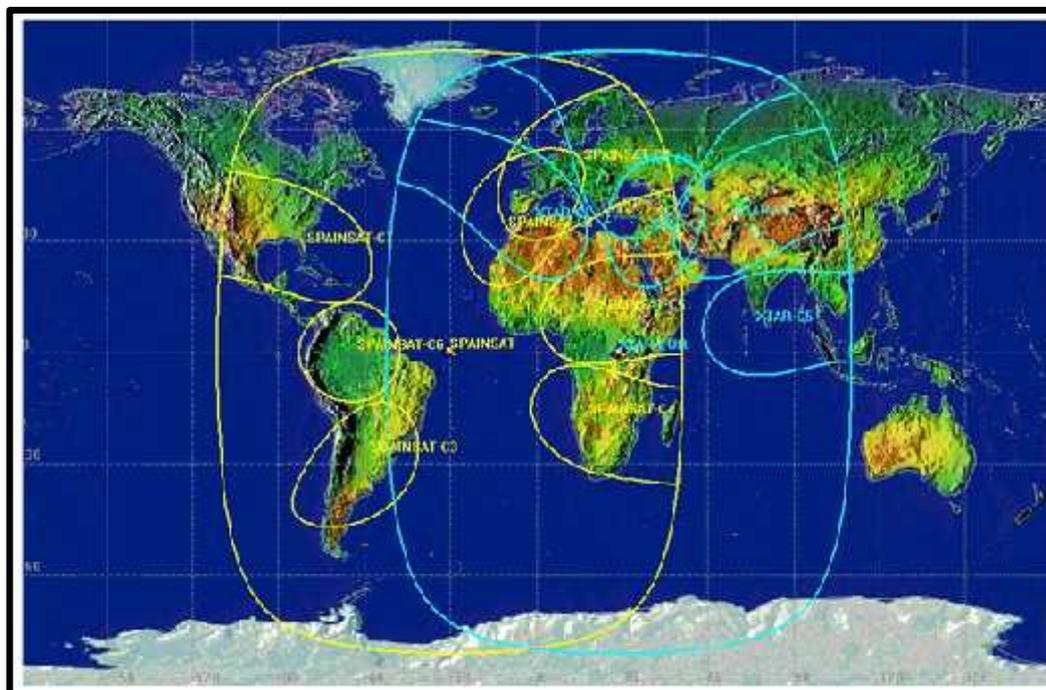


Figura 2. 42Red Satelital Intelsat.  
Fuente: [www.intelsat.com](http://www.intelsat.com)

Desde su constitución, HISPASAT ha logrado consolidarse como el operador de referencia en la distribución por satélite de cadenas de televisión y radio y en la difusión de los contenidos de plataformas de televisión digital, tanto en Europa como en América y Norte de África. Sus satélites hacen posible los servicios más avanzados de telecomunicaciones en entornos empresariales, permiten el acceso a Internet en banda ancha y el desarrollo de los nuevos servicios interactivos y multimedia asociados a la tecnología digital, como la teleformación, distribución de contenidos, vídeo y cine bajo demanda o videoconferencias de alta calidad.

En la actualidad, el sistema de comunicaciones por satélite HISPASAT incluye satélites de comunicaciones colocados en tres posiciones orbitales:

- Una posición transatlántica, 30° Oeste, en la que se ubican tres satélites, Hispasat 1C, Hispasat 1D y Spainsat;

- Una posición americana, 61° Oeste, en la que se ubica el satélite Amazonas 1, lanzado en agosto de 2004, y al que se añadirá el satélite Amazonas 2.
- Una posición oriental, 29° Este, en la que se ubica el satélite Xtar-Eur, lanzado en febrero de 2005.

El mapa de cobertura sobre el continente americano cubre desde Canadá a Tierra del Fuego. Para esta cobertura, el sistema HISPASAT cuenta con una alta capacidad en enlaces América-América, ofreciendo además a sus actuales y futuros clientes una plena conectividad entre Europa y América.

Tabla 2. 9Red Satelital Hispasat

POSICIÓN	SATÉLITE	TRANSPONDEDORES	LANZAMIENTO
30° Oeste	Hispasat 1C	24 Ku	2000
30° Oeste	Hispasat 1D	28 Ku	2002
61° Oeste	Amazonas 1	32 Ku, 19C	2004
61° Oeste	Amazonas 2	54 Ku, 10C	2009
30° Oeste	Hispasat 1E	53 Ku, Ka	Previsto diciembre 2010
-	Hispasat AG1	20 Ku, Ka*	Previsto 2012
61° Oeste	Amazonas 3	Por determinar	Por determinar
<b>A través de HISDESAT</b>			
29° Este	Xtar-Eur	12 X	2005
30° Oeste	Spainsat	13 X, Ka	2006

(\*) Con un máximo de 20 transpondedores

Fuente: [www.hispasat.com](http://www.hispasat.com)

### 2.19.1. Hispasat 1c

El satélite Hispasat 1C se ubica en la posición orbital 30° Oeste. Tiene 24 transpondedores con la capacidad de operar de manera flexible tanto en enlaces ascendentes y descendentes en Europa y en América.

Esta capacidad permite la provisión de servicios de radiodifusión directa, analógica o digital, en Europa, distribución de canales de televisión analógicos o digitales tanto en Europa como en América, y otros servicios de telecomunicaciones como redes corporativas, redes VSAT. Scada, etc, así como las más modernas aplicaciones en banda ancha.

La Capacidad Américase refiere al número de transpondedores que cubren la mayor parte del continente americano visible desde la posición orbital de 30° Oeste, desde Canadá hasta la Patagonia.

Proporciona un máximo de 12 canales, tanto en transmisión como en recepción, con un mínimo de 4 canales, de acuerdo al plan de frecuencias, en la figura 2.43 se puede apreciar la potencia irradiada isotrópica efectiva (PIRE) en Sudamérica del satélite Hispasat 1C.

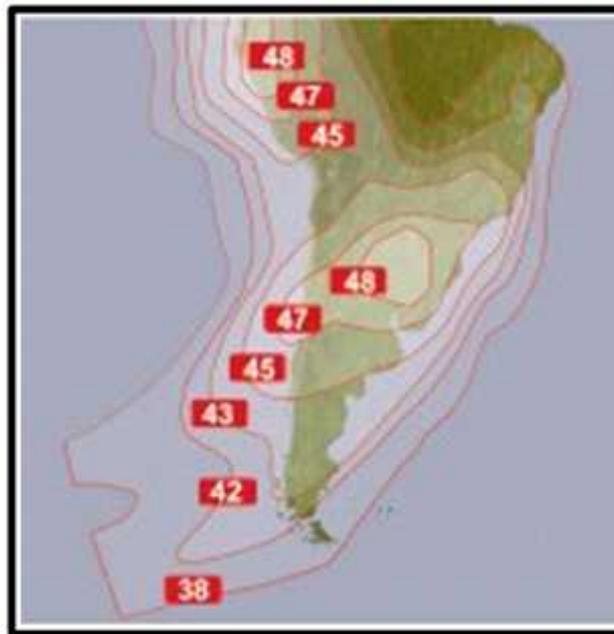


Figura 2. 43 Cobertura Sudamérica Hispasat 1C.  
Fuente: [www.hispasat.com](http://www.hispasat.com)

### 2.19.2. Hispasat 1D.

El satélite Hispasat 1D se ubica en la ventana orbital 30° Oeste. Incorpora 28 nuevos transpondedores en banda Ku al sistema de satélites HISPASAT. Su objetivo fundamental es asegurar la continuidad de las misiones civiles (banda Ku) de los satélites 1A y 1B en la posición 30° Oeste y, por lo tanto, facilitar la continuidad de los servicios prestados a los clientes actuales.

Hispasat 1D aporta una capacidad adicional de crecimiento de 6 transpondedores con conectividad americana y transatlántica, lo que permitirá atender el segmento de mercado en el que se espera mayor incremento de la demanda para la posición orbital 30° Oeste. En esta línea de actuación hay que

enmarcar la decisión de incorporar un haz sobre Oriente Próximo a la cobertura del satélite 1D, lo que permite, mediante un doble salto, el acceso a los satélites asiáticos a los clientes americanos y europeos (y viceversa), logrando prácticamente conectividad global.

El diseño y configuración técnica del satélite Hispasat 1D, que se sitúa en la posición orbital 30° Oeste, amplía la cobertura geográfica, y la potencia radiada de los actuales satélites de HISPASAT. La huella de cobertura del satélite cubre, Europa, América y Norte de África. Además incorpora, como gran novedad, un diseño de haz específico orientado a Oriente Medio; este haz permite a HISPASAT, por primera vez, incrementar su oferta con nuevos servicios de comunicaciones en los mercados asiáticos.

La cobertura europea del Hispasat 1D abarca desde las Islas Canarias hasta Rusia y desde el Norte de África hasta Escandinavia. En esta cobertura, se pueden llegar a asignar hasta 23 transpondedores, consiguiendo optimizar al máximo la capacidad espacial y adaptándola en todo momento a las necesidades operativas de los clientes. Además, el Hispasat 1D da continuidad a otros satélites de HISPASAT manteniendo las ventajosas características de los satélites de HISPASAT, que ofrecen las mejores prestaciones sobre la Península Ibérica y las Islas.

El mapa de cobertura sobre el continente americano cubre desde Canadá a Tierra del Fuego, mejorando las actuales prestaciones de los satélites HISPASAT. Para esta cobertura, el Hispasat 1D cuenta con una capacidad de hasta 12 transpondedores de alta potencia, manteniendo un elevado grado de conectividad y flexibilidad de enlaces entre distintas coberturas, a la vez que ofrece una alta conectividad entre Europa y América, en la figura 2.44 se puede apreciar la cobertura de la potencia irradiada isotrópica efectiva (PIRE) en Sudamérica del satélite Hispasat 1D.



Figura 2. 44 Cobertura Sudamérica Hispasat 1D.  
Fuente: [www.hispasat.com](http://www.hispasat.com)

### 2.19.3. Amazonas 1.

El Amazonas 1 ha sido diseñado con coberturas y potencias perfectamente adecuadas a las necesidades específicas de comunicación satelital del mercado americano, la figura 2.45 muestra en mapa de cobertura para Sudamérica. Su configuración técnica le permite prestar servicios en condiciones óptimas en los distintos mercados del continente americano y muy especialmente en Brasil. Además, el Amazonas 1 dispone de capacidad transatlántica lo que le permite ampliar su huella de cobertura a Europa y el norte de África y complementar la cobertura de la actual flota de satélites HISPASAT, incluyendo la costa Oeste de los Estados Unidos.

El Amazonas 1 es además el primer satélite con coberturas que cubren en su totalidad el continente americano, utilizando frecuencias tanto en banda C como en banda Ku.

Este hecho le convierte en un satélite muy atractivo para los potenciales operadores y empresas que demandan y necesitan disponer de servicios de comunicaciones por satélite a lo largo y ancho de todo el continente en ambas bandas de frecuencias.

Hay que tener en cuenta que hoy día la gran mayoría de los satélites que están operando en América en banda Ku no tienen una cobertura total sobre todo el territorio americano. Estos satélites disponen tan sólo de coberturas parciales o haces re-apuntables que, o bien abarcan el este del continente o bien la parte oeste, pero no ambas zonas.



Figura 2. 45 Cobertura Sudamérica Amazonas 1.  
Fuente: [www.hispasat.com](http://www.hispasat.com)

**Cobertura:**

- Brasil
- Desde Canadá hasta Panamá, incluyendo México, y el Caribe
- Sudamérica desde Venezuela y Colombia hasta el sur de Argentina y Chile
- Suroeste Europeo (Sólo banda Ku)

**2.20. Red Satelital Intelsat.**

La Intelsat (International Telecommunication Satellite Consortium) es la Organización de Telecomunicaciones por Satélite de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). El concepto de un sistema global de comunicaciones por satélite geostacionario en órbita ecuatorial fue presentado por primera vez por A. Clarke-1945 en la revista inglesa *Wireless World*. En 1957 se puso en órbita el primer satélite artificial

de la Tierra (Sputnik de la URSS) y en 1962 el primer satélite geoestacionario (Syncom de USA) para ser usado en los juegos olímpicos. En 1962 se constituye Comsat (Corporación de sistemas satelitales) que luego se convierte en Intelsat en 1965, en la figura 2.46 se puede apreciar la red satelital que en la actualidad posee Intelsat.

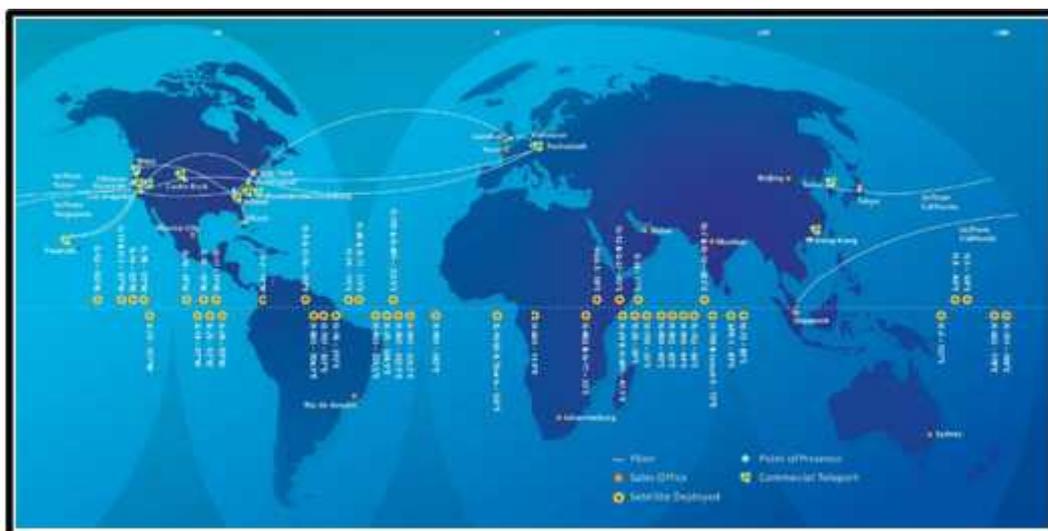


Figura 2. 46 Red Satelital Intelsat.  
Fuente: [www.intelsat.com](http://www.intelsat.com)

### 2.20.1. Cobertura Intelsat Banda Ku Sudamérica.

Como es conocido, INTELSAT es el líder mundial en servicios satelitales, por lo que goza de una serie de ventajas en comparación con el servicio que ofrecen otros proveedores, puede decirse que la historia de los satélites de comunicación en América Latina se inicia en 1968 con la entrada en servicio de las estaciones terrenas que captaron las señales del Intelsat III y IV.

En la figura 2.47 se muestra unos ejemplos de cobertura de la red satelital Intelsat con su PIRE en banda Ku para el sector de América del Sur.

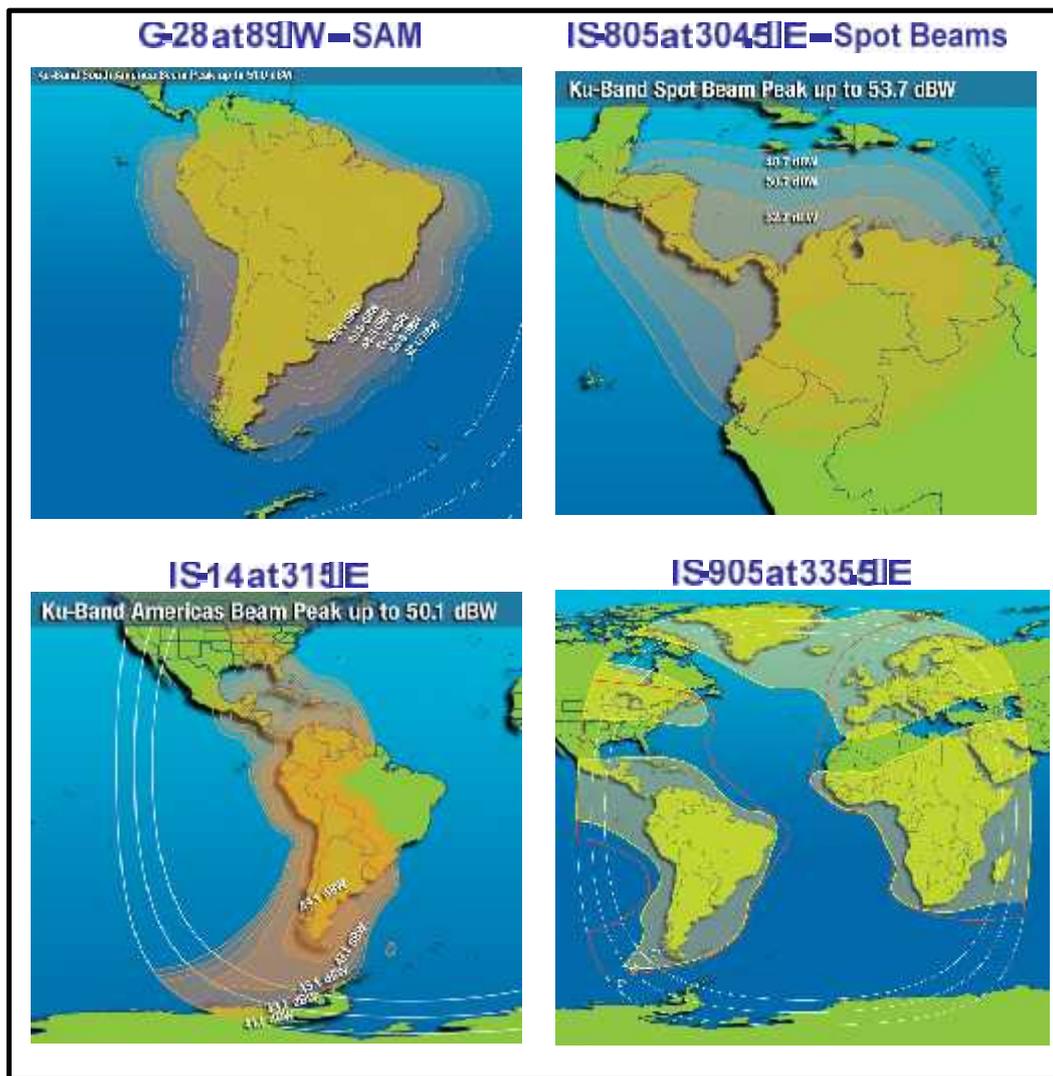


Figura 2. 47 Cobertura Intelsat banda Ku Sudamérica.  
 Fuente: www.intelsat.com

### 2.20.2. Cobertura Intelsat Banda C Sudamérica.

INTELSAT posee y opera un sistema de satélites que proporciona cuatro grandes servicios principalmente, para usuarios en más de 200 países, en todos los continentes. Estas categorías son: servicio público de telefonía conmutada, línea privada (red de servicios para negocios), servicios de retransmisión (Audio y video), servicios nacionales y regionales.

INTELSAT emplea la banda de 4 a 6 [GHz] (banda C) y a medida que la demanda por ancho de banda ha aumentado se emplean frecuencias, la siguiente figura 2.48 muestra algunos ejemplos con opciones de satélites y su cobertura en banda C para Latinoamérica.

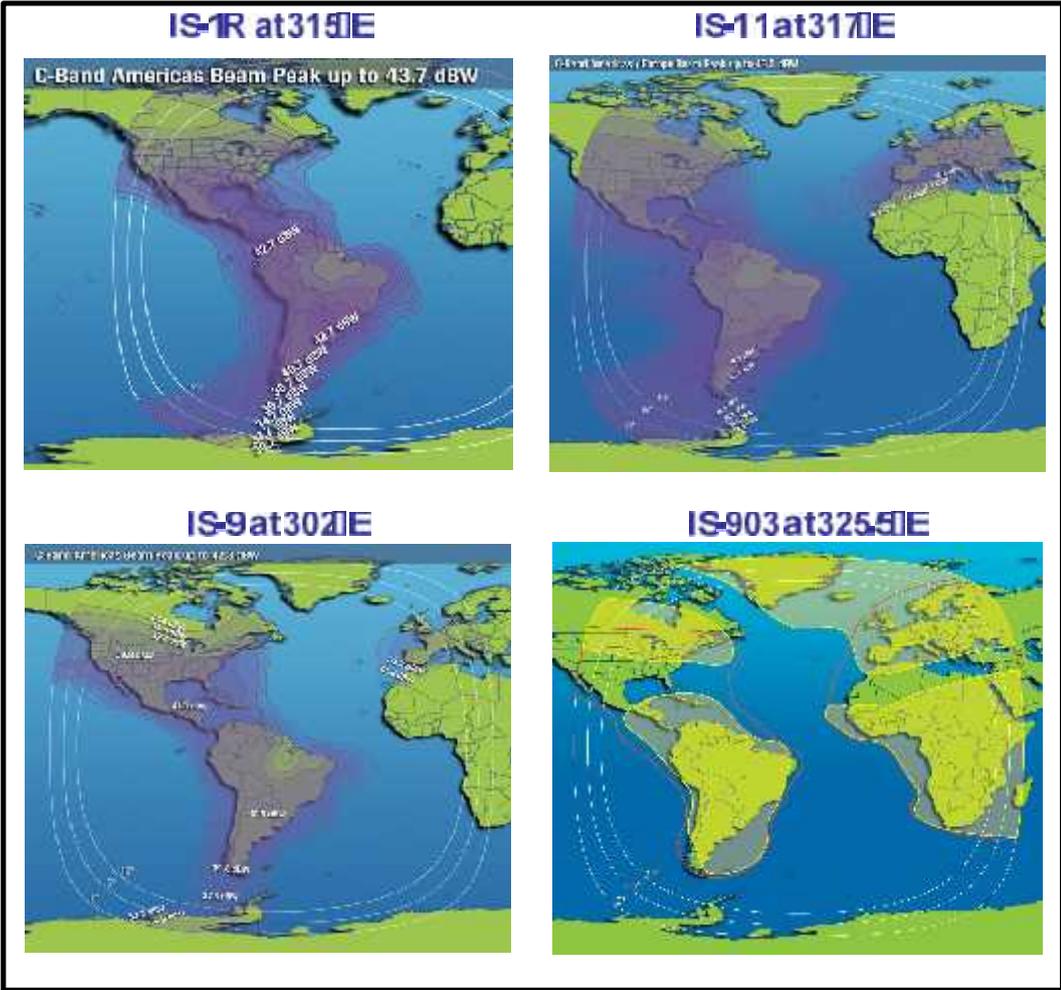


Figura 2. 48 Cobertura Intelsat banda C Sudamérica.

Fuente: [www.intelsat.com](http://www.intelsat.com)

## **CAPÍTULO 3. APLICACIONES DE UNA RED VSAT.**

Las redes VSAT tienen aplicaciones tanto civiles como militares, en el primer caso las redes antes mencionadas pueden ser unidireccionales o bidireccionales, en las comunicaciones de voz se debe considerar que llevan consigo retardos distintos según la topología de la red del orden de 0.25 segundos para la topología en malla y unos 0.5 segundos para la topología en estrella. Dependiendo de las aplicaciones del usuario, se puede querer transmitir una sola señal (datos) o una mezcla de señales (voz y vídeo). En las transmisiones de voz y vídeo se pueden usar las técnicas de compresión de señal para un uso más eficiente del ancho de banda.

En Aplicaciones Militares, las redes VSAT han sido adoptadas por varias fuerzas militares en el mundo, debido a la flexibilidad en el montaje y desmontaje de equipos para despliegue de tropas.

### **3.1. VSAT (Very Small Aperture Terminals).**

Este término se refiere a terminal de apertura pequeña (VSAT), utilizan como medio de apoyo a los satélites para proporcionar una gran variedad de servicios de comunicación tales como voz, video y datos. El satélite es un elemento transmisor/receptor. Este tipo de sistemas ha evolucionado, gracias a la tecnología DVB por satélite y a otros tipos de sistemas de mayor integración. Logrando servicios a menor costo del que tenían las redes originales VSAT.

La red puede tener gran densidad (1000 estaciones VSAT) y está controlada por una estación central llamada HUB, NOC o Telepuerto, que organiza el tráfico entre terminales, y optimiza el acceso a la capacidad del satélite. Las bandas de funcionamiento suelen ser Banda Ku o Banda C, donde se da alta potencia en transmisión y buena sensibilidad en recepción.

Este tipo de sistemas están orientados principalmente a la transferencia de datos entre unidades remotas y centros de proceso conectados al Hub. Son igualmente apropiados para la distribución de señales de vídeo y en ciertos casos se utilizan también para proporcionar servicios de telefonía entre estaciones remotas y el Hub.

Los sistemas VSAT se utilizan en un amplio abanico de aplicaciones:

- Redes interactivas de datos para aplicaciones financieras
- Terminales Punto de Venta
- Redundancia o vías alternas
- Redes de distribución comercial
- Redes de servicios públicos: Gas, agua, electricidad, etc.
- Sistemas SCADA para supervisión de infraestructuras, medio ambiente, seguridad, etc.

### **3.2. Ventajas de las Redes VSAT.**

Las peculiares características del medio de transmisión satélite, junto con su topología y diseño, otorgan a las redes VSAT unas ventajas específicas frente a otros sistemas de transmisión, entre las que cabe destacar las siguientes:

a) Flexibilidad:

- Facilidad y rapidez para la puesta en operación y la incorporación de nuevas terminales
- Coste de los circuitos y servicio independiente de la distancia
- Acceso a lugares donde no está disponible otra infraestructura terrestre, bien por razones físicas o económicas
- Utilización muy eficiente de la capacidad espacial
- Alta calidad y disponibilidad de los enlaces
- Gestión centralizada y dependencia de un único Operador de Servicios
- Costes de terminales en clara disminución
- Facilidad de reconfiguración y de ampliación de la red. El uso de un satélite hace que se pueda establecer contacto con cualquier punto dentro de su área de cobertura con lo que los receptores pueden cambiar de ubicación sin más cambio que la reorientación de su antena. Del mismo modo, la introducción de un nuevo terminal no afecta al funcionamiento de los demás

b) Gran fiabilidad:

- Se suele diseñar para tener una disponibilidad de la red del 99.5% del tiempo y con una BER de  $10^{-7}$ .

c) **Ventajas económicas:**

- Estabilidad de los costes de operación de la red durante un largo periodo de tiempo. Una empresa puede ser propietaria de prácticamente todos los segmentos de la red. Esto hace que el presupuesto dedicado a comunicaciones se pueda establecer con gran exactitud. El único segmento del que la empresa no puede ser propietario es del segmento espacial pero sus precios son muy estables.
- Evita las restricciones que impone una red pública en cuanto a costes y puntos de acceso.
- Aumento de la productividad de la organización. Al haber un centro de monitorización y control de la red el tiempo medio entre fallos de la red aumenta considerablemente y la duración de los fallos suele ser corta. Por lo tanto la organización puede responder rápidamente a las peticiones de sus clientes gracias a un medio de comunicación fiable, lo que repercute en un aumento de la satisfacción de los mismos y un aumento de las ventas.
- Se puede implantar una red corporativa insensible a fluctuaciones de las tarifas.

### **3.3. Desventajas de las Redes VSAT.**

**Problemas económicos:**

Las inversiones iniciales son elevadas y en algunos países no son claramente competitivas frente a redes basados en recursos terrestres. Este problema puede ser atenuado recurriendo al alquiler del HUB.

**Problemas radioeléctricos:**

- El retardo de propagación típico de 0.5s (doble salto) puede ser problemático para ciertas aplicaciones como telefonía y videoconferencia, pero también existen aplicaciones insensibles como la actualización de software, e-mail, transferencia de ficheros
- El punto más crítico de la red está en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del satélite. Si este cae, toda la red cae con él. De todas maneras el problema no es muy grave pues si el problema está en un transpondedor un simple cambio de frecuencia o/y polarización lo

soluciona. En caso de ser todo el satélite bastaría con reorientar las antenas a otro satélite.

- Como todo sistema basado en satélites es sensible a interferencias provenientes tanto de tierra como del espacio.

Problemas de privacidad:

El uso de un satélite geostacionario como repetidor hace posible que cualquier usuario no autorizado pueda recibir una portadora y demodular la información. Para evitar el uso no autorizado de la información se puede encriptar la señal.

### **3.4. Aplicaciones de las Redes VSAT.**

Los sistemas VSAT gracias a su flexibilidad y escalabilidad se pueden constituir a través de diferentes tipos de redes y topologías. Pueden clasificarse en:

- Clasificación:
  - Aplicaciones civiles
  - Aplicaciones militares
- Según el tipo de tráfico

### **3.5. Aplicaciones Civiles.**

Con el transcurso de los años, se han introducido técnicas de procesamiento de señales más poderosas y ha evolucionado también el equipamiento tanto terrestre como satelital, al utilizar componentes más sofisticados. Todo esto ha hecho posible aumentar la versatilidad de los terminales y que estos soporten aplicaciones más poderosas y exigentes desde el punto de vista de potencia, compresión y ancho de banda.

Con el objetivo de cubrir amplios segmentos de mercado se han desarrollado variantes de redes, que incluyen diferentes sistemas como:

- Sistemas Unidireccionales de Datos,
- Sistemas Bidireccionales o Interactivos,
- Redes Corporativas.

### **3.5.1. Sistemas Unidireccionales de Datos.**

Estos sistemas, se basan fundamentalmente en el uso de una estación transmisora principal, por la cual son enviadas al satélite las señales, que son posteriormente recibidas por un gran número de estaciones exclusivamente receptoras, típicamente de menor tamaño.

Los principios que aplican al desarrollo de estos sistemas son que la información es unidireccional y originada en una o unas pocas fuentes y que es distribuida a una gran cantidad de usuarios. La estación transmisora envía la señal sobre una o varias portadoras a velocidades que están comprendidas normalmente entre 19.2 Kbit/s y 2 Mbit/s. Las estaciones receptoras son muy sencillas y económicas. La utilización de este sistema, con sus avanzadas prestaciones, permite que las estaciones puedan ser de diámetro en torno a 75-90 cm. Su unidad interior ofrece varios puertos RS-232 ó X-25.

Tienen mucha importancia las redes de difusión de datos de las agencias de noticias, de información financiera y de datos inmobiliarios, así como las redes que permiten la impresión remota de periódicos, semanarios en distintas ubicaciones, información gubernamental y de seguridad nacional, protegidas con seguridades criptográficas.

### **3.5.2. Sistemas Bidireccionales o Interactivos.**

La arquitectura de estas redes es similar a las unidireccionales. La estación central (Hub) transmite por una o varias portadoras al colectivo de estaciones remotas asociadas. La estructura de la información contenida en cada portadora es un Multiplex por División en el Tiempo, con múltiples canales, cada uno de los cuales puede ser asignado para su recepción por una o varias estaciones remotas. La estructura del Multiplex se puede ajustar a la demanda del tráfico, pero, en todo caso, se reserva cierta capacidad para los canales de control y asignación del sistema.

El número de portadoras de la estación central a las remotas suele ser pequeño y su velocidad de transmisión es correspondientemente mayor. Velocidades de 64 Kbps a 2048 Kbps son normales, por tanto los requisitos de transmisión exigibles a la estación central son mayores. La información se codifica con un código de protección de errores sin canal de retorno. La

recepción en las remotas es continua, lo cual hace que el coste del demodulador sea moderado.

En la dirección de transmisión de estaciones remotas a estación central se suele adoptar una solución de Acceso Múltiple por División en el Tiempo (AMDT) por cada portadora. Algunas VSAT pueden disponer de un tráfico sostenido, correspondiente por ejemplo a la transferencia de ficheros, y en este caso resulta conveniente asignarle una proporción fija de la capacidad de la portadora. Esto significa que esa estación y sólo esa acceden a la portadora durante ciertos intervalos de tiempo, predeterminados con respecto a la referencia de la trama. Naturalmente, el número de intervalos asignados a cada estación en modo fijo dependerá de la demanda exigida por cada Terminal.

Otros terminales generan datos de forma discontinua y aleatoria, características de los procesos interactivos. Para este tipo de tráfico, y para las solicitudes de comienzo de transacción de los casos anteriores, es más adecuado permitir el acceso aleatorio con probabilidades controladas de colisión de las demandas de transmisión.

La topología de los sistemas VSAT interactivos es ideal para organizaciones que utilicen una estructura de procesamiento centralizada y un gran número de sucursales/terminales que comunican muy a menudo en tiempo real con el sistema central.

Esta configuración se adapta de forma natural a los requisitos de aplicaciones como:

- Teleducación.
- Videoconferencia.
- Correo electrónico.
- Servicios de emergencia.
- Comunicaciones de voz.
- Telemetría y telecontrol de procesos distribuidos.
- Consulta a bases de datos.
- Monitorización de ventas y control de stock.
- Transacciones bancarias y control de tarjetas de crédito.

- Periodismo electrónico.
- Televisión corporativa.

### **3.5.3. Redes Corporativas.**

Los sistemas VSAT Interactivos limitan normalmente las comunicaciones directas de cada una de las estaciones remotas con la Central. Esto puede ser un inconveniente para ciertos servicios y en estos casos es preciso utilizar más eficazmente el segmento espacial, cuando se trata de unir varios nodos jerárquicamente iguales y proporcionar servicios digitales avanzados, similares a los ofrecidos por la red digital de servicios integrados (RDSI), se suele acudir a sistemas más potentes que permitan la comunicación directa de todos con todos, con una estructura de red mallada.

Estos sistemas operan en cada estación transmisora con acceso TDMA y con velocidades que van desde 2 Mbps a 34 Mbps, ofreciendo por tanto un cierto número de circuitos de 64 Kbps (de 30 a 500) al conjunto de las rutas que la red corporativa exige.

Este conjunto de circuitos es asignado dinámicamente a cada estación, en función de las llamadas activas en cada nodo en un momento dado. La utilización del segmento espacial es más eficiente que la de circuitos terrenos ya que el dimensionamiento del tráfico se efectúa sobre el conjunto total de circuitos, lo que es notablemente más eficiente que hacerlo sobre cada uno de ellos. Una de las mayores restricciones para determinadas aplicaciones en el uso de satélites geoestacionarios es la del retardo, que en algunos casos puede ser considerable.

Con un único enlace de VSAT a VSAT en una red sin HUB, el retardo de propagación ronda los 0.25 seg con doble salto de VSAT a VSAT vía el HUB, es como mucho de 0.5 seg, lo cual puede ser problemático para transmisión de voz, sin embargo no lo es para transmisión de datos o video.

### **3.6. Aplicaciones militares.**

Las redes VSAT han sido adoptadas por diferentes ejércitos. Gracias a su flexibilidad, son idóneas para establecer enlaces temporales entre unidades del

frente y el hub que estaría situado cerca del cuartel general. La topología más adecuada es la de estrella. Se usa la banda X, con enlace de subida en la banda de 7.9-8.4 GHz y con el de baja en la banda de 7.25-7.75 GHz.

Existen varias aplicaciones para usos militares donde se requiere de las comunicaciones VSAT seguras y confiables, para lo cual se detalla algunos ejemplos a continuación:

- Internet e intranet,
- Videoconferencia,
- Telefonía,
- Transmisión de datos,
- Comunicaciones navales,
- Comunicaciones en aeronaves,
- Radares navales,
- Radares aéreos,
- Tránsito aéreo,
- Monitorear sitios de vigilancia,
- Para servicios de inteligencia,
- Administración de la munición,
- Como interface para Tx/Rx equipos de Radio (Iconics Smart).

### **3.7. Aplicaciones según el tipo de tráfico.**

- Transferencia de difusión de datos. Posee una longitud de datos outbound de 1 a 1000MB. Utilizado para Distribución de datos y software a lugares remotos
- Datos interactivos. Longitud de Paquete Inbound50 a 250bytes. Longitud de Paquete Outbound50 a 250 bytes, tiempo de respuesta requerido unos pocos segundos, usado para varias transacciones por minuto y terminal.Ejemplo de uso en transacciones bancarias, en transferencia electrónica de fondos a puntos de venta.
- Petición/ Respuesta. Longitud de Paquete Inbound30 a 100bytes. Longitud de Paquete Outbound500 a 2000 bytes, tiempo de respuesta requerido unos pocos segundos, usado para varias transacciones por minuto y terminal.Ejemplo de uso en reservas de billetes, Consultas a bases de datos y comprobación de tarjetas de crédito.

- Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA). Longitud de Paquete Inbound 100 bytes. Longitud de Paquete Outbound 100 bytes, tiempo de respuesta requerido unos pocos segundos/minutos, usado para una transacciones por minuto y terminal. Ejemplo de uso en monitorización y control de recursos dispersos (sensores de infrarrojos contra incendios, oleoductos ...)

### **3.8. Configuraciones de una red VSAT.**

Las configuraciones típicas para una red VSAT son:

- Estrella con comunicación:
- Bidireccional.
- Unidireccional.
- Malla.

#### **3.8.1 Red VSAT en estrella.**

El uso de satélites geoestacionarios impone las siguientes limitaciones:

- Atenuaciones del orden de 200dB en salto de satélite.
- Potencia de emisión del satélite limitada a algunos vatios.

Por otra parte los terminales montan antenas de dimensiones reducidas y receptores con una sensibilidad limitada.

Por lo tanto los enlaces directos entre VSAT's no cumplen unos mínimos requisitos de calidad por lo que se necesita una estación terrena que actúe de retransmisor. Lo que nos lleva configuraciones tipo estrella tal como se muestra en la Figura 3.1.

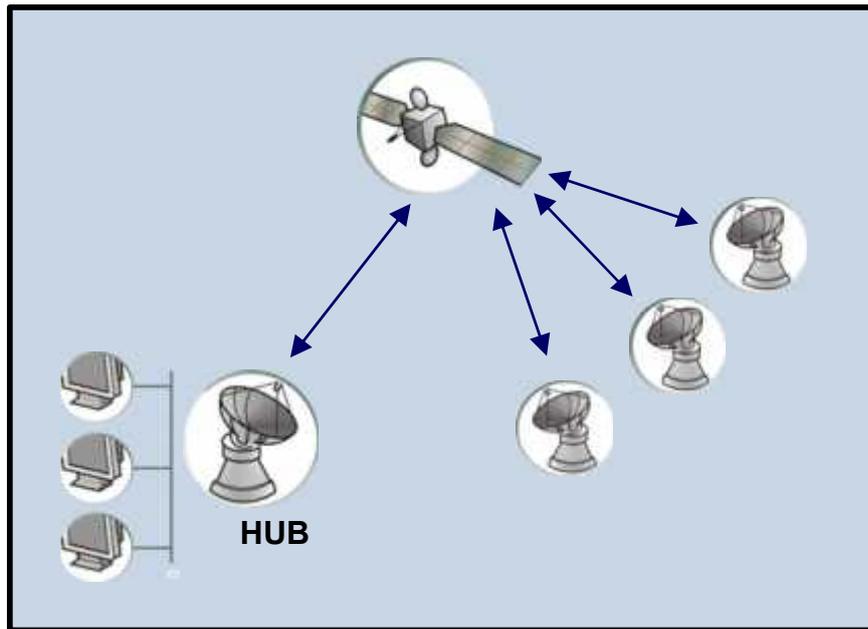


Figura 3. 1Red VSAT en Estrella.  
Fuente: [www.comsat.com.mex](http://www.comsat.com.mex)

Conviene esclarecer los términos **INBOUND** y **OUTBOUND** que son aplicables a las redes en estrella.

- **INBOUND**: transferencia de información desde un VSAT al HUB.
- **OUTBOUND**: transferencia de información desde el HUB a un VSAT.

Se habla de redes estrella bidireccionales cuando las aplicaciones requiere que se comuniquen los VSAT's con el HUB y viceversa (existen tanto inbounds como outbounds), por el contrario en las redes estrella unidireccional sólo hay comunicación desde el HUB hacia los VSAT's (sólo hay outbounds).

### 3.8.2. Red VSAT en malla.

Cuando es posible establecer un enlace directo entre dos estaciones VSAT's (es necesario aumentar el tamaño de las antenas o la sensibilidad de los receptores) hablamos de redes VSAT en malla tal como se muestra en la figura 3.2.

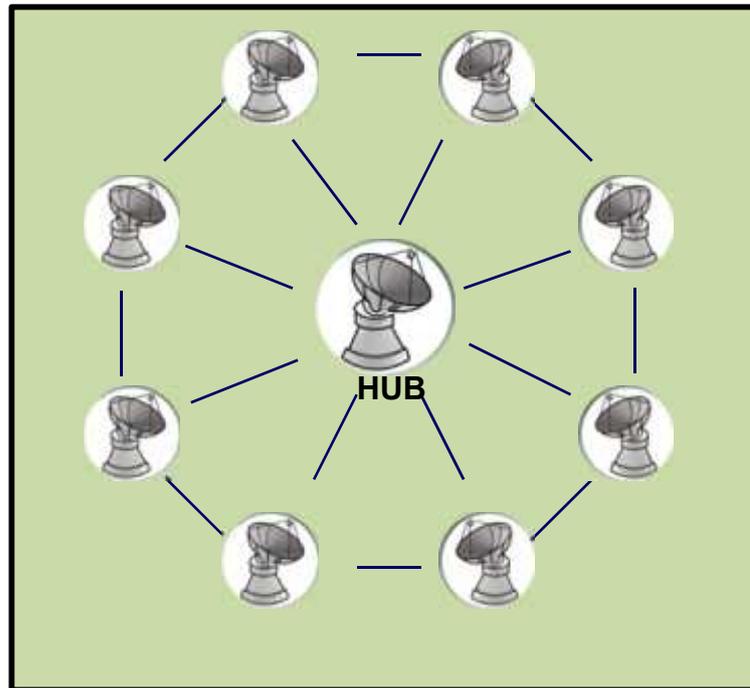


Figura 3. 2Red VSAT en Malla.  
Fuente: [www.intelsat.com](http://www.intelsat.com)

Naturalmente con una red en estrella bidireccional se puede implementar una red en malla pura, pero con el problema del retardo (0.5s debido al inevitable doble salto mientras que en una red en malla pura sería sólo de 0.25s).

En la actualidad existen todas estas configuraciones. La más usada es la red en estrella bidireccional. La configuración en malla no es demasiado usada debido a la necesidad de mejores VSAT's con lo que se pierde la principal ventaja de las redes VSAT. Existen redes VSAT en malla usando banda Ka pero a nivel de investigación (esta banda permite al ser de una frecuencia mayor obtener mayor potencia recibida a igualdad de tamaños de antena).

### 3.9. Aspectos técnicos de las redes VSAT.

Dentro de los aspectos técnicos primero hay que conocer los elementos de una red VSAT.

Los elementos que componen una red VSAT son:

- Estación HUB
- Los terminales VSAT

- Segmento Espacial
- Parámetros típicos de los equipos de una red VSAT.

### 3.9.1. Estación HUB.

El HUB es una estación más dentro de la red pero con la particularidad de que es más grande (la antena típicamente es 4 a 10 metros y maneja más potencia de emisión -PIRE-). Habitualmente el HUB está situado en la sede central de la empresa que usa la red o en su centro de cálculo, este punto es el que supone un mayor desembolso para una empresa por lo que se tiene la posibilidad de tener el HUB en propiedad o alquilado.

La figura 3.3 muestra el diagrama en bloques de una estación HUB:

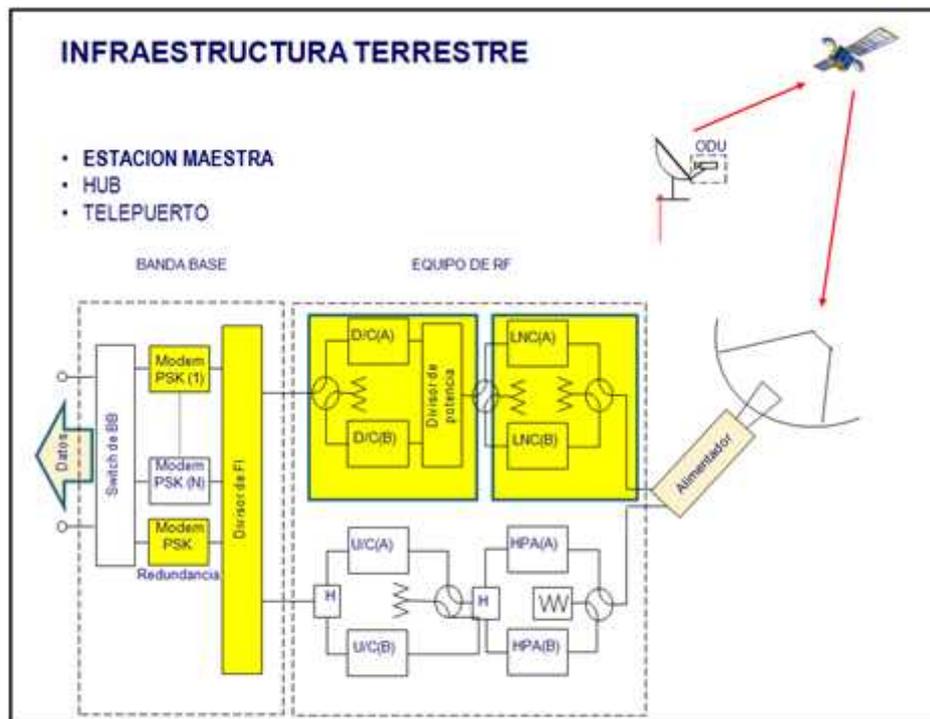


Figura 3. 3Diagrama esquemático de una estación HUB.

Fuente: cortesía ISEYCO C.A.

La unidad de RF se encarga de transmitir y recibir las señales. Su diagrama de bloques completo sería similar al de la ODU de terminal VSAT.

A diferencia de la IDU del VSAT, aquí esta unidad puede estar conectada a la computadora que se encarga de administrar la red corporativa. Esta conexión puede ser directa o bien a través de una red pública conmutada o una

línea privada dependiendo de si el HUB es propio o compartido. Desde el HUB se monitorea toda la red VSAT's. De ello se ocupa el **Network Management System** (NMS). El NMS es un computador o estación de trabajo que realiza diversas tareas como:

- Configurar la red (puede desearse funcionar como una red de broadcast, estrelle o malla).
- Control y alarma.
- Monitorización del tráfico.
- Control de los terminales:
- Habilitación y deshabilitación de terminales existentes
- Inclusión de nuevos terminales.
- Actualización del software de red de los terminales.
- Tareas administrativas:
- Inventario de los terminales.
- Mantenimiento
- Confección de informes.
- Tarifación (en caso de ser un HUB compartido).

Por lo que se ve gran parte del éxito de una red VSAT radica en la calidad del NMS y en su respuesta a las necesidades de los usuarios [HUGHES, 2008].

### **3.9.2. Los terminales VSAT.**

Una estación VSAT está compuesta por dos elementos:

- Unidad Exterior (*OutdoorUnit*), que es el interfaz entre satélite y VSAT
- Unidad Interior (*IndoorUnit*), que es el interfaz entre el VSAT y el terminal de usuario o LAN.

Básicamente la Unidad Exterior se compone de los siguientes elementos:

- Antena.
- Sistemas electrónicos.
  - Amplificador de transmisión.
  - Receptor de bajo ruido.
  - Sintetizador de frecuencia.
  - Osciladores para variar la frecuencia.

- Duplexor.
- Amplificador de potencia.

Un ejemplo esquemático de los componente entierra se muestra en la siguiente figura.

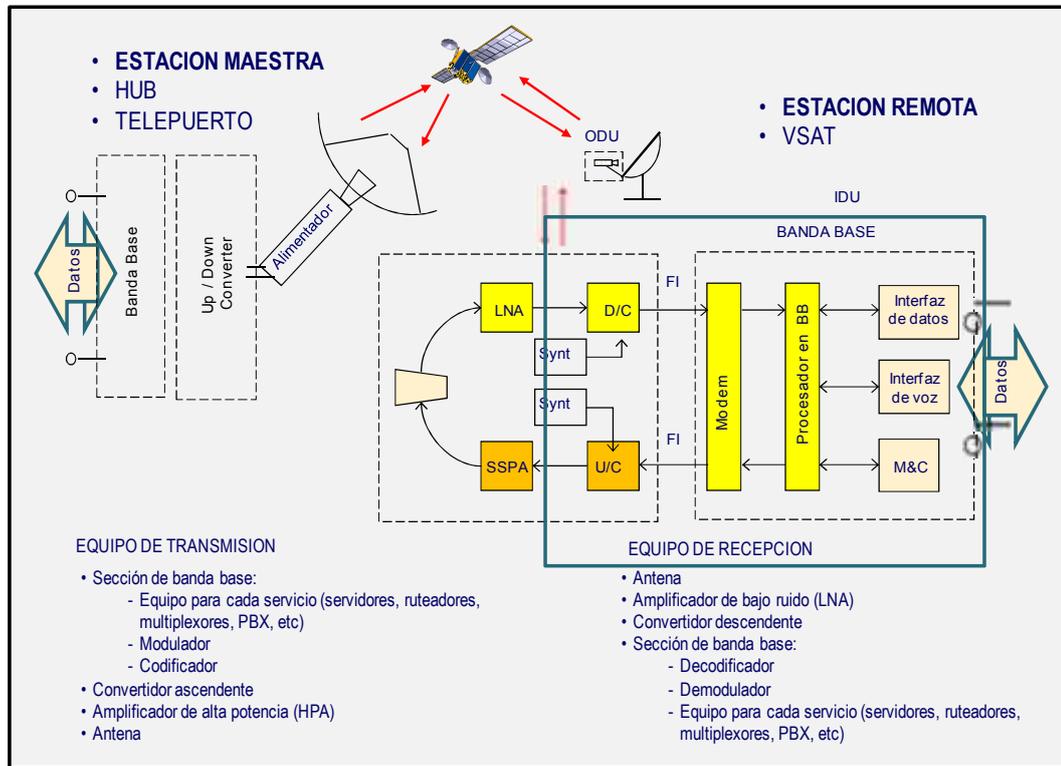


Figura 3. 4Diagrama esquemático de una estación remota VSAT.  
Fuente: cortesía ISEYCO C.A.

Se debe considerar los siguientes parámetros para evaluar la Unidad Exterior:

- La finura espectral del transmisor y del receptor para el ajuste de la portadora en transmisión y para sintonizar adecuadamente la portadora en recepción.
- PIRE que condiciona la frecuencia del enlace de subida, depende de:
  - Ganancia de antena.
  - Potencia de salida.
- Figura de mérito G/T, que condiciona la frecuencia del enlace de bajada, el ratio G/T depende de:
  - Ganancia de la antena.
  - Temperatura de ruido del receptor.

- El diagrama de radiación de la antena, ya que la amplitud de los lóbulos secundarios (principalmente de los laterales) condiciona los niveles de interferencia recibida y producida.
- Temperatura ambiental de operación.
- Otros factores ambientales como humedad, etc.

Los parámetros necesarios para especificar al Unidad Interior son:

- Número de puertos.
- Tipo de los puertos (Mecánicos. Eléctricos,funcionales)
- Velocidad de los puertos. Es la máxima velocidad (bps) del flujo de datos entre el terminal de usuario y la unidad interior de VSAT en un puerto dado.

### **3.9.3. Segmento Espacial.**

En el aspecto espacial, para la instalación de redes VSAT se usan satélites geoestacionarios y bandas de frecuencias específicas para aplicaciones VSAT.El proveedor del servicio fijo de satélite que se usa para implementar redes VSAT proporciona un cierto número de canales dentro de un transpondedor que puede llegar a manejar de 10 a 15 redes de 500 VSATs. El ancho de banda dedicado a la red VSAT depende de:

- Las tasas de bps que se desee (típicamente para el INBOUND: 128 o 64 kbps y para el OUTBOUND: 128 a 512 kbps). La elección depende mucho del tamaño de la antena del VSAT.
- Del tipo de asignación del canal (TDMA, FDMA, DA-TDMA,...).

Conviene destacar que es posible asignar anchos de banda diferentes a los OUTBOUND y INBOUND con lo que se establecen enlaces asimétricos, el problema principal al instalar una red VSAT es evitar las interferencias con otros sistemas ya instalados previamente. Para ello la UIT, en el artículo 11 de su reglamento indica los pasos a seguir para obtener la licencia de operación.

El operador en tierra debe contactar con la autoridad nacional de telecomunicaciones, quien se pondrá en contacto con el propietario del satélite, el cual comunicara el espacio libre que tiene en el satélite (transductores libres,

capacidad de tráfico,...). El operador de VSAT en tierra debe cumplir con los requisitos de PIRE, C/N, estabilidad en frecuencia, control de transmisión, etc., requeridos por el satélite.

### **3.10. Área de cobertura.**

Área de cobertura es el área principal de servicio que cubre un satélite en donde la intensidad de campo más alta está normalmente en el centro del área de cobertura conocida como mira, la intensidad del campo se reduce hacia los bordes exteriores del área de cobertura o servicio y se representa en términos de líneas de contorno que se expresan en potencia irradiada isotrópica efectiva o **PIRE**(dBW, tal como se muestra en las figuras del capítulo 2).

La antena del satélite puede diseñarse de acuerdo a la zona de cobertura, esta puede tener haces múltiples, globales o locales. Usando polarización opuesta se hace reuso de frecuencia para los múltiples haces.

## **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA VSAT EN ZONAS REMOTAS DEL TERRITORIO NACIONAL.**

Una vez que se ha entendido como funcionan las comunicaciones satelitales, sus técnicas de transmisión, el uso de sus frecuencias, la cobertura que brindan, los principales proveedores, sus ventajas y desventajas. Se debe hacer un análisis previo de las variantes que se ajusten de acuerdo a nuestro escenario en busca de una solución a la falta de comunicaciones en zonas remotas del territorio nacional como apoyo a las operaciones militares donde la infraestructura terrestre es insuficiente o es necesario de servicio ocasional y se requiere de rapidez en la instalación, montaje y desmontaje de equipos de comunicaciones. A continuación se describen algunas consideraciones para la implementación de un sistema VSAT en zonas remotas del territorio nacional:

- **Trafico:** Tomando en cuenta que el servicio requerido es para zonas de despliegue de acuerdo a las operaciones militares, sean estas de defensa interno o externa, resultan ser de períodos cortos de tiempo y básicamente los servicios de voz y datos están destinados al uso de comunicaciones de alerta en el caso de que se requiera informar al mando o a su vez este disponga se haga uso del poder aéreo o artillería. Por tal razón se estima tráfico de servicio relativamente bajo y un ancho de banda de 128Kbps.
- **Topología de red:** es recomendable en estrella debido a que en las comunicaciones satelitales se imponen ciertas limitaciones como la atenuación en cada salto, baja potencia de emisión del satélite, sumado a esto las dimensiones reducidas de las antenas y receptores que cumplen con los mínimos requisitos de calidad, hacen necesario el requerimiento de una estación terrena que actúe como transmisor.

### **4.1. Elección de la banda de frecuencia a usar.**

Las Banda Cóbanda Ku son utilizadas para aplicaciones civiles, donde la elección de una frecuencia u otra depende de la disponibilidad de un satélite que cubra la zona donde va a instalarse la red y que disponga de la banda deseada (ver 2.18).

Problemas de interferencias, el ancho de haz de una antena es inversamente proporcional al producto de diámetro de la antena y frecuencia, por lo que al usar antenas de pequeño diámetro el ancho de haz es grande y el peligro de recibir interferencia desde otros satélites (y también de interferir en ellos) es grande. Para la banda C (y partes de la banda Ku) existe el peligro añadido de los sistemas terrestres de microondas.

Se recomienda tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de estas bandas (Ver 2.6.1 y 2.6.2), adicional se debe tomar en consideración el tamaño de antena que se desea utilizar, para una antena de fácil movilidad, montaje y desmontaje la elección más acertada sería la banda Ku.

#### **4.2. Análisis del enlace de radiofrecuencia.**

La presente sección se centra en el estudio de la reducción del BER (**Bit Error Rate**) a valores mínimos en función de costes aceptables. La eliminación de los errores a nivel físico es imposible totalmente y deberá ser el nivel de enlace de datos el encargado de asegurar una transmisión libre de errores, por medio de los protocolos adecuados.

La tasa de error (BER) debe ser minimizada, y para ello debemos estudiar los parámetros de los cuales depende:

- Tipo de modulación
- Tipo de codificación
- Relación portadora a ruido
- Principios básicos.

El estudio del enlace se ha realizado sobre una configuración en estrella, ya que es la más usada debido a que la configuración en malla requiere de mejoras en las estaciones remotas VSAT's, por lo tanto tenemos N portadoras en el enlace de subida, originadas en cada una de las estaciones VSAT. Estas portadoras son retransmitidas por el satélite hacia la estación HUB, en donde usa TDM (multiplexación por división de tiempo) a una única portadora, que se manda de nuevo al satélite, el cual la re-emite a los distintos VSAT en recepción.

Esta portadora se ve contaminada por diversas fuentes de ruido:

- Ruido térmico
- Ruido de interferencias
- Ruido de intermodulación

El ruido total a tener en cuenta en el enlace será la sumatoria de la contribución de cada una de las fuentes de ruido por separado (ecuación 5.1).

### **4.3. Ruido térmico.**

El ruido térmico existe en todos los circuitos y dispositivos como resultado de la energía térmica. En los circuitos electrónicos, hay variaciones aleatorias en la corriente o el voltaje causado por esta energía, mientras más baja es la temperatura, más bajo es el ruido térmico. Un exceso de ruido térmico puede provocar fallas en un dispositivo.

Dentro de este grupo tenemos diversos factores de ruido de gran importancia:

- La Tierra para las antenas del satélite
- El cielo para las antenas de las estaciones terrenas
- Los propios componentes de los receptores

Los dos primeros vienen caracterizados, a la hora de hacer los cálculos por las Temperaturas de Ruido de las antenas.

### **4.4. Ruido de interferencias.**

El ruido debido a las interferencias tiene su origen en comunicaciones ajenas a las de la red que usan las mismas bandas de frecuencias, en el enlace de subida son fuentes de ruido las estaciones terrenas pertenecientes a otros sistemas geoestacionarios y las transmisiones terrestres por microondas, en el enlace de bajada son fuentes de ruido los satélites adyacentes al propio y también las transmisiones terrestres por microondas.

Ha de destacarse que este tipo de interferencias pueden ser producidas por antenas pertenecientes a redes ajenas a la nuestra, pero también pueden ser debidas a las de nuestro propio sistema (cuando se usa polarización cruzada o la misma banda de frecuencias en distintos haces).

#### 4.5. Ruido de intermodulación.

Cuando se usa un acceso del tipo TDMA no aparecen problemas de intermodulación, porque en cada intervalo de tiempo se amplifica una portadora. Ahora bien, cuando el acceso es del tipo FDMA, CDMA o un híbrido FDMA/TDMA aparecen los llamados productos de intermodulación, que originan señales a frecuencias iguales a la combinación lineal de las frecuencias usadas en las portadoras iniciales.

Fundamentalmente se ha de tener en cuenta solamente los productos de intermodulación de orden 3. Este ruido de intermodulación será caracterizado posteriormente como un ruido blanco a la salida del transponder, el siguiente estudio se basará, en encontrar la relación portadora a ruido total del enlace, que vendrá: definida como sigue:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_T^{-1} = \left(\frac{C}{N_o}\right)_U^{-1} + \left(\frac{C}{N_o}\right)_D^{-1} \left(\frac{C}{N_o}\right)_{IM}^{-1} \left(\frac{C}{N_{oi}}\right)_U^{-1} \left(\frac{C}{N_{oi}}\right)_D^{-1} \text{ Hz}^{-1} \quad (4.1)$$

Donde:

$N_o$  hace referencia al ruido térmico

$N_{oi}$  hace referencia al ruido de interferencia

U hace referencia al enlace de subida

D hace referencia al enlace de bajada

#### 4.6. Análisis del enlace de subida.

En este apartado se describe la forma de cálculo de la relación portadora a densidad espectral de potencia de ruido en el enlace de subida (de la estación terrena al satélite).

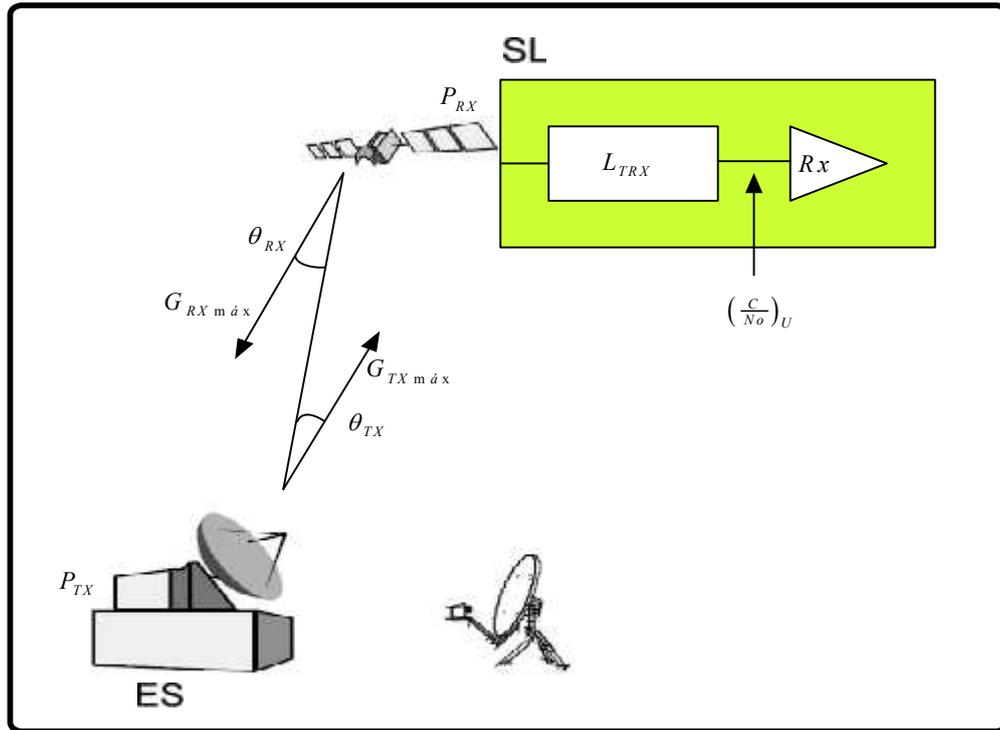


Figura 4. 1 Ruido de intermodulación en transponder.  
Fuente: Cortesía ISEYCO C.

Con la notación del esquema anterior, tendremos:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_U = \left(\frac{C_U}{N_{oU}}\right)(Hz) \quad (4.2)$$

$C_U$  Es el nivel de potencia de portadora a la entrada del transpondedor del satélite

$$N_{oU} = kT_U (W / Hz) \quad \text{Es LA D.E.P. de ruido referida a } T_U \quad (4.3)$$

$(T^a$  de ruido del enlace de subida)

Podemos expresar esta relación en función del IBO (*Input Back-Off*) y de la relación portadora a densidad espectral de potencia (C/N) que satura el transpondedor del satélite:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_U = IBO \left(\frac{C}{N_o}\right)_{Usat} \text{ donde} \quad (4.4)$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_{Usat} = \Phi_{sat} \frac{1}{4\pi} \lambda \left(\frac{G}{T}\right)_{SL} \frac{1}{k} (\text{Hz}) \quad (4.5)$$

$\left(\frac{G}{T}\right)_{SL}$  → Figura de mérito del equipo receptor del satélite

$\Phi_{sat}$  → Densidad de potencia total  $[W / m^2]$  que satura al transpondedor

Para determinar más explícitamente todas estas relaciones en función de parámetros reales del sistema, se ha de manejar conceptos tales como:

Densidad de potencia a la entrada del satélite.

Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) de la estación de tierra.

Pérdidas en el enlace de subida.

Una vez estudiado con más detalle todo el sistema se llega a la conclusión de que la relación (C/N) en el enlace de subida debida al ruido térmico es:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_U = \frac{P_{TX} G_{TX} \theta_{TX}}{\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2 L_A} \left(\frac{G}{T}\right)_{SL} \frac{1}{k} \quad (4.6)$$

$L_A$  Son las pérdidas atmosféricas (lluvia, nubes...)

En la fórmula anterior,  $k$  es la constante de Boltzmann y  $R$  es la distancia estación terrena – satélite,  $\lambda$  es la longitud de onda de la portadora, y el resto de los parámetros quedan bien reflejados en el esquema inicial.

#### 4.7. Análisis del enlace de bajada.

En este apartado se describe la forma de cálculo de la relación portadora a densidad espectral de potencia de ruido en el enlace de bajada (del satélite a la estación receptora VSAT).

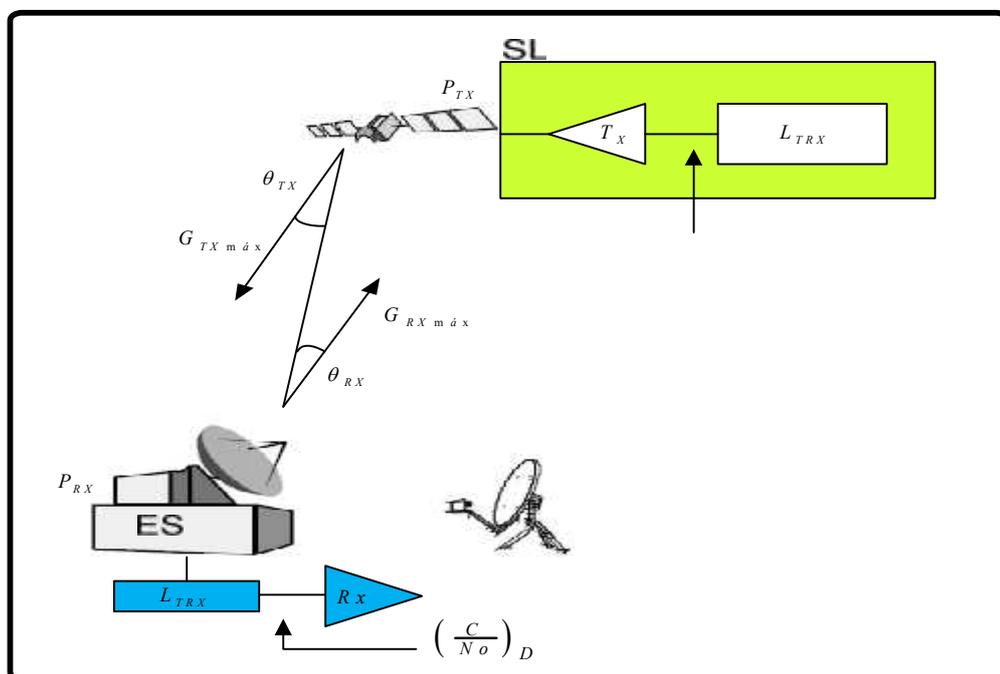


Figura 4. 2 Ruido de intermodulación en la estación terrena.

Fuente: Cortesía ISEYCO C.A.

La relación C/N puede ser expresada como

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_D = \left(\frac{C_D}{N_{oD}}\right)(Hz) \quad (4.7)$$

$C_D$  Es el nivel de portadora a la entrada del receptor de la estación terrena

$$N_{oD} = kT_D (W / \text{Hz}) \text{ Es LA D.E.P. de ruido referida a } T_D \quad (4.8)$$

Podemos expresar esta relación en función del OBO (Input Back-Off) por portadora y de la relación portadora a densidad espectral de potencia (C/N) obtenida en saturación del transpondedor:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_D = OBO \left(\frac{C}{N_o}\right)_{D_{sat}} \quad (4.9)$$

Donde:

OBO (Input Back-Off) Total

$$\left(\frac{C}{N_D}\right)_D = PIRE_{SAT} \frac{1}{L_D} \left(\frac{G}{T}\right)_{ES} \frac{1}{k} (\text{Hz}) \rightarrow \begin{array}{l} \text{Valor obtenido en saturación} \\ \text{del transpondedor} \end{array} \quad (4.10)$$

$\left(\frac{G}{T}\right)_{ES} \rightarrow$  figura de mérito del equipo receptor de la estación terrena

$L_D \rightarrow$  Pérdidas en el enlace de subida

$PIRE_{SAT} \rightarrow$  PIRE del satélite cuando se opera en saturación

Para determinar más explícitamente todas estas relaciones en función de parámetros reales del sistema, se ha de manejar conceptos tales como:

Densidad de potencia en la superficie de la tierra.

Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) del satélite.

Pérdidas en el enlace de bajada.

Figura de mérito del equipo receptor de la estación terrena.

#### 4.8. Sistema HX.

Hughes es uno de los más importantes fabricantes de equipos para comunicaciones satelitales y en el Ecuador la empresa ISEYCO C.A. los importa para su venta y configuración factor que lo hace más idóneo para la selección y

utilización de el sistema HX que ofrece alta velocidad IP sobre satélite, conectividad entre el sistema HX Gateway (GTWY) y múltiples terminales HX remotos, adicional se dispondría de repuestos, accesorios y mano de obra con amplia experiencia en la configuración de mencionado sistema. La figura 4.3 muestra la topología básica del sistema HX Hughes [HUGHES, 2008].

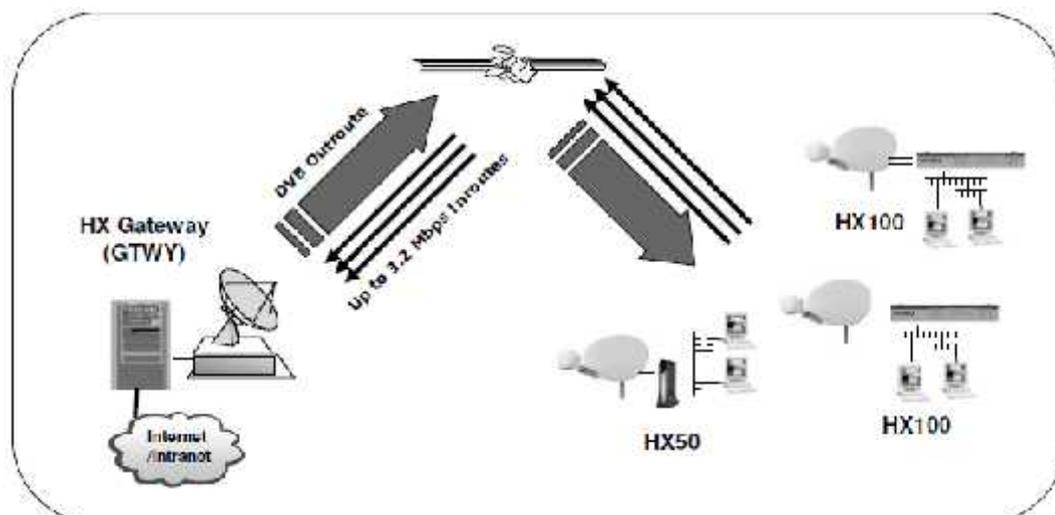


Figura 4. 3Topología del sistema HX (Hughes)  
Fuente: www.hughes.com

Dispone de dos tipos de Outroute

- DVB-S (Digital Video Broadcast over Satellite) outroute de subidahasta 72.6 Mbps.
- DVB-S2 outroute de subida hasta de 121 Mbps.

DVB-S2 es una nueva versión del estándar DVB-S, ratificada por la ETSI (*EuropeanTelecommunicationsStandardsInstitute*).

Una velocidad de subida inroute de 3.2 Mbps.

Calidad de servicio QoS en outroute, inroute y aplicaciones.

- El sistema HX soporta aplicaciones IP entre el GTWY y estaciones remotas o entre estaciones remotas.

Aplicaciones Unicast.

- HTTP, Email, FTP, TELNET, VoIP.

Aplicaciones Multicast.

- Audio, video, noticias, datos financieros.
- El sistema HX posee IPoS (Protocolo de Internet sobre Satélite).  
Aprobado por organizaciones de estándares como TIA, ETSI, y UIT.

Entrega servicios IP siempre activos vía satélites geostacionarios.

Proporciona el acceso de banda ancha de Internet/ intranet sobre una red basada en satélites topología en estrella.

El sistema HX está diseñado y optimizado para redes pequeñas donde se requiere de gran calidad y ancho de banda para sus enlaces.

El número limitado de estaciones remotas se puede apoyar en el sistema.

#### 4.9. Asignación de la frecuencia utilizada por la estación Hub (Outroute).

**Outroute** es la frecuencia utilizada por la Estación Terrena Maestra para enviar tráfico de datos y de control a las Estaciones Terrenas de los Usuarios.

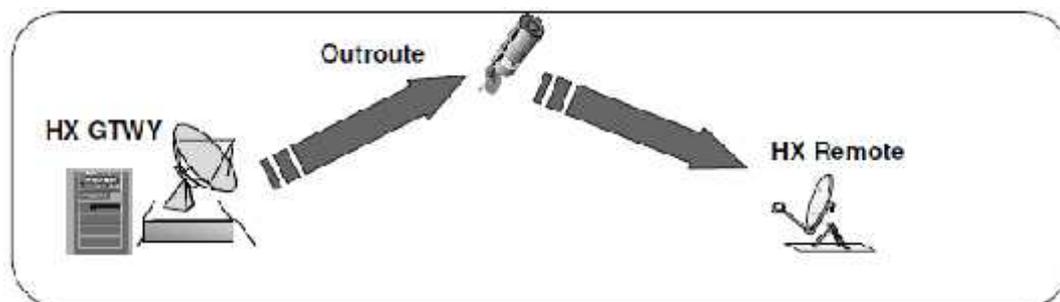


Figura 4. 4Enlace Outroute  
Fuente: [www.hughes.com](http://www.hughes.com)

En la asignación de ancho de banda Outroute la señal es multiplexada por división de tiempo (TDM).

Varios paquetes IP son recolectados en el HX Gateway y a continuación son entramados.

Soporta dos tipos de **outroute**:

- DVB-S • QPSK.
  - Codificación concatenada de Reed-Solomon y de Viterbi con una tasa de 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
  - Tasa de símbolos de subida hasta 45 Msps.

- DVB-S2.
  - QPSK o 8PSK.
  - Código concatenado de Bose-Chaudhuri-Hochquenghem (BCH) y chequeo de paridad de baja densidad (LDPC) con el índice de 1/2, 3/5, 2/3, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10.
  - Tasa de símbolos hasta 45 Msps.

En el anexo “B” se muestra las tablas con tasas de bits para el entramado de la transmisión del enlace desde el Hub hacia las estaciones remotas (Outroute).

### Formato del empaquetamiento Outroute.

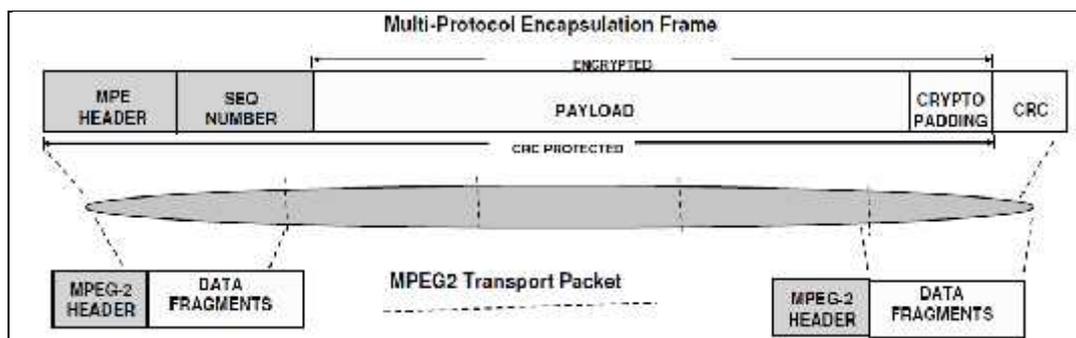


Figura 4. 5 Trama Outroute  
Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

El paquete IP outroute en el HX Gateway es encapsulado dentro de una trama MPE (Multi-protocolo EncapsulationFrame, tal como se muestra en la figura 4.5. y posee las siguientes características:

- La carga útil IP es encriptado
- Máximo de subida 1500 bytes
- El encabezado MPE contiene el espacio para el enlace de la dirección MAC.
  - El uso remoto lo utiliza para determinar si el paquete debe ser descifrado.

La trama MPE luego es separa en los paquetes de transporte MPEG-2.

- Cada paquete MPEG-2 contiene 188 bytes.
- El encabezado MPEG-2 contiene el identificador del paquete (PID)

- El PID es usado para determinar el espacio del paquete de enlace es recibido por HX remoto.

Cuando no hay tráfico que se esté enviando, el HX Gateway transmitirá los paquetes MPEG sin tráfico del usuario adentro para mantener los telecontroles trabados sobre el outroute.

La asignación de ancho de banda se realizará de acuerdo a los requerimientos o de acuerdo a la cantidad de información que se desea transmitir, para ejemplificar utilizaremos los siguientes parámetros:

Data rate = 1 Mbps

FEC (Forward Error Correction)=1/2, Modulación = QPSK

Factor de modulación = 2

$$\text{Simbol Rate} = (\text{Data rate})(FEC)(\text{Factor Modulación}) \quad (4.11)$$

Reemplazado:

$$\text{Simbol Rate} = (1\text{Mbps})\left(\frac{1}{2}\right)(2) = 1\text{Mpsps}$$

$$\text{Ancho de banda} = (\text{Simbol Rate})(\text{Factor de filtro}) \quad (4.12.)$$

Donde Factor filtro del sistema = 1,2

$$\text{Ancho de banda} = 1.2\text{MHz}$$

#### **4.10. Asignación de la frecuencia utilizada para las estaciones remotas VSAT (Inroute).**

**Inroute** es la frecuencia utilizada por las Estaciones Terrenas de Usuarios para comunicarse con la Estación Terrena Maestra.

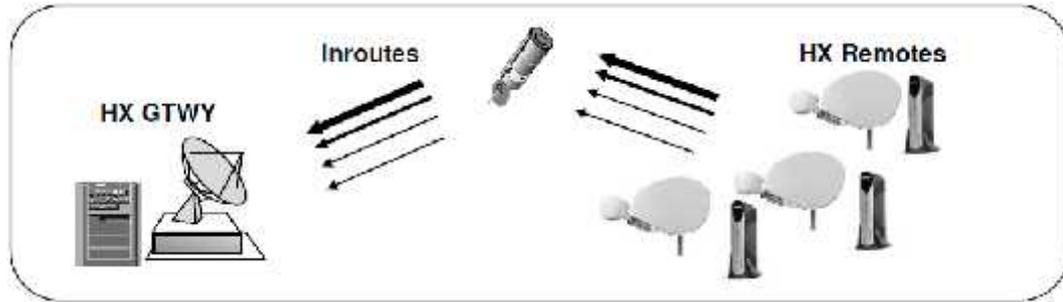


Figura 4. 6 Enlace Inroute  
Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

Los HX remotos transmiten datos al HX Gateway vía TDMA inroutes.

- Múltiples TDMA inroutes pueden ser soportadas en el sistema HX.
- Cada transmisión remota se la realiza una en un solo tiempo y si se lo requiere es conmutada a un diferente inroute.
- Múltiples inroute remotos pueden transmitir de manera segura con un conmutador de inroutes.

Características:

- Modulación OQPSK.
- Tasa FEC of 1/2, 2/3, 4/5.
- Tasa de símbolo de 128 ksps, 256 ksps, 512 ksps, 1.024 msp o 2.048 msp (3.2 Mbps de subida).

Tabla 4. 1 Estructura Inroute

	Symbol Rate (ksps)	FEC Rate	Bit Rate (kbps)	Slots /Frame	Bytes /Slot
Turbo Code with BCH	256	1/2	256	96	15
	256	2/3	341.33	96	20
	256	4/5	408.6	96	24
	512	1/2	512	192	15
	512	2/3	682.6	192	20
	512	4/5	819.2	192	24
	1024	1/2	1024	394	15
	1024	4/5	1638.4	394	24
	2048	1/2	2048	788	15
	2048	2/3	2730.6	788	20
	2048	4/5	3276.8	788	24

Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

La asignación de ancho de banda Inroute es menor debido a que la estación HUB debe recibir y retransmitir el entramado de varias estaciones VSAT, por lo tanto estas transmiten menor cantidad de información, para ejemplificar utilizaremos los siguientes parámetros que consideramos son necesarios para realizar una video conferencia con ancho de banda aceptable.

Data rate = 256 Kbps

FEC=1/2, Modulación = QPSK

Factor de modulación = 2

Reemplazando estos parámetros en la ecuación (4.11) y (4.12) respectivamente obtenemos los siguientes resultados:

$$\text{Simbol Rate} = (256\text{Kbps})\left(\frac{1}{2}\right)(2) = 256\text{Ksps}$$

Con un factor filtro del sistema = 1,4

$$\text{Ancho de banda} = (256\text{Ksps})(1.4)$$

$$\text{Ancho de banda} \approx 360\text{KHz}$$

#### 4.11. Elección de un proveedor de servicio satelital.

Dentro de los proveedores que brindan cobertura a la región latinoamericana, se puede determinar que una muy buena elección resultaría el satélite SATMEX 5 (Figura 3.8 del capítulo 3) de fabricación Hughes Space and Communications, en banda Ku debido al tamaño de las antenas y su potencia irradiada isotrópica efectiva tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. 2PIRE banda KuSatMex 5

Banda Ku	
EIRP (dBW)	Diámetro de Antena (cm)
>50	50
50	50-60
49	55-65
48	60-75
47	65-85
46	75-95
45	85-105
44	95-120
43	105-135
42	120-150
41	135-170
40	150-190
39	170-215
38	190-240
37	215-270
36	240-300

35	270-335
34	300-380
33	335-425
32	380-475
31	425-535
30	475-600
<30	>535

Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

Los rangos de frecuencia en el SatMex 5, tanto para la transmisión como para la recepción son los siguientes:

Banda Ku

- Tx = 14000 Mhz – 14500 Mhz
- Rx = 10950 Mhz – 11700 Mhz (sistemas 14/11)
- Rx = 11700 Mhz – 12200 Mhz (sistemas 14/12)

Band L

- 950 Mhz – 1450 Mhz

Banda IF

- 70 Mhz / 140 Mhz

Ya realizado el enfoque en la utilización del satélite SatMex 5, con mayores niveles de potencia permite que las estaciones terrestres remotas tengan menor diámetro se procede con la asignación del ancho de banda de acuerdo a las necesidades requeridas para este escenario, en este caso la transmisión de voz, datos o videoconferencia desde un sector remoto del territorio nacional ecuatoriano (estación VSAT) hacia un centro de mando y control (estación Hub) o viceversa. Consientes de que el costo por alquiler del segmento satelital es muy elevado y sabiendo que el ancho de banda suficiente para realizar una video conferencia entre dos salas remotas resulta bastante aceptable con 256 Kbps, se procede a solicitar la asignación del ancho de banda de acuerdo a la disponibilidad del espectro radio eléctrico del territorio nacional

ecuatoriano tal como se muestra en la siguiente figura y que más adelante explicaremos de cómo obtenerla.

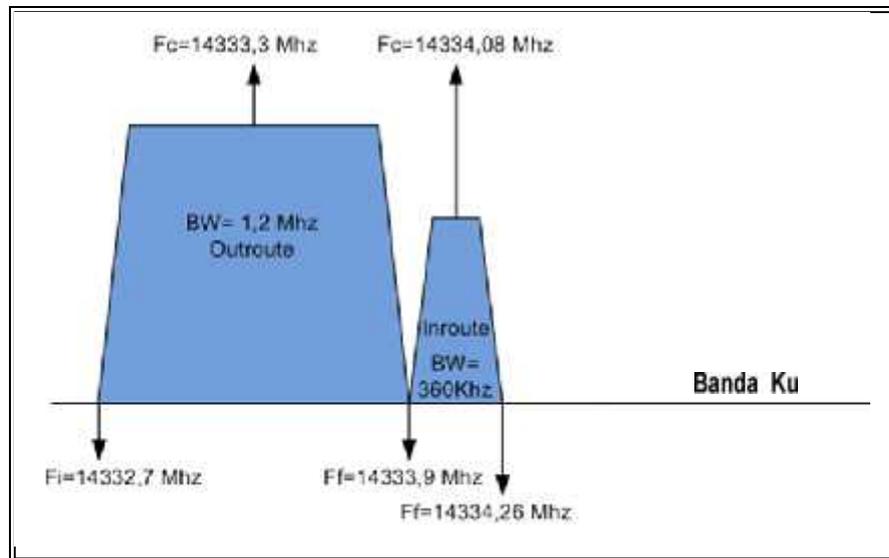


Figura 4. 7Posible asignación del ancho de banda para la FAE  
Fuente: Ejemplo similar en Manual Arquitectura del Sistema HX

#### 4.12. Módems satelitales y corrección de error (FEC).

Un Modem es un modulador/demodulador usado en los satélites y estaciones terrenas para convertir datos digitales en señales analógicas normalmente centradas en FI o banda L.

Los módems usan diferentes técnicas para transformar las señales digitales en señales analógicas y son las siguientes:

- BPSK (BinaryPhaseShiftKeying) modulación por desplazamiento de fase (binario).
- QPSK (QuadraturePhaseShiftKeying) modulación por cuadratura de fase.
- QPSK ofrece una reducción del ancho de banda de 1/2 comparada a BPSK.
- 8PSK ofrece una reducción de 1/3 de ancho de banda comparado con QPSK.

Empleando las técnicas FEC (**Forward Error Correction**) se minimiza errores en las transmisiones satelitales, las tasas FEC más comunes son: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 6/7, 7/8, 8/9, 9/10.

Ejemplo: 1/2 FEC con 1 Mbps de entrada tendría 2 Mbps de salida después de codificada

#### 4.13. Calculo de frecuencia para el enlace de transmisión.

Una vez realizado el cálculo del ancho de banda para la transmisión y recepción de las estaciones remotas VSAT y HUB respectivamente, determinado en base a la capacidad de transmisión requerida y sabiendo que existe disponibilidad de frecuencias junto al espectro asignado para el sistema satelital del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas (banda Ku) se debe realizar los siguientes cálculos para los enlaces de subida y bajada:

$$F_{if} = F_{lo} - F_{rf} \quad (4.13)$$

Osciladores locales

$$F_{lo} U / C = 15450 MHz \quad (4.14)$$

Para la transmisión hacia el satélite (enlace de subida), el BUC (*Block Up Converter*) es inversor de frecuencia IF

Dónde:

$F_{if}$  Es la frecuencia intermedia.

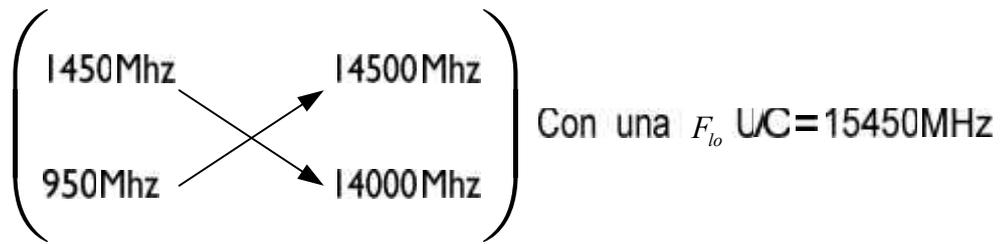
$F_{lo}$  Es la frecuencia del oscilador local.

$F_{rf}$  Es la radio frecuencia.

U/C es el convertidor de subida.

Banda L

Banda Ku



Si se desea trabajar en RF a 14500 MHz (subida)

$$F_{if} = 15450 \text{ MHz} - 14500 \text{ MHz} = 950 \text{ MHz (banda L)} \quad (4.15)$$

Para la transmisión desde el satélite (enlace de bajada)

$$\left( \begin{array}{l} T_x = 14000 \text{ MHz} = 14500 \text{ MHz} \\ R_x = 11700 \text{ MHz} = 12200 \text{ MHz} \end{array} \right) \text{ Con una } F_{lo} \text{ de LNB} = 10750 \text{ MHz}$$

La frecuencia de transmisión de subida  $T_x = 14500$  MHz será transformada por el satélite a una frecuencia de recepción de bajada  $R_x$ . La diferencia entre  $T_x$  y  $R_x$  es constante 2.300 MHz, por lo que la frecuencia de trabajo en la bajada será  $D = 2.300$  MHz.

$$F_{Rx} = F_{Tx} - D = 14500 \text{ MHz} - 2300 \text{ MHz} = 12200 \text{ MHz} \quad (5.16)$$

El LNB cambiara la RF hacia  $F_{if}$  de acuerdo al  $F_{lo}$  del LNB:

$$F_{if} = 12200 \text{ MHz} - 10750 \text{ MHz} = 1450 \text{ MHz (banda L)} \quad (4.17)$$

#### 4.14. Distribución de redes remotas.

Nuestro escenario está pesado en brindar apoyo a las Fuerzas Armadas dentro del territorio nacional ecuatoriano y por motivos de seguridad de la

información relaciona con las coordenadas de la ubicación geográfica y direcciones IP de sus redes, utilizaremos nombres de repartos remotos con posibles direcciones de sus redes, es necesario destacar que con los medios disponibles y la información adecuada se puede aplicar perfectamente a una red militar tal como mostraremos en la siguiente distribución (fig. 4.9).

El Comando de Operaciones Aéreas y Defensa (COAD) de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) como ya es conocido públicamente tiene bajo su mando los siguientes repartos:

- Ala 11 ubicada en el aeropuerto Mariscal Sucre de la ciudad de Quito.
- Ala 21 Taura ubicada en la provincia del Guayas parroquia Tauritas a 24Km. de la ciudad de Guayaquil.
- Ala 22 ubicada detrás del aeropuerto José Joaquín de Olmedo en la ciudad de Guayaquil, en esta base aérea se encuentra en también el COAD
- Ala 23 ubicado en la ciudad de Manta.
- COS 1 (Centro de Operaciones Sectorial No.1) posee estaciones radáricas subordinadas.
  - Estación X1 ubicada estratégicamente y destinada a custodiar la frontera norte.
  - Estación X2 ubicada estratégicamente y destinada a custodiar la frontera sur.
  - Estación X3 ubicadas estratégicamente en la provincia del Guayas, destinada a custodiar la frontera sur oeste.
- COS 2 (Centro de Operaciones Sectorial No.2) posee estaciones redarías subordinadas.
  - Estación X5 ubicada estratégicamente en la región oriental y destinada a custodiar la frontera este.
  - Estación X6 también ubicada estratégicamente en la región oriental y destinada a custodiar la frontera norte.

**Es necesario destacar que por motivos de seguridad nacional no se puede divulgar los nombres y ubicaciones exactas de la estaciones, por tal motivo se las ha nombrado con la letra X.**

Basados en los objetivos del sistema satelital VSAT como son proporcionar comunicación vía satélite en base a estándares militares, con todos sus servicios y total integración al sistema MODE (Red estratégica de telecomunicaciones de las Fuerzas Armadas) desde los puntos de patrullaje, despliegue, ejercicios de polígonos de tiro y requerimientos en actividades internas en el país. Proporcionar comunicación con servicios de voz, datos, Internet, videoconferencia a unidades militares de difícil acceso e integrar señales de diferentes aplicaciones, como los radares y puntos de despliegue para los Centros de Mando y Control a nivel nacional.

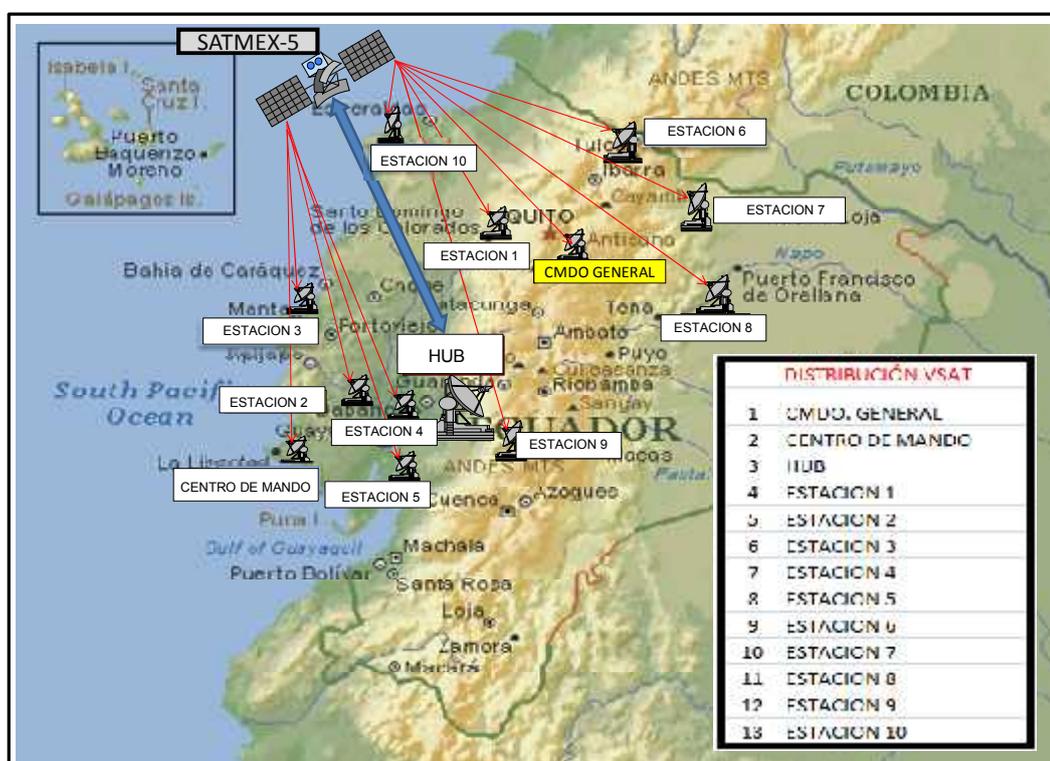


Figura 4. 8Distribución sistema VSAT  
Fuente: Diseño autores de esta tesis

Tal como muestra la figura (4.8) las estaciones remotas VSAT están ubicadas en los repartos subordinados al COAD en donde se instalaría la estación Hub, permitiendo de este modo brindar comunicación del tipo y en el momento en que se lo requiera, ya sea en tiempo de paz como en tiempo de conflicto, por motivos de seguridad nacional no se revelará las posibles ubicaciones con datos reales cabe destacar que las estaciones se las puede

instalar en cualquier lugar del territorio nacional. A continuación podemos observar en el siguiente gráfico un ejemplo de una red subneteada para la configuración de las estaciones remotas usando rangos de direcciones IP privadas.

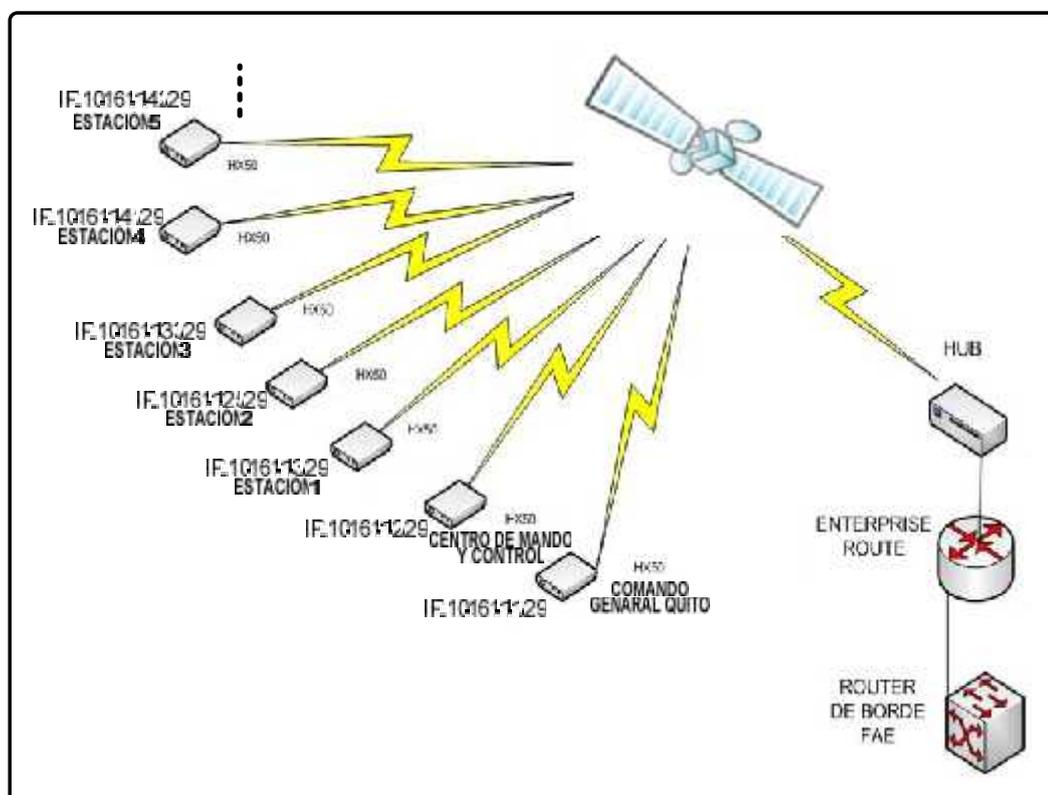


Figura 4. 9Ejemplo de una red Sub-neteada para varias estaciones  
Fuente: Diseño autores de esta tesis

La asignación de los rangos de direcciones IP ya sea en versión 4 o versión 6 están reguladas por la SUPERTEL, la distribución y asignación las realiza el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para cada uno de los repartos de las tres fuerzas (Fuerza Terrestre, Fuerza Naval y Fuerza Aérea), por objetivo de dimensionamiento y debido a que las redes actuales en nuestro país no son tan grandes solo utilizan la versión 4.

A continuación se muestra un diagrama con los posibles servicios aplicables a la red satelital VSAT, donde se muestra la integración de varios servicios como telefonía VoIP, líneas POTS, video conferencia utilizando cámaras Policom con direcciones IP e integración de servicios inalámbricos.

Para integrar estos servicios utilizamos los enlaces satelitales con enrutadores HX50 y XH200 y Switchs configurables o sencillos para las redes LAN remotas.

Para este ejemplo se han tomado direcciones IP a lazar, es necesario mencionar que la asignación de las direcciones IP están sujetas a el diseño de cada red y la asignación de rangos realizada por un administrador.

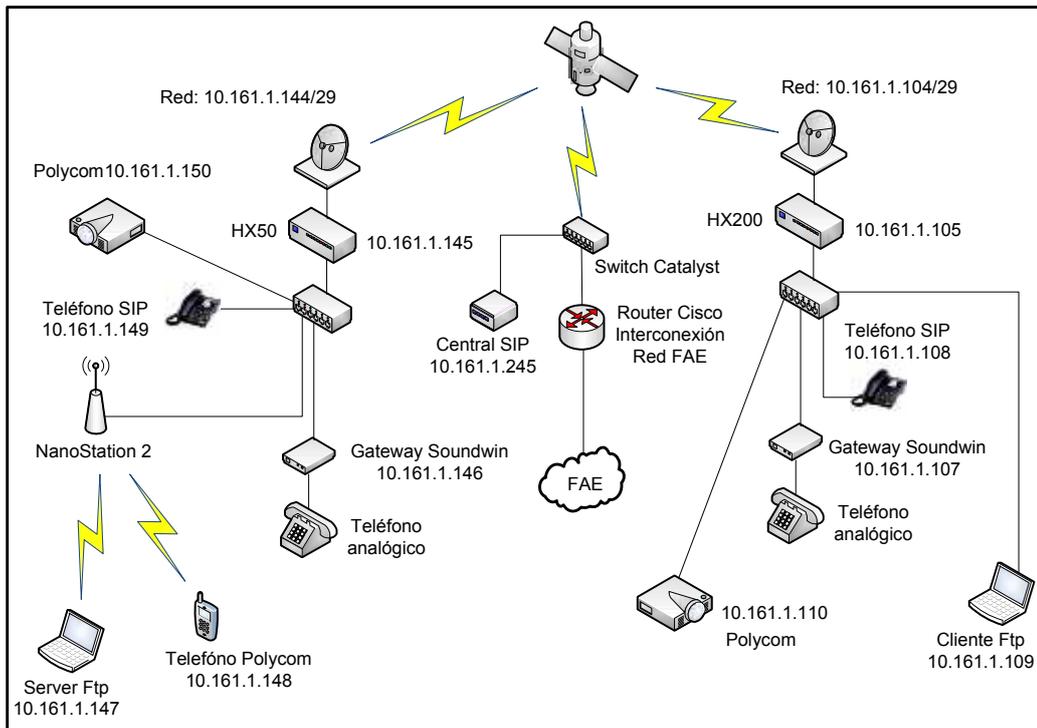


Figura 4. 10Ejemplo de una red con integración de servicios  
Fuente: Diseño autores de esta tesis

#### 4.15. Tipos de estaciones terrestres.

Para aplicaciones militares dentro de las tres ramas de las Fuerzas Armadas existe una gran variedad de equipos diseñados para brindar comunicaciones de acuerdo a las necesidades y requerimientos utilizados para la defensa e integridad territorial a más de los servicios básicos como son telefonía, fax, videoconferencia e internet tal como se puede apreciar en la grafica4.11.



Figura 4. 11Aplicaciones Militares  
Fuente: www.Gilat.com

Se puede ilustrar el uso de comunicaciones navales donde brinda servicio a una red de radio transceptores y señalización de sistemas radáricos.

EL Ejército o Fuerza Terrestre utiliza el sistema satelital para brindar servicios de vigilancia remota a determinados sitios como pueden ser edificios gubernamentales, polvorines y rastrillos donde se guarda el armamento, brindar comunicación a grandes comandos, artillerías antiaéreas y facilitar una red de comunicación para el servicio de Inteligencia.

Debido a la misión encomendada a la Fuerza Aérea, las aplicaciones están destinadas a dar servicio de comunicaciones a estaciones radáricas, tránsito aéreo, artillerías antiaéreas, vigilancia de pistas aéreas, aeronaves de rescate y/o combate.

Los principales proveedores de equipos VSAT son:

- Gilat Network Systems
- HNS (Hughes Space and Communications)

- ViaSat
- Indirect

#### **4.15.1. Estación Hub.**

El HUB es una estación más dentro de la red pero con la particularidad de que es más grande (la antena típicamente es 4 a 10 metros y maneja más potencia de emisión -PIRE-). Habitualmente el HUB está situado en la sede central de la empresa que usa la red, la unidad de RF se encarga de transmitir y recibir las señales. Su diagrama de bloques completo sería similar al de la ODU de terminal VSAT.

Desde el HUB se monitoriza toda la red de VSAT's. De ello se ocupa el Network Management System (NMS). El NMS es un computador o estación de trabajo que realiza diversas tareas como:

- Configurar la red (puede desearse funcionar como una red de broadcast, estrellado o malla). Control y alarma.
- Monitorización del tráfico.
- Control de los terminales:
- Habilitación y deshabilitación de terminales existentes
- Inclusión de nuevos terminales.
- Actualización del software de red de los terminales.
- Tareas administrativas:
- Inventario de los terminales.
- Mantenimiento
- Confección de informes.
- Tarifación (en caso de ser un HUB compartido).

Por lo que se ve gran parte del éxito de una red VSAT radica en la calidad del NMS y en su respuesta a las necesidades de los usuarios.

#### **4.15.2. Sistema HX Gateway.**

Un rack básico contiene [Hughes, 2008]

- Un outroute de subida de 45Msps
- Cuatro (CDS) sistema configurable de demodulación de subida
- Cada CDS soporta

- Mescla de múltiples tramas de inroutes
- 2.45 Msps de subida para un entramado por 1 CDS
- Un total de 9.8 Mpsp de subida para 4 CDS
- Un puerto para conexión Ethernet
  - Enrutador Enterprise

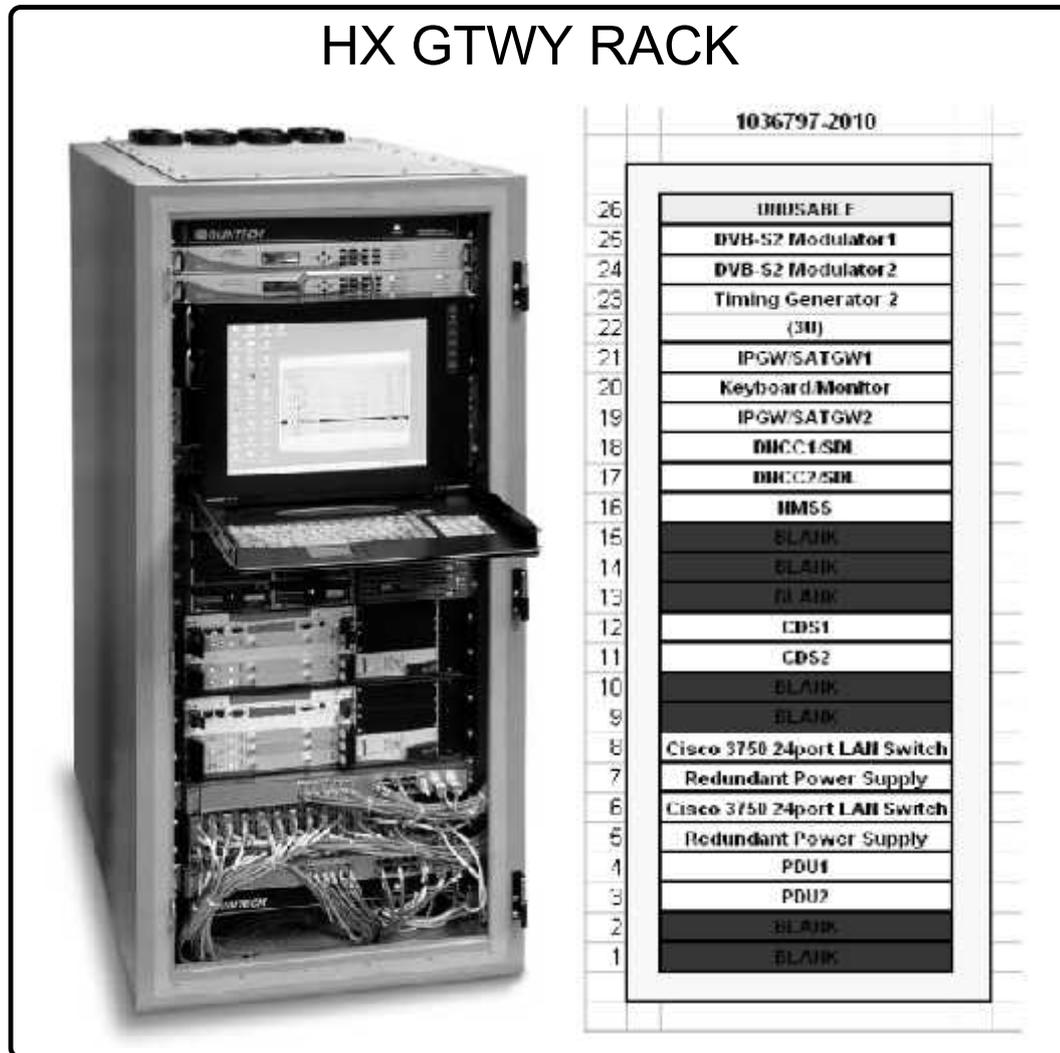


Figura 4. 12Rack Gateway HX  
Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

- Cinco servicios en el rack
  - PI Gateway / Satélite Gateway (IPGW/SatGW) redundancia 1:1
  - Centro de control dinámico de la red/gestión Gateway (DNCC/MGW) redundancia 1:1
  - PI Gateway / Satélite Gateway (IPGW/SatGW) redundancia 1:1

- Un servidor para NMSS visión, control condicional de acceso (CAC), base de datos Oracle, servidor de archivos de gestión (MFS), Monitor Quality PC (QMPC), y HP Openview (opcional)
- Opciones de expansión del rack
  - Para CDSS adicionales
  - Servidores adicionales

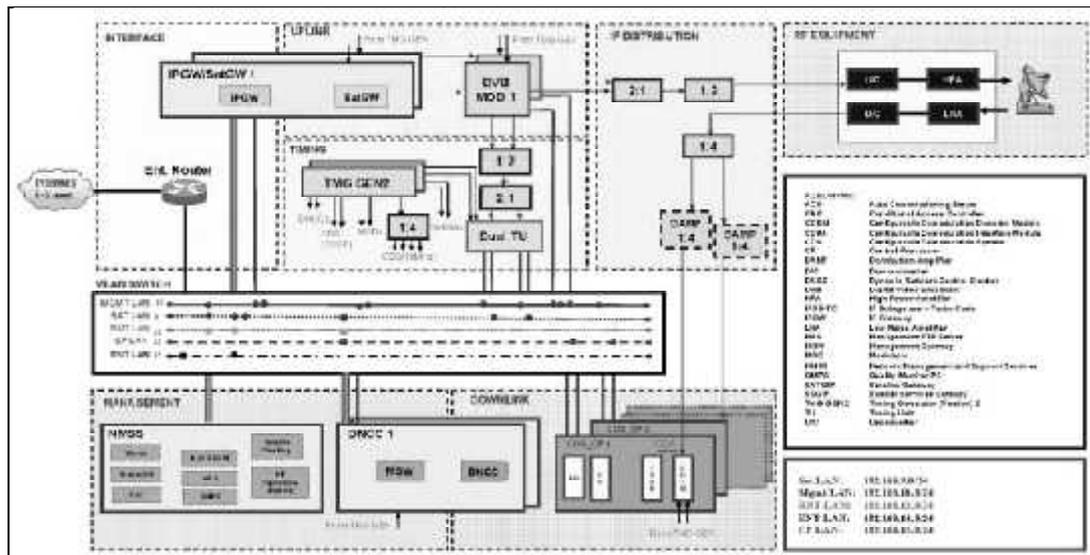


Figura 4. 13 Diagrama en bloques del sistema HX Gateway redundante  
Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

El HX GTWY tiene siete bloques importantes de funcionalidad:

- Interface.
  - Provee interface a internet o intranet.
  - Rendimiento de enrutamiento IP entre internet/intranet y sistemas. HX remotos.
- Enlace de subida (*Uplink*).
  - Trafico de múltiples outroute.
  - Rendimiento de modulación outroute.
- Enlace de bajada (*Downlink*).
  - Demoduladores y decodificadores Inroutes.
  - Rendimiento en la asignación del ancho de banda Inroutes.
- Distribución IF.
  - Provee interfaz entre la IF y el Equipo de RF.

- Sincronización.
  - Provee toda la sincronización necesaria para el sistema HX.
- Gestión.
  - Administra la red, incluyendo todos los terminales remotos y componentes del Gateway.
- Etapa de RF
  - Convierte y amplifica la señal outroute para transmitir al satélite
  - Amplifica y convierte la señal inroute de bajo ruido recibida.

#### 4.16. Gestión de la red y soporte de servicios.

El sistema Gateway y terminales remotos son administrados por un software de gestión de la red y servicios de soporte (NMSS *Network Management and Support Services*).

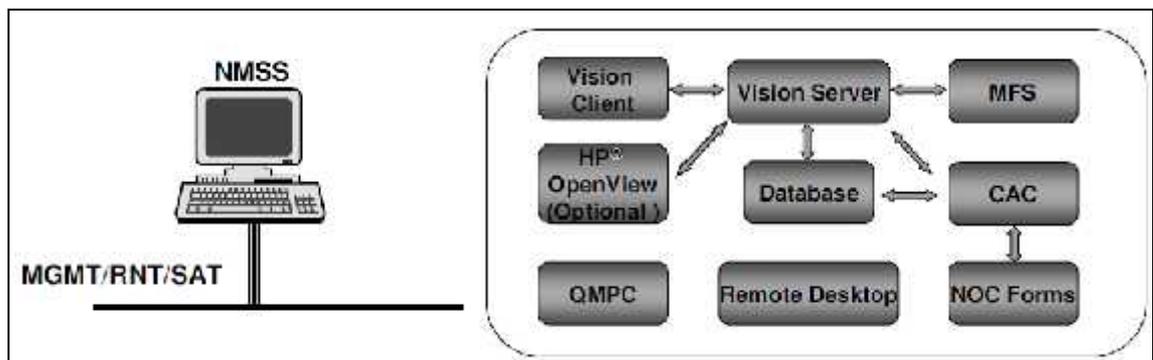


Figura 4. 14 Elementos del sitio de un equipo remoto  
Fuente: Manuales HUGHES.

El NMSS es usado para configurar, monitorear, y mantener un control del Gateway y los terminales remotos, bajo la utilización de Windows server 2003 soporta los siguientes elementos de gestión: Visión, base de datos (DB), controlador condicional de acceso (CAC), servidor de archivos de gestión (MFS), formas NOC, PC monitor de la calidad (QMPC), escritorio remoto y HP OpenView.

Vision Server.

- Es el elemento de la gestión dominante usado para configurar, supervisar y controlar todos los terminales remotos así como componentes manejables del GTWY.

#### Vision Server.

- Proporciona el interfaz de uso amigable para los operadores del Vision
- Puede ser instalada en una máquina separada para proporcionar otra consola de operador.
  - Este cliente es independiente del visión, llamado cliente PC basado en la Web.

#### Conditional Access Controller (CAC).

- Proporciona encriptación outroute para el sistema HX.

#### NOC Forms.

- Interfaz de operador para el servidor CAC.

#### Oracle Database.

- Lleva a cabo la información de configuración para Vision y el CAC.

#### QMPC.

- Supervisa estado local del outroute y proporciona la conmutación del outroute.

#### Remote Desktop.

- Acceso individual a los servicios del HX GTWY.

### **4.17. Descripción de equipos remotos.**

El sistema de HX ofrece alta velocidad satelital IP, conectividad entre el sistema HX (GTWY) y los múltiples terminales remotos HX. Mencionado sistema tiene dos tipos de terminales remotos:

- HX50.
- HX100.
- HX 150.
- Aplicación de voz.
- Aplicación serial.

El HX remoto es un enrutador satelital con su propio software.

- Los múltiples dispositivos IP pueden conectar con un HX remoto para tener acceso a las redes Internet/intranet.
- El HX remoto es independiente de los dispositivos IP conectados a él.

Las computadoras que estén conectadas a la red LAN pueden funcionar con cualquier sistema operativo, por ejemplo Windows, Unix, y Linux.

Un terminal HX remoto tiene acceso a un servidor Web que provee información para supervisión y monitoreo del sistema.

- El acceso básico a la Web proporciona la información y configuración del estado/estadísticas.
- El acceso avanzado a la Web proporciona estado/estadísticas adicionales así como utilidades para el administrador.

#### 4.17.1. Sitio del equipo remoto.

El equipamiento de un sitio remoto consiste de los siguientes elementos tal como se muestra en la figura 4.15:

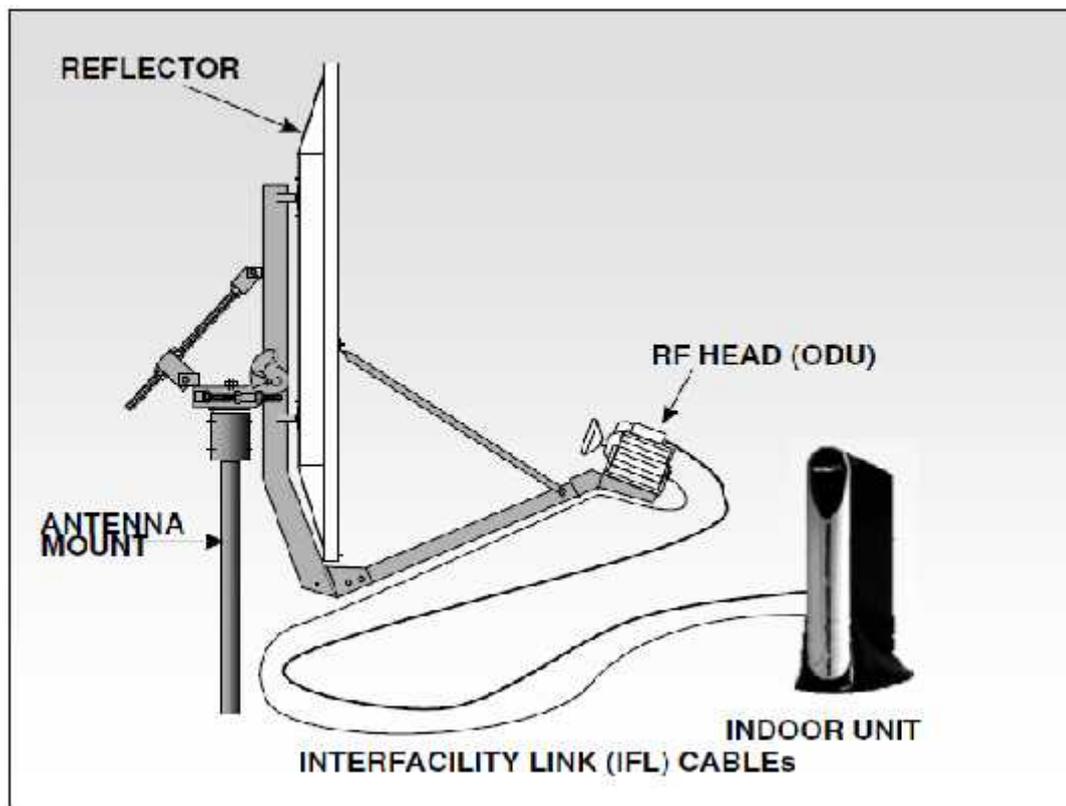


Figura 4. 15Elementos del sitio de un equipo remoto  
Fuente: Manual equipos remotos HX (Hughes)

Antena.

- Antenas rectangular y parabólica.
- Múltiple variedad de medidas (74cm, 98cm, 1.2m, 1.8m.).

Se debe considerar el diámetro de la antena ya que determina su ganancia y el ancho del haz , las de mayor diámetro tienen mayor ganancia y haces más directivos en cambio las antenas pequeñas tienen menor ganancia y haces más amplios, por lo que son más susceptibles de generar y recibir interferencias de satélites adyacentes.

Antes de realizar la instalación, debe hacerse una inspección para saber si es posible que se pueda apuntar al satélite correctamente. Por lo que debe tenerse en cuenta los siguientes puntos importantes:

- Es importante tener ángulos de elevación mayores a 15 grados (recomendados por UIT) para reducir el riesgo de encontrar obstáculos en la línea de vista de las antenas, también, es decir, que no debe haber obstáculos entre la ubicación de la antena parabólica y el satélite, Esto se realizará con ayuda de una brújula y un inclinómetro para ubicarnos en la zona.
- Comprobación de ausencia de Interferencia, Es decir que en la ubicación de la antena parabólica no debe estar cerca de motores eléctricos, cables de energía eléctrica, transformadores de energía eléctrica, u otros factores que pueden interferir con la señal de microondas que recibe o transmite la antena parabólica.
- Espacio suficiente, Si se ubicara la antena parabólica en la azotea, deberá tenerse en cuenta el espacio que ocupa esta, se recomienda que tomando como centro la base en donde se pondrá la antena parabólica, se proceda a hacer una circunferencia de 2.5 metros para verificar que no exista algún impedimento al momento de mover hacia la derecha o hacia la izquierda. Además de esto, se debe considerar que por trabajar con alta frecuencia es peligroso acercarse a la antena cuando está trabajando (recibiendo/Transmitiendo), por lo que se deben tomar las precauciones del caso.

ODU (OutdoorUnit)unidad diseñada para exteriores.

- Se lo conoce como radio o unidad de RF.
- Potencia: 1W. o 2W. para la banda Ku; 2W para la banda C; 1, 2, y 3 ½ W para la banda Ka.

IFL (Outdoor Unit) cable

- Cable IFL para la transmisión (Tx).
- Cable IFL para la recepción (Rx).

IDU (IndoorUnit) unidad para interiores.

- HX50, HX100.
- Router satelital dos vías de alto rendimiento.

#### **4.17.2. Ángulos visuales de una antena**

Para que el sistema satelital sea óptimo, la ganancia máxima de la antena de la estación terrena debe apuntar directamente al satélite. Para asegurar que la antena de la estación terrena esté alineada se deben determinar dos ángulos, el azimut y la elevación (llamados ángulos de visual de la antena). Estos ángulos deben ajustarse solo una vez porque el satélite permanece en determinada posición, salvo pequeñas variaciones ocasionales.

La ubicación del satélite se especifica en términos de latitud y longitud, como el satélite está a muchos kilómetros de la superficie, no tiene latitud ni longitud, identificando su posición con un punto en la superficie directamente abajo del satélite, este punto se llama punto sub-satelital (SSP, de sub-satellitepoint). Este punto debe caer sobre el ecuador, logrando así que se pueda especificar la localización del satélite y las estaciones terrenas en términos de latitud y longitud. Como los satélites geosíncronos están sobre el ecuador, todos tienen latitud 0°, por ende, su ubicación se especifica en grados de longitud al este o al oeste del meridiano de Greenwich.

#### **4.17.3. Ángulo de elevación**

Es el ángulo vertical que se forma entre la dirección de una onda electromagnética irradiada por una antena de estación terrestre que apunta hacia el satélite y el plano horizontal. Si el ángulo de elevación es menor y la distancia que recorre la onda a la atmósfera es mayor, como cualquier onda

propagada puede sufrir absorción y contraer ruido y mucho más si la distancia es muy grande, la onda se puede deteriorar hasta el grado de no proporcionar una calidad aceptable, por eso se considera que el ángulo mínimo aceptable son 5°

#### 4.17.4. Ángulo de Azimut

Es la distancia angular horizontal a una dirección de referencia, que puede ser el punto sur o norte del horizonte. Se define como el ángulo horizontal de apuntamiento de una antena de estación terrestre. Para navegación, este ángulo puede medirse en grados desde el norte verdadero, en el sentido de las manecillas del reloj. Para estaciones terrestres del hemisferio norte, la referencia general de este ángulo es la dirección del sur verdadero.

Los ángulos de elevación y de azimut dependen de la latitud y la longitud de la estación terrena y del satélite en órbita. Para determinar los ángulos de elevación y de azimut de un satélite geoestacionario es necesario tener un buen mapa, determinar la latitud y longitud de la estación terrena, determinar la longitud del satélite, calcular la diferencia en grados entre la longitud del satélite y la estación terrena.

#### 4.17.5. Terminal HX50.

Este enrutador (*router*) satelital remoto de alto rendimiento soporta altas velocidades en conexiones IP para varias aplicaciones TCP/IP [11].

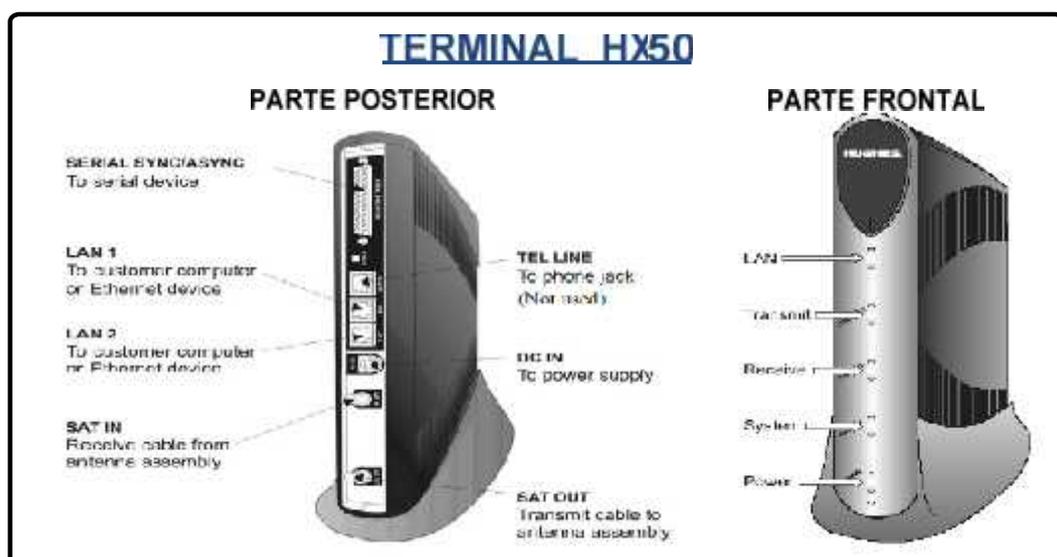


Figura 4. 16 Interfaces e indicadores HX50.

Fuente: Manual equipos remotos HX (Hughes)

A continuación se muestra sus principales especificaciones:

Especificaciones mecánicas y alimentación.

- Peso (IDU) 4.8 libras (2.18 Kg.).
- Dimensión 11.5" W x 1.8 " H x11" D29.21 cm W x 4.7 cm H x 27.94 cm.
- Energía de alimentación 90-264 VAC; 50-60 Hz. Requiere de un adaptador AC/DC (1031105-0001, 2.85A).

Especificaciones satelitales.

- Recepción.
  - DVB-S2 *outroute* de subida 121 Mbps.
  - Ó DVB-S *outroute* de subida 72 Mbps.
- Transmisión.
  - QPSK, up to 1.024 Msps (1.6 Mbps).
- Radio.
  - 1 or 2 W. banda Ku; 2 W. banda C; 1, 2, or 3 ½ W banda Ka

#### **4.17.6. Terminal HX100.**

El HX100 es un enrutador (*router*) satelital remoto de alto rendimiento soporta altas velocidades en conexiones IP para varias aplicaciones TCP/IP. Entrega tráfico IP al GTWY a través de *outroute* y *inroutes*.

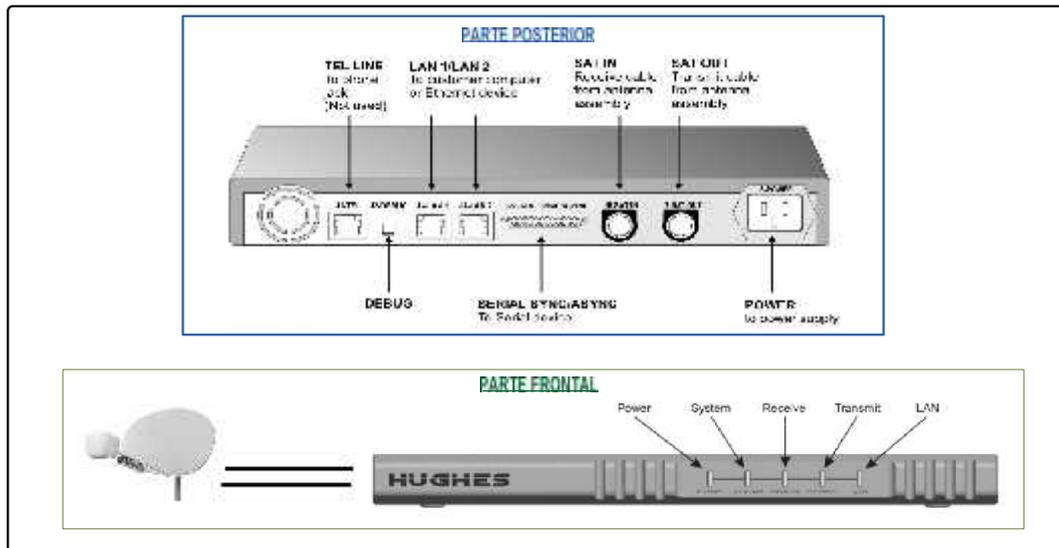


Figura 4. 17 Interfaces e indicadores H100.  
Fuente: Manual equipos remotos HX (Hughes)

Este terminal remoto posee las siguientes especificaciones:

Especificaciones mecánicas y ambientales.

- Dimensión: 1U de 19" para montaje en el rack.
- Peso (IDU) 4.5 libras (2.5 Kg.).
- Dimensión 1p" W x 1.75 " H x18" D (48.26 cm W x 4.45 cm H x 45.72 cm.D)
- Energía de alimentación 90-264 VAC; 50-60 Hz. Requiere de un adaptador AC/DC (1031105-0001, 2.85A).

Especificaciones satelitales.

- Recepción.
  - DVB-S2 *outroute* de subida 121 Mbps.
  - Or DVB-S *outroute* de subida 72 Mbps.
- Transmisión.
  - QPSK, up to 2.048 Msps (3.2 Mbps).
- Radio.
  - 1 or 2 W. banda Ku; 2 W. banda C; 1, 2, or 3 ½ W banda Ka

#### 4.17.7. Terminal HX150.

El HX150 es un enrutador (router) satelital remoto de alto rendimiento soporta altas velocidades en conexiones IP para varias aplicaciones TCP/IP. Entrega tráfico IP al GTWY a través de outrouteyinroutes, en la figura 4.18 podemos observar la apariencia física de este terminal.



Figura 4. 18 Interfaces e indicadores H150.  
Fuente: Manual equipos remotos HX (Hughes)

Especificaciones:

- Dimensión: 1U de 19" para montaje en el rack.
- Peso (IDU) 5.5 libras.
- Energía de alimentación 90-264 VAC; 50-60 Hz.
- Dos puertos LAN Ethernet Base T.
- Soporta IPoSOutroute e Inroute.
- Rango de frecuencia: Banda Ku, C, C extendida y Ka.
  - Banda L ODU Inruote 2 Msps.

#### 4.17.8. Terminal HX200.

Este nuevo enrutador brindan hasta el doble de rendimiento en la transmisión de datos, basándose en la gestión avanzada de ancho de banda DVB-S2/ACM, esta nueva plataforma de enrutadores permiten a los operadores configurar rápidamente topologías de red en estrella y malla para brindar servicios combinados y de costo eficiente de voz y datos en malla, incluyendo aplicaciones móviles (en movimiento), resultan ideales para las redes privadas y las redes de retorno de telefonía celular, en la siguiente figura se observa la apariencia física y los LEDs indicadores.

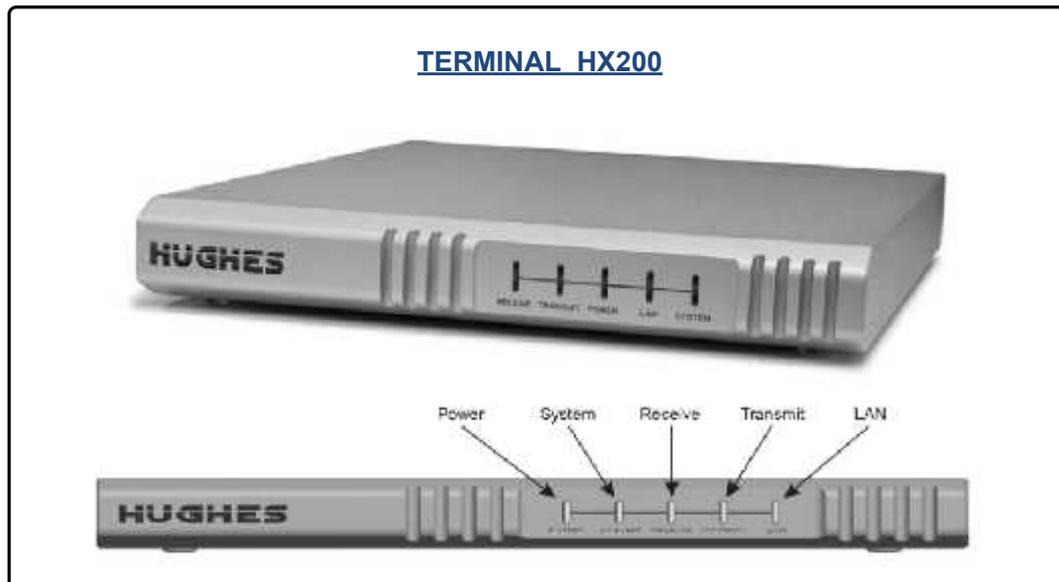


Figura 4. 19LEDs indicadores HX200.  
Fuente: Manual equipos remotos HX (Hughes)

Es un enrutador de alto desempeño que soporta conexiones IP de alta velocidad, monitoreado y controlado a través de SNMP desde el GTWY.

Posee un puerto de salida de 10 MHz para sincronismo de equipos externos

Especificaciones:

- Dimensiones: 1 U para rack de 19 “
- Peso: 5,5 lbs.
- Alimentación: 90-264 VAC; 50. 60 Hz a través de una fuente AC/DC externa
- 2 puertos 10/100 Base T Ethernet LAN
- Frecuencia: Ku, C
- Usa una ODU Hughes con capacidad hasta Inroute de 2 Msps.

A continuación se muestra los indicadores LEDs del panel frontal:

**LAN:** muestra cuando la LAN está conectada y lista para ser usada o si hay una condición de transmisión y recepción.

**Transmit:** muestra cuando el terminal puede transmitir o está transmitiendo o si alguna condición no permite transmitir.

**Receive:** muestra cuando el terminal puede recibir está recibiendo o si alguna condición no permite recibir.

**System:** muestra cuando el sistema esta operacional o no

**Power:** muestra cuando el equipo esta energizado o no y está operando normalmente.

**Estado Normal:**

**Power&System LED=** Siempre prendido.

**Transmit&Receive& LAN LED =** intermitente cuando las tramas son enviadas o recibidas.

#### **4.18. Opciones de equipos para comunicaciones militares.**

El desarrollo de tecnología militar se ha centrado en dar respuestas a las necesidades emergentes de la modernización criptográficas, y ha profundizado en la estrategia de defensa, obediencia de la seguridad clasificada de datos en la red, interoperabilidad seguridad para las IP de borde, los países más industrializados han desarrollado sistemas como el Galileo, creando confrontaciones trasatlánticas (pues implica ser una amenazante competencia al GPS y al millonario negocio asociado, hasta ahora prácticamente monopolístico), ya que se abre la posibilidad de que en potenciales escenarios de guerra los enemigos de EUA puedan usar la información generada por el Galileo si es que la UE decide no bloquearlo. Es precisamente por ello que ante tal situación EUA ha destinado una millonaria inversión en dólares para remodelar el GPS y ponerlo a la altura de lo que será el Galileo, es una preocupación mayor para EUA pues se coloca como la respuesta europea al Sistema de Posicionamiento Global militar de EUA. Es el medio esencial tanto para el negocio de las telecomunicaciones y los sistemas meteorológicos, como para el despliegue de tropas y armamento balístico en escenarios de guerra.

Servirá para múltiples usos tanto civiles como policiaco-militares y de espionaje (inclusive potencialmente de tipo clandestino) y, aunque compatible con el sistema estadounidense *Global PositioningSystem* (GPS) y con el ruso *Global OrbitingNavigationSatelliteSystem* (Glonass), el Galileo será totalmente independiente (de EUA y la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN)), y en su modalidad militar, de control exclusivo de los europeos.

Es necesario mencionar que los equipos para las estaciones en tierra que estas industrias han desarrollado cumplen con normas y estándares de UIT, pero tiene determinadas limitaciones al acceso de la tecnología utilizada en sus satélites como medidas estratégicas de seguridad nacional para los países miembros. Aquí es necesario reflexionar y reconocer que los usuarios son vulnerables a la violación de información.

En la comercialización de equipos con fines de aplicaciones militares, los proveedores exigen que los países interesados cumplan con determinados requisitos para asegurarse que no sea empleados con fines maliciosos como terrorismo o narcotráfico.

#### **4.18.1. Sistema Man-Pack.**

Man-pack (Hughes) es una solución VSAT transportable (tal como se muestra en la figura 5.20) adaptada a estándares militares para facilitar comunicaciones anti-guerrilla, control fronterizo, voz, video, interfaz remota para sensores. Resulta ser una excelente opción debido a la flexibilidad que presenta para su montaje, desmontaje y transporte.

La versión de SkyEdge Global Light presenta las siguientes características:

- Componentes GlobalLight.
  - Modem adaptado para condiciones extremas.
  - Antena banda Ku: 0.47m or 135X67cm.
  - Kit de soporte: Mochila, Inclinómetro, Compas.
- Peso: ~ 25 Kg (modem + trípode + antena 0.47m).
- GlobalLight puede ser empacada y transportada por un soldado.
- Puede ser instalada en menos de 10 minutos.
- Accesorios GlobalLight:
  - Kit Energía 24VDC (2 baterías) + cargador 220 V AC.
  - PC adaptada para condiciones extremas.



Figura 4. 20 Sistema Man-Pack.  
Fuente: Manual ensamblaje antena HX (Hughes)

- Estándar militar.
  - Mil-STD 461 E (para interferencias electrónicas).
  - Mil-STD 810 F (condiciones ambientales).

#### 4.18.2. El ViaSat AN/PSC-14c.

Se ha construido un sistema muy robustos, portátil de diseño táctico específicamente para uso militar, proporciona una gran fortaleza con una gama completa de seguridades para la voz y datos, el dispositivo es transportable a través de una sola mochila militar con poco espacio y bajo peso que también es vehículo montable en rack.

En el anexo “C” se muestra la tabla donde se puede observar sus especificaciones:



Figura 4. 21 Sistema **ViaSat AN/PSC-14c**.  
Fuente: [http:// www.bgan.viasat.com](http://www.bgan.viasat.com).

ViaSat Inc. (Nasdaq: VSAT) ha recibido la certificación de la agencia de seguridad nacional (NSA) para el AN/PSC-14 terminal construido sólidamente integrado a la red global de banda ancha del manpack (BGAN). Éste es el primer terminal pequeño de su clase para combinar un terminal satcom de Inmarsat BGAN en un paquete robusto y táctico con la seguridad encajada del tipo 1 para las comunicaciones clasificadas. El AN/PSC-14 permite velocidades de acceso de 422 Kbps ascendente casi cualquier lugar del mundo. Gracias a su diseño y seguridad proporciona una rápida y simplificada operación bajo las condiciones más adversas. Con esta nueva certificación, ViaSat ha logrado satisfacer a una ancha comunidad de usuario, incluyendo clientes del Departamento de Defensa de los E.E.U.U., seguridad nacional, y gobiernos internacionales autorizados. Los equipos militares utilizan una batería estándar que le proporciona ocho horas completas, usted puede recargarlo en fuentes de 11-36 voltios corriente continua, Tales como un adaptador de la energía del vehículo. Los productos portátiles de ViaSat SATCOM también incluyen el VRT-100 todo-robusto que proporciona voz de BGAN y servicios del IP Sin la encriptación, el terminal posee un módem de ArcLight®, cuya forma de onda dentro del espectro de extensión de ArcLight, permite el uso de las pequeñas antenas que funcionan dentro de las pautas reguladoras de la FCC y del ITU para interferencia basada en los satélites adyacente. Más detalles en las características del AN/PSC-14 (C), VRT-100, y otros terminales de ViaSat, incluyendo cómo comprar o arreglar para una demostración, se pueden encontrar en [bgan.viasat.com](http://bgan.viasat.com).

### 4.18.3.Sistema BGAN

El acceso al servicio BGAN se obtiene a través de una gama de pequeñas y livianas terminales satelitales, las cuales suministran opciones de desempeño que se ajustan a diferentes necesidades operacionales. Las terminales estándares son altamente portátiles y se pueden usar en interiores o al aire libre, ya que son lo suficientemente robustas para resistir entornos difíciles y temperaturas extremas. Los sistemas vehiculares constan de una terminal montable en soporte, interior, y una antena discreta de rastreo, que se monta sobre el techo del vehículo. Las terminales estándares más pequeñas son más convenientes para un solo usuario, para quien la portabilidad es una consideración importante.

Las terminales estándares más grandes ofrecen capacidad WLAN y son particularmente aptas para pequeños equipos de trabajo, que necesiten establecer una oficina provisional durante períodos prolongados. Asimismo son adecuadas para los usuarios que requieran un ancho de banda mayor que les permita usar aplicaciones como la transmisión en directo.



Figura 4. 22Terminal BGAN.  
Fuente: inmarsat.com

Se usa una tarjeta SIM de Inmarsat, con saldo medido en créditos que permiten usar el servicio de internet y telefónico. Lo importante de este sistema es que se lo puede usar como alterno ante la posible falla de algún dispositivo VSAT.

#### 4.19. Valoración económica del proyecto.

Para determinar la valoración económica se ha considerado todos los costos de Hardware y Software necesarios que garanticen la instalación, configuración pruebas y funcionamiento adecuados de los equipos que conforman la nueva red de VSAT, así como el costo de obra civil para la implementación del HUB con la respectiva plataforma para la ubicación de la antena parabólica. En la Tabla 4.3 se detallan los costos principales, y características de los equipos necesarios para la implementación de esta red.

Tabla 4.3. Costo total del proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	V.TOTAL
1	<u>HUB</u> Sistema HX Gateway con redundancia 1:1 (antena parabólica)  Software de gestión de la red y servicios de soporte (NMSS Network Management and Support Services)  Obra civil	1	50000,00	50000,00
2	Segmento espacial 1.256 Mbps (por año)	1	75360,00	75360,00
3	Terminal HX200	10	1500,00	15000,00
4	Antena HX (Hughes) Man-Pack.	10	1000,00	10000,00
5	Terminal HX50	5	1000,00	5000,00
6	Antena HX (Hughes) parabólica 1.2m.	3	1200,00	3600,00
7	Terminales SIP	15	140,00	2100,00
8	Switch no administrable 10/100Mbps, 8 puertos eth.	13	30,00	390,00
9	Grupo electrógeno 1.2 KVA 110VAC autonomía 3 horas	5	1200,00	6000,00
10	UPS 1KVA	13	400,00	5200,00
11	Laptop 2Gb RAM, core 2 duo, HD 500GB ó superior	10	800,00	8000,00
12	PC escritorio	3	600,00	1800,00
13	Mano de obra instalación, configuración y capacitación	1	30000,00	30000,00
<b>TOTAL</b>				<b>212450,00</b>

Fuente: Mercado nacional e internacional.

## **CONCLUSIONES.**

Este trabajo ofrece un marco referencial que contribuye con información de las bondades que posee el sistema VSAT y las soluciones que ofrece en cuanto a comunicaciones en zonas remotas como alta montaña y selváticas del territorio ecuatoriano. Sistema que gracias a los avances tecnológicos se ha logrado la reducción en el tamaño y costo de accesorios y equipos dando como resultado que sean accesibles a los usuarios.

También se ha logrado optimizar el ancho de banda, gracias a la evolución de nuevos tipos de modulación y mejoras en los estándares de codificación y multiplexación para el transporte de datos, así mismo se ha alcanzado importantes mejoras en las topologías de redes en malla, permitiendo comunicaciones en un solo salto.

Un importante logro en las comunicaciones VSAT es la adopción del estándar para la difusión de video digital por satélite DVB-S, permitiendo de esta forma llegar hasta usuarios domésticos con servicios de TV digital y acceso a internet.

Por las características y bondades que las comunicaciones satelitales ofrecen, el sistema VSAT resulta una opción adecuada para aplicaciones militares permitiendo integrarse con la red existente de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas.

## **RECOMENDACIONES.**

Como se indica en este trabajo se recomienda adquirir equipos que presenten flexibilidad en cuanto a movilidad y trabajen con uso de la banda Ku debido a que el uso de esta reduce el tamaño en las antenas, también es importante mencionar la elección del proveedor del segmento espacial sobre el territorio ecuatoriano, y los que mejores condiciones presentan para comunicaciones son los satélites de INTELSAT, SATMEX 5 y SATMEX 6.

Determinar el tráfico necesario para brindar soluciones de comunicaciones en zonas remotas del territorio nacional tomando en consideración el elevado costo por alquiler del segmento espacial.

Adquirir equipos adecuados para los distintos escenarios y ubicación dependiendo de su uso, aplicación y área geográfica.

Realizar la Instalación de la estación HUB junto a un gran comando o centro de mando y control, donde exista mayor flexibilidad de ingreso al personal de alto rango para acceder a la información que permita facilitar la toma de decisiones.

Considerar en el futuro la ampliación de la red hasta las islas Galápagos ya que también forman parte de la república del Ecuador.

## BIBLIOGRAFIA.

- [1] Neri Vela Rodolfo “Comunicaciones por Satélite” Thomson<2003>,<México><487 páginas>
- [2] Garcia Ruiz de Angulo J.J. “Los Satélites de Comunicaciones”, Gersa<1989><España><241 páginas>
- [3] Cruz Corona Pablo “Satélites de Radioaficionados” ,Marcombo S.A.<1994><España><170 páginas>
- [4] López García M.J. y V. Caselles “Teledetección en el Seguimiento de los Fenómenos Naturales”, Curso de Postgrado<España><407 páginas>
- [5] Freeman Roger L. “Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones”, Limusa<1996><México><606 páginas>
- [6] Wayne Tomasi “Sistemas de Comunicaciones Electrónicas”, Prentise-Hall, Cuarta Edición, <2003> ,<Mexico>,<976 páginas>
- [7] Couch Leon W., Romero Elizondo Ricardo Javier , Cuevas Ruiz José Luis “Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicas” Pearson Educación, <2008> , <Mexico>,<756 páginas>
- [8] James Wood “Sistemas de Telecomunicaciones Vía Satélite”, Paraninfo, <1995> ,<México><272 páginas>
- [9] Huidobro José Manuel “Tecnologías Avanzadas en Telecomunicaciones” ,Paraninfo, <2006> , <México><339 páginas>
- [10] “Introduction to Network Management and Support Services”, HUGHES, <2008><58 páginas>
- [11] HX System “Remote Equipment Description”, HUGHES, <2008><90 páginas>
- [12] HX System “Satellite System and TCP//IP Overview”, HUGHES, <2008><30 páginas>
- [13] HX System Architecture, HUGHES, <2008><28 páginas>

- [14] HX System Gateway Description, HUGHES, <2008><14páginas>
- [15] M. Calvo Ramón, A. Garcia Pino, R. MartinezRodriguez-Osorio ,“*Comunicaciones por Satelite*” , Servicio de publicaciones ETSIT-UPM,<2005>
- [16] Gérard Maral, Charles W. Bostian, Jeremy E. Allnutt“*Satellite communication System*” , SegundaEdición, John Wiley & Sons, <2002>
- [17] Vijay K. Bhargava“*Digital communications by satellite: Modulation multiple Access and Coding*” , John Wiley & Sons, <1981>
- [18] Bruce R. Elbert, “*The Satellite communication applications handbook*” ,SegundaEdición, Artech House, <2004>
- [19] Z. Sun,“*Satellite Networking: Principles and Protocols*” ,SegundaEdición, John Wiley & Sons, <2005>

#### **PAGINAS WEB CONSULTADAS**

- [20] Ku-BAND VSAT TRANSCEIVER [http://www.anacominc.com/prod\\_ku.html](http://www.anacominc.com/prod_ku.html)27-julio-2010.
- [21] RECOMENDACIONES PARA INSTALAR UNA ANTENA PARABOLICA <http://www.viasatelital.com/satmex6.htm> 24-julio-2010.
- [22] SATÉLITES ARTIFICIALES.[http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite\\_artificial](http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_artificial) 27- julio-2010.
- [23] SATELITES [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo) 6-septiembre- 2010.
- [24] CONFERENCIA VSAT 2012 [http://www.comsys.co.uk/wvc\\_main.htm](http://www.comsys.co.uk/wvc_main.htm)  
2-diciembre-2011
- [25] SERVICIOS DE COMUNICACIÓN SATELITAL<http://www.comsat.com.mx>  
2-octubre-2010.
- [26] RECOMENDACIONES PARA INSTALAR UNA ANTENA PARABOLICA <http://www.viasatelital.com/satmex6.htm> (Consulta: 24 de julio de 2010)

[27] REDES <http://www.elitesatnetworks.com/> 27- julio-2010.

[28] COBERTURA <http://www.intelsat.com/flash/coverage-maps/index.html>

25-diciembre-2010.

[29] COMUNICACIÓN

SATELITAL <http://www.comunicacionsatelitalt5.blogspot.com/2011/03/comunicaciones-satelitales-en-colombia.html> 04-marzo-2011.

[30] ENLACE

SATELITAL [http://www.materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/Enlace\\_Satelital.pdf](http://www.materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/Enlace_Satelital.pdf) 25-abril-2011.

## ANEXOS.

### Anexo “A”

Tabla A.1.Usuarios VSAT en el mundo

Usuarios	País	Sector Industria	Lugares con Servicio	Inicio	Vendedor del Sistema	Operador
Accord Restaurants	Brazil	Restaurantes	300	2006	Gilat	Embratel
Banco Itau	Brazil	Bancario	600	1989	Hughes	HNS Brazil
Banco do Brasil	Brazil	Bancario	500	1993	Gilat	Embratel
Best Western	USA	Hospitales	2,383	1995	Hughes	HNS
BP/Amoco	USA	Gas/Conveniencia	5,8	1994	Hughes	HNS
Bombay Stock Exchange	India	Finanzas	2	1997	Hughes	Dedicated
Camelot/GTECH	UK	Lotería	27	2007	Hughes	HNS Europe
Central Bank of Iran	Iran	Bancario	1,45	1993	Hughes	ISC
DZ Bank	Germany	Bancario	630	2001	Gilat	Satlynx
Enterprise Rent-a-car	USA	Alquiler autos	4,648	1998	Hughes	Dedicated
FONCOS	Mexico	Rural	1,1	2005	Hughes	Telmex
Farmacias Similares	Mexico	Venta al pormenor	520	2006	iDirect	Elara
Footlocker	Europe	Venta al pormenor	120	2001	Hughes	HNS Europe
Ford	N Zealand	Representaciones	29	1999	Hughes	Optus
Hollywood Video	USA	Venta al pormenor	1750	1998	Gilat	Spacenet
HungarianStateLottery (SRT)	Hungary	Juegos	1,4	1993	Tridom	GTS
Independent Electoral Commission	South Africa	Gobierno	523	1997	Hughes	Telkom SA
JD Group	South Africa	Venta al pormenor	706	1995	Hughes	Telkom SA
National Stock Exchange	India	Finanzas	3,5	1994	Gilat	Dedicated
NICNet	India	Información	500	1985	Equatorial	NICNet
RiteAid	USA	Venta al pormenor	5	1992	Hughes	Dedicated

Safeway/Argyll	UK	Venta al pormenor	670	1994	ViaSat	BT
ShenzhenSecurities	China	Finanzas	2,23	1993	ViaSat	Dedicated
ShoppersDrugMart	Canada	Venta al pormenor	745	1995	ViaSat	Dedicated
Spanish Post Office (OACT)	Spain	Post Office	785	1994	NEC	Telefónica
TransNet	South Africa	Ferrocarril	227	1995	ViaSat	TransTel
US Postal Service	USA	Oficina Postal	10,4	1998	Gilat	Spacenet
VenezuelanGovernmentElections	Venezuela	Gobierno	5	2004	Gilat	Spacenet RC
Wendy's Restaurants	USA	Restaurantes	1,87	2001	Hughes	Hughes

Fuente: [www.comsys.co.uk](http://www.comsys.co.uk)

Tabla A.2. Usuarios VSAT en el mundo

Usuarios	País	Sector Industria	Lugares con Servicio	Inicio	Vendedor del Sistema	Operador
Banco del Sur	Venezuela	Banking	10	1996	Hughes	Bantel
BP	Poland	Utility	10	2006	Gilat	Satlynx
Canadian NationalRailway	Canada	Railway	4	1991	Hughes	Telesat
Central Electricity	India	Utility	2	1997	Gilat	HCL Comnet
Coca-Cola	Pakistan	Manufacturer	1	1997	ParaGea	Comstar
Coca-Cola Beverages	Hungary	Manufacturer	6	1994	NEC	SatNetHungary
Consolidated Natural Gas Transmission	USA	Pipeline	4	1997	Gilat	Nova-Net
Copersuca	Brazil	Manufacturer	3	1999	Tridom	ComsatBrazil
De Beers	Namibia	Mining	11	1997	iDirect	Internet Solutions
El Sid Electric Co.	Romania	Utility	3	2006	Gilat	RadioCom
Grain Marketing Board	Zimbabwe	Government	8	1999	Hughes	P&T Zimbabwe
Halliburton	Egypt	Oil/Gas	3	1999	NEC	ESC
NTL	UK	Telecoms	1	1998	TSAT	Dedicated
Tri-State Colorado	USA	Utility	10	2004	TSAT	Dedicated
TVS Group	India	Manufacturer	10	1996	STM	HCL Comnet

Fuente: [www.comsys.co.uk](http://www.comsys.co.uk)

## Anexo “B”

Tabla B.1. Ejemplos de tasas de bits para DVB-SOutroute

Symbol Rate (Msps)	InformacionRate (Mbps) para varios entramandos FEC				
	<b>1/2</b>	<b>2/3</b>	<b>3/4</b>	<b>5/6</b>	<b>7/8</b>
<b>30</b>	27.647	36.863	41.471	46.78	48.382
<b>29.5</b>	27.186	36.248	40.779	45.310	47.576
<b>29</b>	26.725	35.634	40.088	44.542	46.770
<b>28.5</b>	26.265	35.020	39.397	43.775	45.963
<b>28</b>	25.804	34.405	38.706	43.007	45.157
<b>27.5</b>	25.343	33.791	38.015	42.239	44.350
<b>27</b>	24.882	33.176	37.324	41.471	43.544
<b>26.5</b>	24.422	32.562	36.632	40.703	42.738
<b>26</b>	23.961	31.948	35.941	39.935	41.931
<b>25.5</b>	23.500	31.333	35.250	39.167	41.125
<b>25</b>	23.039	30.719	34.559	38.399	40.319
<b>24.5</b>	22.578	30.105	33.868	37.631	39.512
<b>24</b>	22.118	29.490	33.176	36.863	38.706
<b>23.5</b>	21.657	28.876	32.485	36.095	37.900
<b>23</b>	21.196	28.261	31.794	35.327	37.093
<b>22.5</b>	20.735	27.647	31.103	34.559	36.287
<b>22</b>	20.275	27.033	30.412	33.791	35.480
<b>21.5</b>	19.814	26.418	29.721	33.023	34.674
<b>21</b>	19.353	25.804	29.029	32.255	33.868
<b>20.5</b>	18.892	25.190	28.338	31.487	33.061
<b>20</b>	18.431	24.575	27.647	30.719	32.255
<b>10</b>	9.216	12.288	13.824	15.359	16.127
<b>5</b>	4.608	6.144	6.912	7.680	8.064

Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

Tabla B.2. Ejemplos de tasas de bits para DVB-S2 QPSKOutroute

Symbol Rate (Msps)	Información Rate (Mbps) para varios entramandos FEC						
	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK
	<b>1/2</b>	<b>3/5</b>	<b>2/3</b>	<b>3/4</b>	<b>5/6</b>	<b>8/9</b>	<b>9/10</b>
<b>45</b>	44.9	53.88	59.87	67.35	74.84	79.82	80.82
<b>40</b>	39.91	47.89	53.22	59.87	66.52	70.95	71.84
<b>35</b>	34.92	41.91	46.56	52.38	58.21	62.09	62.86
<b>34</b>	33.93	40.71	45.23	50.89	56.54	60.31	61.07
<b>33</b>	32.93	39.51	43.9	49.39	54.88	58.54	59.27
<b>32</b>	31.93	38.32	42.57	47.89	53.22	56.76	57.47
<b>31</b>	30.93	37.12	41.24	46.40	51.55	54.99	55.68
<b>30</b>	29.93	35.92	39.91	44.9	49.89	53.22	53.88
<b>29</b>	28.94	34.72	38.58	43.4	48.23	51.44	52.09
<b>28</b>	27.94	33.53	37.25	41.91	46.56	49.67	50.29
<b>27</b>	26.94	32.33	35.92	40.41	44.9	47.89	48.49
<b>26</b>	25.94	31.13	34.59	38.91	43.24	46.12	46.7
<b>25</b>	24.95	29.93	33.26	37.42	41.58	44.35	44.9
<b>24</b>	23.95	28.74	31.93	35.92	39.91	42.57	43.11
<b>23</b>	22.95	27.54	30.6	34.42	38.25	40.8	41.31
<b>22</b>	21.95	26.34	29.27	32.93	36.59	39.03	39.51
<b>21</b>	20.95	25.14	27.94	31.43	34.92	37.25	37.72
<b>20</b>	19.96	23.95	26.61	29.93	33.26	35.48	35.92
<b>10</b>	9.98	11.97	13.3	14.97	16.63	17.74	17.96
<b>5</b>	4.99	5.99	6.65	7.48	8.32	8.87	8.98

Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

Tabla B.3. Ejemplos de tasas de bits para DVB-S2 8PSKOutroute

Symbol Rate (Mps)	Información Rate (Mbps) para varios entramados FEC					
	8PSK	8PSK	8PSK	8PSK	8PSK	8PSK
	<b>3/5</b>	<b>2/3</b>	<b>3/4</b>	<b>5/6</b>	<b>8/9</b>	<b>9/10</b>
<b>34</b>	61.07	67.85	76.33	84.81	90.47	91.6
<b>33</b>	59.27	65.86	74.09	82.32	87.81	88.9
<b>32</b>	57.47	63.86	71.84	79.82	85.15	86.21
<b>31</b>	55.68	61.86	69.6	77.33	82.49	83.52
<b>30</b>	53.88	59.87	67.35	74.84	79.82	80.82
<b>29</b>	52.09	57.87	65.11	72.34	77.16	78.13
<b>28</b>	50.29	55.88	62.86	69.85	74.5	75.43
<b>27</b>	48.49	53.88	60.62	67.35	71.84	72.74
<b>26</b>	46.7	51.89	58.37	64.86	69.18	70.05
<b>25</b>	44.9	49.89	56.13	62.36	66.52	67.35
<b>24</b>	43.11	47.89	53.88	59.87	63.86	64.66
<b>23</b>	41.31	45.90	51.64	57.37	61.2	61.96
<b>22</b>	39.51	43.9	49.39	54.88	58.54	59.27
<b>21</b>	37.72	41.91	47.15	52.38	55.88	56.58
<b>20</b>	35.92	39.91	44.9	49.89	53.22	53.88
<b>15</b>	26.94	29.93	33.68	37.42	39.91	40.41
<b>10</b>	17.96	19.96	22.45	24.95	26.61	26.94
<b>5</b>	8.98	9.98	11.23	12.47	13.3	13.47

Fuente: Manual Arquitectura del Sistema HX

## Anexo “C”

Tabla A.1. Especificaciones dispositivo AN/PSC-14c

Fabricante:	ViaSat
Medidas:	292mm x 132mm (11.36kg)
Estándar IP:	Subida 258/422kbps (envía/recibe)
Velocidad de Tx IP:	32, 64, 128 or 256kbps (send and receive)
ISDN:	N/A
Voz:	Via RJ-11 or Bluetooth handset/headset
Interfaces de Datos:	Red and Black LAN Ethernet interfaces
Encriptación:	NSA-certificación HAIPIS Type1
Protección de ingreso:	IP 67

Fuente: [www.bgan.viasat.com](http://www.bgan.viasat.com).

## **GLOSARIO:**

### **A**

ACTS	Avanzada Tecnología de la comunicación por satélite (NASA del programa).
AD	Adjunto.
ADB	Banco Asiático de Desarrollo.
ADM	Add / dropmultiplexación
ADPCM	Diferencial adaptativa Pulse CodeModulation.
ADSL	Suscriptor Asimétrico de Línea Digital o B-ADSL de banda ancha-ADSL.
AFC	Control automático de frecuencia.
AIN	Avanzada de Red Inteligente.
Aloha	Término utilizado para describir el acceso a un canal de polémica.
AMPS	Teléfonos móviles avanzados del sistema, EE.UU. analógica celular.
AOR	Región del Océano Atlántico.
AP	Asia / Pacífico.
ASCII	American Standard Código para el Intercambio de Información.
AT&T	American Telephone&Telegraph Co.
ATC	Alarma de controlador de tránsito.
ATM	Modo de transferencia asíncrono.
Atenuación	La pérdida / absorción de señales de radiofrecuencia en la Atmósfera de la Tierra.
AUI	Unidad de interfaz autónoma.
<b>B</b>	
B-ISDN	RDSI de banda ancha.
BDM	Gerente de Desarrollo.
VER	Bit Error Rate.
Bird	argot plazo de un satélite.
BOD	Ancho de banda bajo demanda.
BPS	Bits por segundo.
BSS	Servicios de radiodifusión por satélite.
BT	Telecomunicaciones Británicas.

BTO BOT).	Construcción de Transferencia de operación (véase también el
BW	Ancho de banda.
<b>C</b>	
C/N	Carrier-to-Noise Ratio.
C-band	6 / 4 GHz (UL / DL) banda de frecuencias utilizada generalmente para enlaces por satélite en Asia, África y América Latina debido a su resistencia a la lluvia se desvanecen en comparación con la banda Ku pueden tener problemas de TI en los países desarrollados.
CA	Accesibilidad en el transporte.
CAGR	Tasa compuesta de crecimiento anual.
CAP	Proveedor de Acceso a la competencia.
CATV	Televisión por cable.
CBDS	Conexión de banda ancha del servicio de datos (la respuesta de Europa a SMDS).
CC	Centros de llamadas.
CCAF	La llamada de función de control del agente, en el bloque.
CCF	La llamada de función de control, en el bloque.
CCITT 7	Sistema de señalización 7 (SS7).
CCS	Completa satisfacción del cliente.
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código.
CDR	Registro Detallado de Llamadas.
CIS	Comunidad de Estados Independientes.
CLI	Identidad Línea de Llamada.
CME	Comprimido Equipos de Multiplicación.
CO	Oficina Central / Exchange local.
CODEC	Codificador decodificador.
CSC	Las señales de comando y control, que se utiliza en las redes de malla a la solicitud de conexión entre los terminales remotos.
CW	Llamada en espera.
Cw/ccw	Las agujas del reloj / en sentido contrario.

## D

DAMA	La demanda de acceso múltiple de asignación, el esquema de acceso por satélite, por lo general para la telefonía.
DARPA	Defensa de Proyectos de Investigación Avanzada Agency (EE.UU.)
DATE	Entidad de Telecomunicaciones debidamente autorizada.
dB	Decibel.
dBm	Decibel milivatios.
dBW	Decibel vatios.
DB	Visión, base de datos.
DBS	DirectBroadcastSystem/Satellite
D	Diámetro antena.
DC	Corriente Directa.
DCE	Equipo de Comunicación de Datos.
DECT	Teléfono Europeo Digital Inalámbrico.
DTMF	Tono Multi-frecuencia Dual.
DVB	Digital Video <i>Broadcast</i> .

## E

E1	2.048 Mbps
Eb /N	Energía de bit por densidad de ruido.
EIRP	Potencia irradiada isotrópica efectiva.
ES	Estación terrestre.
ESA	Agencia Espacial Europea.
EUA	Estados Unidos de América.
ETSI	Instituto Europeo de estándares de Telecomunicaciones.
EU	Unión Europea.

## F

FAT	Prueba de aceptación en fábrica
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones.
FDMA	Acceso Múltiple por División en Frecuencias.
FEC	Código de Corrección de Errores.
FOC	Configuración final de operación
FTP	Protocolo de Transferencia de Archivos.

Footprint	el área de la tierra cubierta por el haz de un satélite en particular.
FOS	Siga por satélite, la designación de Intelsat.
FPLMTS	Futuros sistemas públicos de Tierra de Telecomunicaciones Móviles.
FR	FrameRelay.
FSS	Servicio Fijo por Satélite.
FT	France Telecom.
FTTC	De fibra hasta la acera (en orden de marcha), vinculado a VDSL en el despliegue.
FTTH	Fibra hasta el hogar.
FXO	Interfaz de central externa es el puerto que recibe la línea analógica.
FXS	La interfaz de abonado externo es el puerto que efectivamente envía la línea analógica al abonado.

## **G**

G/T	Aumento de la temperatura del sistema a la Relación de ruido.
Gbit	Gigabit.
GEO	Orbita Geo-estacionaria.
Gr	Ganancia en Recepción.
GHz	Gigahertz ( <i>Billón hertz</i> ).
GSM	Sistema global para comunicaciones móviles, originalmente: GroupeSpéciale móvil.
GTF	Pronóstico del tráfico global (Intelsat).
GTS	General de Grupo TeleSystems.
GW	Entrada.

## **H**

HDSL	Línea de alta velocidad de suscriptor digital.
HPA	Amplificador de Alta Potencia.
HPPI	Interfaz Paralela de alto rendimiento.
Hz	Hertz.

## **I**

IBS	Intelsat Business Service.
-----	----------------------------

IDU	Unidad interior, el cuadro que se encuentra en la oficina del usuario y proporciona las interfaces y el procesamiento de la VSAT. Cada fabricante tiene un término diferente para la UDI, pero todos significan lo mismo.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
IF	Frecuencia Intermedia.
IP	Protocolo de Internet.
IPCU	DAMA Unidad de Canal IP.
IPMI	La multidifusión de Protocolo de Internet Iniciativa
IRD	Receptor integrado / decodificador.
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados.
ISP	Proveedor de Servicio de Internet.
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>J</b>	
JPEG	Grupo de Expertos de Imágenes.
<b>K</b>	
k	Kilo.
Ka-band	20/30 GHz (UL / DL), prevista para el despliegue de los sistemas por satélite en varios finales de 1990, a principios de 2000 debido al mayor ancho de banda y la propensión a antenas más pequeñas.
kBPS	kilo bits por segundo.
Ku-band	10.14 GHz (UL / DL) banda de frecuencia, utilizado generalmente para enlaces por satélite en Europa y América del Norte debido a su susceptibilidad a la lluvia se desvanecen durante las fuertes lluvias y los problemas de TI en muchos países desarrollados.
kW	kilovatio.
<b>L</b>	
L-band	5/2.5 GHz (UL / DL) banda de frecuencia, utilizado principalmente para enlaces móviles por satélite (Inmarsat tradicionalmente, pero, más recientemente, los sistemas de satélite en proyecto para el PCN y el funcionamiento MEO LEO).

LAN	Red de área local (margen <10 km).
LEO	Órbita terrestre baja.
LNA	Amplificador de bajo ruido.
LNB	Bloque de bajo ruido RF <i>downconverter</i> módulo receptor para un terminal de recepción únicamente (datos o TVRO).
Link Budget	Un cálculo basado en el poder por satélite, la potencia de la estación terrena y el tamaño de la antena que se describen los parámetros de un enlace de comunicaciones por satélite.

## M

M&C	Monitoreo y Control.
MAC	Monitoreo y Control.
MAN	Red de área metropolitana (abarcan aproximadamente 50 km).
MAP	Protocolo de aplicaciones móviles Parte.
Mbps	Millones de bits por segundo.
MCC	Master Control Center / PC.
MCPC	Múltiples canales por portadora.
Modem	Modulador / demodulador.
MPEG	Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento.
MSS	Servicio Móvil por Satélite.

## N

NA	América del Norte.
NAP	Red de Puntos de Acceso.
NASA	Nacional de Aeronáutica y del Espacio (EE.UU.)
NCT	Red de Control Terminal.
NIU	Unidad de interfaz de red.
NTE	Equipo de terminación de red.

## O

O&M	Operaciones y Administración.
O/B	Saliente / Outroute, desde el centro hasta la terminal remota.
OA&M	Actividades de la Administración y Gestión.
ODU	La unidad exterior, el paquete de transmisión y recepción electrónica montada en la antena y conectada a la UDI por un

cable IFL. Esto también puede ser conocido como la "radio" o el "paquete de RF".

OQPSK Desplazamiento del Cuaternario de cambio de fase de llaves.  
OSI Interconexión de Sistemas Abiertos.

## **P**

PA Amplificador de Potencia.  
PABX Centralita automática privada.  
PAMA El acceso múltiple con asignación permanente.  
PCM Modulación de pulsos codificados.  
PCN Red Personal de Comunicación.  
PCS Sistema de Comunicación Personal.  
PES Personal de la estación terrena, Hughes productos VSAT.  
PIN Número de Identificación Personal.  
PDH Jerarquía Digital plesiócrona.  
POP/PoP Punto de Presencia, por lo general se refiere a un proveedor de servicios Internet / punto de acceso.  
PRI Interfaz de velocidad primaria.  
PTT Correos, Telégrafos y Teléfonos de la empresa (por lo general un operador de monopolio del Estado).  
Pwr Poder.

## **Q**

QoS Calidad de Servicio.  
QPSK Cambio de fase en cuadratura Keying, un esquema de modulación

## **R**

R&D Investigación y Diseño.  
RAM Memoria de Acceso Aleatorio.  
RF Radio Frecuencia.  
RFT Transmisor de radio frecuencia se utiliza para describir grandes Antenas con sus correspondientes equipos de recepción / transmisión.  
RJ-11 Registered Jack -11.  
ROM Memoria de sólo lectura.  
Rx Receptor.

## S

S-band	4.2 GHz (UL / DL) la banda de frecuencias
SATCOM	Comunicaciones por Satélite.
SCADA	Control de Supervisión y Adquisición de Datos.
SCCP	La conexión de señalización parte de control, parte de SS7.
SCPC	Single Channel per Carrier, circuito satélite dedicado, el equivalente de satélite a una línea arrendada. En realidad un enlace consta de dos canales SCPC claro, normalmente se ejecuta a velocidades de 9,6 kbps a 2 Mbps, pero la tasa podría ser mucho mayor.
SDH	Jerarquía Digital Síncrona, continuación de la PDH.
SlottedAloha	Término utilizado para describir el tiempo dividido el acceso a un canal, también conocido como TDMA.
SMS	Servicio de mensajes cortos.
SNG	Noticias por satélite.
SONET	Red óptica síncrona, lo que equivale a EE.UU. SDH.
SS/TDMA	Tiempo de conmutación de satélite Acceso múltiple por división, Intelsat servicio.
SS5	Sistema de Señalización 5.
SS7	Sistema de Señalización 7, con el apoyo de la UIT-T, también conocido como CCITT 7.
STM	Módulo de Transferencia síncrona.
<b>T</b>	
T1	1.544 Mbps (EE.UU. orientado).
TACS	Total Access Communications Systems (analógica).
TCP/IP	Transmisión Control Protocolo / Internet Protocolo.
TDM	Multiplexación por división de tiempo.
TDMA	El tiempo de acceso múltiple por división, un canal de acceso por satélite contenciosos que se divide en intervalos de tiempo para compartir entre VSAT en diferentes sitios por lo general para la conexión a un concentrador. Normalmente se usa como protocolo de acceso para el canal de entrada (VSAT al hub) de un sistema VSAT.
TI	Interferencia Terrestre.

TMC	Terminal Monitoreo y Control.
TQM	Gestión de Calidad Total.
Tx	Transmisor.
<b>U</b>	
UE	Unión Europea.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System.
UPT	Telecomunicaciones Personales Universales.
<b>V</b>	
V-band	50/40 GHz.
V-pole	Polaridad Vertical.
VAC	Tensión de corriente alterna.
VADS	Muy alta velocidad (asimétrica) de línea de abonado digital.
VMM	Voz / Módem Módulo.
VPS	Sistema de Procesamiento de Voz.
VSAT	Very Small Aperture Terminal, las estaciones locales comerciales tierra, término utilizado para describir casi cualquier directos para las empresas estaciones terrenas de satélite, de una manera o interactivo. Normalmente, sin embargo, se utiliza para los sistemas de datos (interactiva inferior a 2,4 metros y las antenas de un solo sentido de menos de 1,8 metros antenas). Puede usar TDM / TDMA, SCPC DAMA o planes de acceso.
VSSP	Servicio virtual de punto de conexión.
<b>W</b>	
W	Vatio.
WC	Vatios por canal.
WDM	Wavelength Division Multiplexing, que se utiliza para aumentar la capacidad de la fibra.
<b>X</b>	
X-band	6.10 GHz (UL / DL) de banda de frecuencia, el uso militar.
xDSL	Término utilizado para describir todos los tipos de tecnologías de línea de abonado digital (ADSL / VDSL HDSL etc).