

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE LA RED SATELITAL DE COMUNICACIÓN
CON LA NUEVA TECNOLOGIA DIRECT IP PARA GLOBAL
CROSSING.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

ALEEXANDER RAÚL CEVALLOS SILVA
alexoceva@hotmail.com

DIEGO MAURICIO PORRAS TORRES
budip@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS EGAS
cegas@ieee.org

Quito, Noviembre 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Alexander Raúl Cevallos Silva y Diego Mauricio Porras Torres, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Alexander Raúl Cevallos Silva

Diego Mauricio Porras Torres

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alexander Raúl Cevallos Silva y Diego Mauricio Porras Torres, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Egas

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Este objetivo cumplido, que en conjunto la avizoramos con mi compañero de proyecto de titulación, hoy es una realidad; realidad que nos llena de emoción y consideramos necesario dejar por sentado nuestro más sincero y perdurable agradecimiento a quienes de una u otra forma han colaborado para que este sueño se convierta en éxito personal.

En mi caso particular, creo conveniente agradecer primero y sobre todas las cosas a Dios, quien me ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar la carrera universitaria.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y amor a mis padres Raúl Cevallos y Carmen Silva por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ustedes he llegado donde estoy.

Gracias a mi hermano y hermana quienes han sido amigos fieles y sinceros, en los que he podido confiar y apoyarme para seguir adelante.

A todos mis familiares y amigos que me han sabido apoyar en momentos difíciles de mi vida y con los que he disfrutado de su compañía en momentos de gozo, alegría y festejo.

Al Ingeniero Carlos Egas, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de este proyecto de titulación. Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia que hizo que nuestras dudas y discusiones redundaran benéficamente tanto a nivel científico como personal. A mi compañero Diego Porras, con quien hemos logrado salir adelante en el desarrollo del presente proyecto, a los ingenieros miembros del tribunal y a todos los profesores de la Escuela Politécnica Nacional, los que han sido una gran guía para mi aprendizaje en estos años de estudio.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma nos ayudaron a crecer como personas y como profesionales.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

“Ahora podemos decir que todo lo que somos es gracias a todos ustedes”

Alexander Raúl Cevallos Silva.

AGRADECIMIENTO

El conseguir culminar con éxitos este proyecto conjuntamente con mi compañero no fue una tarea fácil ya que en el transcurso de su desarrollo se presentaron muchas adversidades, pero tanto él como yo contamos con el apoyo de personas valiosas que supieron alentarnos para seguir adelante y finalizar hoy con una meta que tiempo atrás nos la propusimos.

Es por esta razón que quiero agradecer primeramente a Dios, que día a día al despertar está a mi lado guiándome con su luz y brindándome un día más de vida para poder alcanzar cada meta que me proponga y poder superar cada obstáculo que se presente en mí camino.

Quiero agradecer efusivamente a mis padres Segundo Porras (+) e Imelda Torres, que con sus consejos y enseñanzas supieron criarme de una manera tal en la cual pude discernir lo bueno y lo malo y convertirme en el hombre de bien que hoy soy, pienso que sin la perseverancia y amor de mi madre hoy no podría gozar de la dicha de decir que he cumplido con la meta de ser un profesional útil para la sociedad.

Como dejar a un lado a mis hermanas Marcia y Karina Porras, que en cada etapa de mi vida jugaron un roll importante para poder plantearme metas y objetivos claros y poderlas alcanzar.

Quiero agradecer también a mis cuñados Stefano Anibaldi y Richard Trujillo que de una manera u otra fueron construyendo junto a mí este proyecto.

A mis Sobrinos Melanie y Michele que con su forma tan perseverante que tienen para alcanzar sus metas, me hicieron recordar que en esta vida lo importante no es plantearse un objetivo sino cumplirlo.

A mi prometida Gabriela Robles quien con sus palabras de aliento supo levantarme en los momentos en los que las ganas no eran suficientes para seguir adelante con este proyecto.

También al Ingeniero Carlos Egas, quien con su guía, paciencia y conocimiento supo encaminarnos de la manera más idónea para poder ir dando forma a nuestras ideas y plasmarlas en este proyecto de titulación. A mi compañero Alexander Cevallos con quien luchamos día a día para poder alcanzar esta meta, también quiero agradecer a los ingenieros miembros del tribunal por formar parte de un sueño que hoy es realidad, a todos los maestros que regaron su sabiduría y conocimiento en mí, en fin quiero agradecer a todas esas personas que en el transcurso de mi vida apoyaron con su granito de arena para que hoy pueda decir **“he logrado subir un peldaño más en esta constante ascensión al éxito.”**

Diego Mauricio Porras Torres.

DEDICATORIA

Los grandes esfuerzos siempre rinden frutos y ahora ya se empiezan a cosechar los mismos. Hoy es el fin de algo muy bueno, pero es el comienzo de algo mejor.

Al culminar esta meta tan anhelada dedico este trabajo:

A mis queridos padres, Raúl Cevallos y Carmen Silva por su sacrificio que con amor, esmero y paciencia lograron iluminarme y llenarme de sabiduría y así poder llegar a la culminación de mis estudios y convertirme en un profesional.

A mis hermanos, Cristian Cevallos y Elizabeth Cevallos que me ayudaron en todo cuanto estuvo a su alcance para llegar a la meta trazada en mi camino.

Y de una manera muy especial a Dios, quien ha guiado mis pasos, y gracias a él se hace este sueño realidad.

A todos los demás miembros de mi familia, los que me acompañan en vida y los que me han dado su bendición desde el cielo, estoy seguro que están presentes en este día junto a mí.

A todos mis amigos y conocidos, que en el transcurso del desarrollo profesional me supieron apoyar, tanto en los labores estudiantiles, como en mi vida personal y de los cuales llevo gratos recuerdos de una verdadera amistad.

Finalmente pero no menos importante quiero hacer extensiva esta dedicatoria a los profesionales de esta prestigiosa universidad, los mismos que imparten su cátedra formando así nuevos profesionales que sirven al país.

Alexander Raúl Cevallos Silva.

DEDICATORIA

Todo camino que se lo quiera recorrer estará lleno de obstáculos, lo importante es saber superarlos y no ser derrotados por ellos. Hoy se cierra un capítulo de mi vida, pero el libro que me queda por escribir aún tiene páginas vacías que deberán ser llenadas de éxitos y alegrías.

Quiero dedicar esta meta alcanzada a mi MAMI, que es la fiel muestra de paciencia, tolerancia y amor infinito que una madre tiene a sus hijos, es ella quien estuvo junto a mi luchando día a día, es ella quien con sus palabras tiernas y duras a la vez supo decirme que en esta vida no hay que conformarse con poco y por más duro que sea el camino siempre hay que recorrerlo.

A mis hermanas Marcia y Karina porque a pesar de la distancia saben que estaremos unidos por un lazo difícil de romper llamado hermandad y amistad.

A todos quienes forman parte de mi familia quienes con un gesto o un detalle me hacen sentir que puedo contar con ellos cuando más los necesito.

A Leonel Holguín y Jorge Suntaxi mis compañeros de pupitre y amigos de la vida, con los cuales tuve la dicha de compartir grandes anécdotas y experiencias, en general, quiero dedicar este logro a todos mis amigos y amigas que confiaron en mí.

Diego Mauricio Porras Torres.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE FIGURAS	X
ÍNDICE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XVII
RESUMEN	XIX
PRESENTACIÓN.....	XXI
CAPÍTULO 1.	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 TECNOLOGÍA DIRECT IP	1
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIRECT-IP	3
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES SATELITALES.....	4
1.3.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS.....	5
1.3.1.1 Estación Terrena.....	5
1.3.1.2 Satélite	7
1.4 TRANSPONDER	8
1.5 BANDAS DE FRECUENCIAS SATELITALES	9
1.5.1 BANDA C	10
1.5.2 BANDA Ku.....	10
1.6 TIPOS DE ÓRBITAS SATELITALES	12
1.6.1 ÓRBITA ECUATORIAL.....	12
1.6.2 ÓRBITA POLAR	13
1.6.3 ÓRBITA INCLINADA.....	13
1.7 ALTITUDES DE LAS ÓRBITAS SATELITALES	14
1.8 HUELLA SATELITAL	15
1.8.1 El PIRE	15
1.9 CORRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL SATÉLITE	16
1.10 POLARIZACIÓN DE LAS ONDAS	17
1.11 ACCESO AL SATÉLITE.....	19
1.12 MÓDEM DEL SATÉLITE.	21
1.13 TIPOS DE MODULACIÓN.....	21
1.14 CORRECCIÓN DE ERRORES (FEC).	22
1.15 EFECTOS SOBRE UN SATELITE DE COMUNICACIONES.....	22
1.15.1 EFECTOS DE UN ECLIPSE.....	22
1.15.2 EFECTOS DE LA INTERFERENCIA SOLAR.	23
1.15.3 EFECTOS DEL CLIMA.	24
1.15.4 RETARDO DE LA SEÑAL.....	25

1.16	NECESIDADES DE LA ESTACIÓN REMOTA LABORATORIO.....	25
CAPÍTULO 2		27
2.	SATÉLITE Y EQUIPOS DE LA RED.....	27
2.1	SATÉLITE.....	27
2.2	EQUIPOS DE RED.....	29
2.2.1	<i>ESTACIÓN REMOTA</i>	30
2.2.1.1	Funciones de cada Equipo.....	31
2.2.2	<i>ESTACIÓN CENTRAL</i>	38
2.2.2.1	El Subsistema de Uplink.....	38
2.2.2.2	El Subsistema de Timming.....	38
2.2.2.3	Los Componentes de Downlink.	38
2.2.2.4	Los IP Gateways.....	39
2.2.2.5	Los elementos de Gestión del Sistema.....	39
CAPÍTULO 3		40
3.	DISEÑO DE LA RED.....	40
3.1	REQUERIMIENTOS DE LA RED.	40
3.2	DIMENSIONAMIENTO DE LA RED.....	43
3.3	JUSTIFICACIÓN DEL USO DEL SISTEMA DE HUGHES.....	44
3.3.1	<i>Acerca de HUGHES</i>	44
3.4	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA SATELITAL HUGHES	45
3.4.1	<i>Outroute</i>	46
3.4.2	<i>Eficiencia Inroute</i>	46
3.4.3	<i>Acceso Inroute Multifrecuencia</i>	47
3.4.4	<i>Seguridad de Red</i>	47
3.4.5	<i>Comisionamiento Automático</i>	48
3.4.6	<i>Modularidad</i>	48
3.4.7	<i>Aplicaciones</i>	48
3.4.8	<i>Análisis del dimensionamiento de la Red</i>	49
3.4.8.1	Servicios de Internet	49
3.4.8.2	Idu	50
3.4.8.3	Outroute	50
3.4.8.4	Inroute	50
3.5	EXPLICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA RED	51
3.5.1	<i>Cálculos del Dimensionamiento de la Red</i>	52
3.5.2	<i>Equipos Principales del NOC</i>	61
3.5.3	<i>Sistema de gestión de la Red</i>	64
3.5.4	<i>Equipos de radio frecuencia de la estación central (hub)</i>	68
3.5.5	<i>Mecanismo de seguridad</i>	70
3.5.6	<i>Explicación del mecanismo de seguridad</i>	70
3.6	CÁLCULOS DEL ENLACE.....	73
3.7	CÁLCULO DEL ENLACE BASADO EN EL OUTROUTE DE 1500 VSATs CON EL PROGRAMA DE HUGHES	76
3.7.1	<i>Explicación y justificación del cálculo de balance de enlace</i>	78
3.7.1.1	“Carrier Data”: (datos de la Portadora).....	79
3.7.1.2	“Satellite Data”: (Datos del Satélite).....	81
3.7.1.3	“Ground Segment Data”: (Datos del segmento terrestre).....	83
3.7.1.4	“Rain Margins”: (Márgenes de Lluvia).....	86

3.7.1.5	“Site Geographic Data”: (Datos Geográficos de la Red).....	87
3.7.1.6	“Misc Losses”: (Pérdidas Misceláneas)	88
3.7.1.7	“Summary”: (Resumen)	90
3.7.1.8	“Uplink Budget”:	92
3.7.1.9	“Down Link Budget”:	95
3.7.1.10	“Composite Link”: (Composición del enlace).....	97
3.7.1.11	“Modem”:	99
3.7.1.12	“Earth Station”: (Estación Terrena).....	99
3.8	TABLA COMPARATIVA ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TEÓRICAMENTE Y POR EL PROGRAMA DE HUGHES.	101
3.9	CÁLCULO DEL ENLACE BASADO EN EL INROUTE DE 1500 VSATs CON EL PROGRAMA DE HUGHES	104
CAPÍTULO 4		108
4.	IMPLEMENTACION Y PRUEBAS	108
4.1	CONFIGURACIONES DE EQUIPOS DE RED	108
4.1.1	<i>Configuración del Outroute</i>	110
4.1.2	<i>Configuración de las 21 Inroutes localizadas según el plan de Frecuencia:</i>	111
4.1.3	<i>Configuración de los IP Gateways</i>	111
4.2	RESULTADOS CON LA RED EN FUNCIONAMIENTO	112
4.3	PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACIÓN DE TERMINAL REMOTO HN7740S.....	115
4.3.1	<i>Comisionamiento del terminal remoto</i>	115
CAPÍTULO 5		144
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....		147
GLOSARIO		149
ANEXOS		159

ÍNDICE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. 1. Esquema de una red Satelital con tecnología Direct-IP	4
Figura 1. 2. Estación terrestre	5
Figura 1. 3. Diagrama de bloques de un transmisor de la Estación Terrena	6
Figura 1. 4. Diagrama de bloques del Satélite	7
Figura 1. 5. Diagrama de bloques del Transponder.....	8
Figura 1. 6. Localización de Bandas	11
Figura 1. 7. Típico Plan de frecuencias satelital para la banda Ku.....	12
Figura 1. 8. Recorrido de la órbita satelital ecuatorial.....	12
Figura 1. 9. Recorrido de la órbita satelital polar	13
Figura 1. 10. Recorrido de la órbita satelital inclinada.....	13
Figura 1. 11. Altitudes de las diferentes órbitas satelitales	14
Figura 1. 12. Huella de un Satélite	15
Figura 1. 13. PIRE	16
Figura 1. 14. Órbita elíptica recorrida por un satélite.....	17
Figura 1. 15. Señal Polarizada Horizontalmente	18
Figura 1. 16. Señal Polarizada Verticalmente	18
Figura 1. 17. Polarización Circular en sentido horario (RHCP).....	19
Figura 1. 18. Polarización Circular en sentido anti horario (LHCP).....	19
Figura 1. 19. Acceso al satélite usando FDMA	20
Figura 1. 20. Acceso al satélite usando TDMA.....	21
Figura 1. 21. Efectos de un eclipse sobre el satélite.	23
Figura 1. 22. Efectos de la interferencia solar sobre un satélite.	24
Figura 1. 23. Efectos del clima sobre un satélite.	24
Figura 1. 24. Retardos de la señal.....	25

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1. Satélite American-4	28
Figura 2. 2. Diagrama de una Estación Satelital Remota y un Sistema Central.....	30
Figura 2. 3. Escenario de red satelital con PEPs	32
Figura 2. 4. IDU (HN7740S).....	33

Figura 2. 5. Antena Prodelin de 1.2 metros de diámetro. 36
 Figura 2. 6. ODU 37

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1. a) IDU de Hughes b) ODU de Hughes..... 41
 Figura 3. 2 Antena de 1.2 metros de diámetro..... 41
 Figura 3. 3 Antena de 9 metros de diámetro en el HUB 42
 Figura 3. 4 HPA DE 200 watts de Potencia 42
 Figura 3. 5. Características Incorporadas en el sistema Hughes 45
 Figura 3. 6 Estación Remota usando el AIS 47
 Figura 3. 7 Arquitectura de la Red 49
 Figura 3. 8 Equipos del NOC 61
 Figura 3. 9 Demoduladores CDS existentes en HUB..... 62
 Figura 3. 10 DNCC primario (DNCC1) y DNCC secundario (DNCC2)..... 63
 Figura 3. 11 Timing Generator 2 (TG2)..... 63
 Figura 3. 12 Unidades de Temporización (LTU) 63
 Figura 3. 13 Servidores IPGW 64
 Figura 3. 14 Servidor Vision en el NOC. 65
 Figura 3. 15 Servidores de la base de datos UEM..... 65
 Figura 3. 16 Servidores SSGW..... 66
 Figura 3. 17 Servidores Turbo Page 66
 Figura 3. 18 Administradores de tráfico 67
 Figura 3. 19 Servidores EPD en el NOC 67
 Figura 3. 20 Servidores Caché-aceleradores de páginas web Stampede..... 68
 Figura 3. 21 Antena de 9 metros de diámetro con su pedestal 69
 Figura 3. 22 HPA de 200 watts de potencia 70
 Figura 3. 23. Seriales Registrados en la Base de Datos..... 71
 Figura 3. 24. Registro de código..... 71
 Figura 3. 25. Error al ingresar el código..... 72
 Figura 3. 26. Ingreso correcto del código 72
 Figura 3. 27. Parámetros del Balance del enlace 73
 Figura 3. 28. AMC-4: Mapa de Cobertura de PIRE..... 75
 Figura 3. 29. AMC-4: Mapa de Cobertura G/T 75

Figura 3. 30. Cálculo del Enlace con modulación 8PSK y FEC 5/6	77
Figura 3. 31. Cálculo del Enlace con modulación 16PSK y FEC $\frac{3}{4}$	103
Figura 3. 32. Cálculo del Enlace con FEC 4/5	104
Figura 3. 33. Cálculo del Enlace con FEC 1/2	105
Figura 3. 34. Gráfico del diseño definitivo de la red.....	107

CAPÍTULO 4

Figura 4. 1. Sistema de gestión Vision	108
Figura 4. 2. Terminales No Operacionales	109
Figura 4. 3. Terminales Operacionales	109
Figura 4. 4. Configuración del Outroute	110
Figura 4. 5. Configuración del Inroute	111
Figura 4. 6. Configuración IPGW 1	112
Figura 4. 7. Configuración IPGW 2	112
Figura 4. 8 HUB Satelital HUGHES	113
Figura 4. 9 Ángulo de elevación implementado en el HUB.....	113
Figura 4. 10. Tráfico Entregado por el SATGW	114
Figura 4. 11 Nivel de operación de la remota.....	114
Figura 4. 12. Conexión del terminal remoto.....	116
Figura 4. 13. Cambiar configuración del adaptador	117
Figura 4. 14. Conexión de área local	117
Figura 4. 15. Propiedades	118
Figura 4. 16. Configuración tarjeta de red.....	118
Figura 4. 17. Pantalla todos los programas.....	119
Figura 4. 18. Ejecutar cmd.....	119
Figura 4. 19. Consola de comandos.....	120
Figura 4. 20. Ingreso al terminal remoto	120
Figura 4. 21. System Status	121
Figura 4. 22. Versión del software	121
Figura 4. 23. Opción “Installation”	122
Figura 4. 24. Config File Upload.....	122
Figura 4. 25. Ubicación del archivo de configuración	123

Figura 4. 26. Selección de archivo de configuración	123
Figura 4. 27. Cargar el archivo	124
Figura 4. 28. Carga exitosa de archivo .cfg	124
Figura 4. 29. Prueba de Telnet.....	125
Figura 4. 30. Interfaz de la remota por medio de telnet.....	125
Figura 4. 31. Opciones de comandos.....	126
Figura 4. 32. Inicio de comisionamiento	126
Figura 4. 33. Opción para hacerlo manualmente.....	127
Figura 4. 34. Longitud y Latitud por default	127
Figura 4. 35. Ingreso de Longitud y Latitud reales	128
Figura 4. 36. Selección del archivo .cfg	128
Figura 4. 37. Selección de LNB	128
Figura 4. 38. Selección de radio	129
Figura 4. 39. Apuntamiento de la antena.....	129
Figura 4. 40. Nivel de señal Pésima	129
Figura 4. 41. Nivel de señal Optima.....	130
Figura 4. 42. Registro de equipo en el servidor.....	130
Figura 4. 43. Registro en Proceso.....	131
Figura 4. 44. Fase de descarga de las Keys	131
Figura 4. 45. Autenticación del terminal con el satélite	131
Figura 4. 46. Registro del número de serie.....	132
Figura 4. 47. Mensaje de Advertencia	132
Figura 4. 48. Ingreso del Site ID	132
Figura 4. 49. Mensaje de error del Site ID	133
Figura 4. 50. Confirmación del Registro	133
Figura 4. 51. Descarga de Servicios del Satélite	134
Figura 4. 52. Registro completado.....	134
Figura 4. 53. Cierre de ventana de configuración.....	134
Figura 4. 54. Verificar la nueva IP	135
Figura 4. 55. Ingreso a la remota con la nueva IP	135
Figura 4. 56. Visualización de descarga de archivos desde el satélite	136
Figura 4. 57. Visualización cuando el terminal ya está listo	136
Figura 4. 58. Parámetro “web acceleration” Inactivo	137

Figura 4. 59. Parámetro “web acceleration” Operacional	137
Figura 4. 60. Terminal Remoto antes de mejorar la Polarización	138
Figura 4. 61. Terminal Remoto luego de mejorar la Polarización.	138
Figura 4. 62. Comprobación del servicio de conectividad	139
Figura 4. 63. Conectividad Correcta.....	139
Figura 4. 64. Prueba de ping.....	140
Figura 4. 65. Test de velocidad en el speedtest	140
Figura 4. 66. Test de velocidad en la CNT	141
Figura 4. 67. Revisión del SQF y EsNo	141
Figura 4. 68. Estadísticas del SQF.....	143

ÍNDICE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1. 1. Frecuencias de bajada y subida de las bandas C y Ku y sus problemas.....	9
--	---

CAPÍTULO 2

Tabla 2. 1. Características del Satélite.....	29
Tabla 2. 2. Especificaciones Técnicas de la Antena.....	36
Tabla 2. 3. Especificaciones Técnicas de la ODU.....	37

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1. Velocidades de las estaciones.....	43
Tabla 3. 2. Número de Estaciones y planes de servicios.....	49
Tabla 3. 3. Planes de Servicios.....	51
Tabla 3. 4. Nuevo Plan de servicios considerando simultaneidad.....	52
Tabla 3. 5. Dimensionamiento del Outroute y del Inroute.....	53
Tabla 3. 6. Cálculo necesario para el usuario final.....	55
Tabla 3. 7. Outroute e Inroute con compresión.....	55
Tabla 3. 8. Consideraciones tomadas por Hughes para tráfico de usuario final.....	56
Tabla 3. 9. Capacidad del Inroute y Outroute después de la eficiencia.....	56
Tabla 3. 10. Relación entre capacidad del Outroute, FEC y modulación 8PSK.....	57
Tabla 3. 11. Relación entre capacidad del Outroute, FEC y modulación 16 APSK.....	58
Tabla 3. 12. Parámetros usados para el dimensionamiento del enlace.....	74
Tabla 3. 13. Parámetros de Carrier Data.....	79
Tabla 3. 14. Parámetros Satellite Data.....	81
Tabla 3. 15. Parámetros Ground Segment Data.....	83
Tabla 3. 16. Parámetros de Rain Margin.....	87
Tabla 3. 17. Parámetros de Site Geographic Data.....	87
Tabla 3. 18. Parámetros de Misc Losses.....	88
Tabla 3. 19. Parámetros de Summary.....	90
Tabla 3. 20. Parámetros Link Budget.....	92
Tabla 3. 21. Parámetros Downlink Budget.....	95
Tabla 3. 22. Parámetros Composite Link.....	97

Tabla 3. 23. Parámetros Earth Station	99
Tabla 3. 24. Comparación entre Valores Teóricos y Calculados por el Programa.....	102
Tabla 3. 25. Resumen del diseño definitivo de la red.....	106

CAPÍTULO 4

Tabla 4. 1. Plan de frecuencia para el uso del espacio satelital.....	110
Tabla 4. 2 Tabla que relaciona nivel de SQF y Es/No	115
Tabla 4. 3. Relación de SQF con Es No	142

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 1

Ecuación 1. 1. Cálculo del PIRE	16
---------------------------------------	----

CAPÍTULO 3

Ecuación 3. 1. Cálculo Valor de Bajada considerando la simultaneidad	52
Ecuación 3. 2. Cálculo Valor de Subida considerando la simultaneidad	53
Ecuación 3. 3. Cálculo Valor de Bajada considerando nuevos planes de servicio.....	54
Ecuación 3. 4. Cálculo Valor de Subida considerando nuevos planes de servicio.....	54
Ecuación 3. 5. Cálculo Tráfico total Outroute del Usuario Final	54
Ecuación 3. 6. Cálculo Valor del Outroute después de la compresión.....	55
Ecuación 3. 7. Cálculo Valor del Inroute después de la compresión	55
Ecuación 3. 8. Cálculo Tráfico de temporización y supervisión (Outroute)	56
Ecuación 3. 9. Cálculo Tráfico ALOHA (Inroute).....	56
Ecuación 3. 10. Cálculo Capacidad del Outroute después de la Eficiencia	56
Ecuación 3. 11. Cálculo Capacidad del Inroute después de la Eficiencia	57
Ecuación 3. 12. Cálculo Ancho de Banda del Outroute	58
Ecuación 3. 13. Cálculo Symbol rate requerido por el Inroute	58
Ecuación 3. 14. Cálculo Ancho de Banda del Inroute.....	59
Ecuación 3. 15. Cálculo Ancho de Banda necesario total	59
Ecuación 3. 16. Cálculo Ahorro del transponder.....	59
Ecuación 3. 17. Cálculo Carrier Info Rate.....	79
Ecuación 3. 18. Cálculo Crr Transmission Rate.....	80
Ecuación 3. 19. Cálculo SFD.....	82
Ecuación 3. 20. Cálculo Ganancia de la Antena de transmisión	84
Ecuación 3. 21. Cálculo Ganancia de la Antena de recepción	84
Ecuación 3. 22. Cálculo CL SKY NOISE TEMP	85
Ecuación 3. 23. Cálculo RX CL SKY G/T [dB/K]	86
Ecuación 3. 24. Cálculo UPLINK FREE SP LOSS	88
Ecuación 3. 25. Cálculo DNLINK FREE SP LOSS	89
Ecuación 3. 26. Cálculo de XPONDER BANDWIDTH REQD/CRR	91
Ecuación 3. 27. Cálculo de LINK MARGIN	91

Ecuación 3. 28. Cálculo SFD.....	92
Ecuación 3. 29. Cálculo de INPUT BACKOFF/CRR.....	93
Ecuación 3. 30. Cálculo de CRR FLUX DENSITY.....	93
Ecuación 3. 31. Cálculo de GAIN OF A SQ METER	93
Ecuación 3. 32. Cálculo de UPLINK PATH LOSSES.....	94
Ecuación 3. 33. Cálculo de C/N UPLINK.....	94
Ecuación 3. 34. Cálculo de OUTPUT BACKOFF/CRR.....	96
Ecuación 3. 35. Cálculo de CARRIER DN PIRE	96
Ecuación 3. 36. Cálculo de DNLINK PATH LOSSES.....	96
Ecuación 3. 37. Cálculo de C/N DNLINK	97
Ecuación 3. 38. Cálculo de C/N COMPOSITE.....	98
Ecuación 3. 39. Cálculo de MINIMUM REQD C/N	98
Ecuación 3. 40. Cálculo de LINK MARGIN	98
Ecuación 3. 41. Cálculo de Power/Crr Reqd.....	100
Ecuación 3. 42. Cálculo de Power/Crr Reqd in Watts.....	100
Ecuación 3. 43. Cálculo de HPA Power Required	101

RESUMEN

CAPÍTULO 1.

Se realiza una breve descripción de los requerimientos de la estación remota que formará parte de la red satelital y funcionará como laboratorio de pruebas de equipos a instalarse a nivel nacional.

Además se describe la tecnología Direct-IP, así como también criterios y conceptos teóricos que se deben tomar en cuenta para poder tener en claro los términos a usarse en los enlaces satelitales. También se describe los segmentos que implican la conformación del enlace satelital.

CAPÍTULO 2.

Se hace una descripción de las características principales del Satélite que forma parte del enlace satelital que brinda el servicio de Telecomunicaciones a la empresa Global Crossing.

Por otra parte se presenta las funciones y características relevantes de los componentes de la estación remota como son la ODU, IDU y antena parabólica. Además se realiza una breve descripción de las funciones de los equipos principales de la estación central o NOC.

CAPÍTULO 3.

Se da una explicación y justificación del uso de equipos y del satélite para el diseño de la red. Se procede a realizar el dimensionamiento de la red lo que implica calcular la capacidad del outroute y del inroute basado en especificaciones propias de Global Crossing. Posterior a esto hace el cálculo del enlace para verificar si los equipos considerados son aceptables o no en la red.

También se presenta los justificativos necesarios para el uso de equipos HUGHES como solución del enlace satelital.

CAPÍTULO 4.

Se presenta el diseño definitivo de la red así de cómo las configuraciones principales de los equipos del NOC y una guía de usuario que servirá de ayuda para los instaladores en campo en el momento de la configuración del modem satelital.

Finalmente se presenta las respectivas pruebas que avalan el enlace anteriormente diseñado.

CAPÍTULO 5.

Se realizan las respectivas conclusiones y recomendaciones, obtenidas de la realización del presente proyecto de titulación, necesarias para el mejoramiento de la red de comunicación que satisfaga las necesidades actuales y futuras del enlace satelital implementado.

PRESENTACIÓN

El objetivo en este proyecto de Titulación es implementar un enlace satelital con la finalidad de prestar los servicios de Telecomunicaciones para la empresa de Comunicaciones Global Crossing. Para esto se muestran los parámetros más relevantes que se deben tomar en cuenta en el momento de realizar un dimensionamiento de una red Satelital basado en los requerimientos propios entregados por Global Crossing, así como también los valores de Potencias Terrestres y Satelitales resultantes del cálculo de las ecuaciones del Balance del Enlace.

El cálculo de las ecuaciones de balance realizado servirá para corroborar que los resultados proporcionados por el programa usado por el proveedor satelital si funciona correctamente y a partir de esta comprobación, llegar a realizar un diseño definitivo de la Red.

La finalidad de realizar las ecuaciones de Balance del Enlace es predecir si los equipos, tanto satelitales como terrenos, considerados para el diseño de la red son los adecuados.

El sistema de comunicación Satelital es ampliamente usado en lugares alejados donde otro tipo de tecnología resultaría difícil y costosa de implementarse, además, permite que usuarios ubicados en sitios de difícil acceso puedan tener a la mano las comunicaciones (Internet, Telefonía, videoconferencia, etc.) y con esto llegar a todos los rincones para que las comunicaciones y el conocimiento sea universal.

CAPÍTULO 1.

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realiza una descripción de la tecnología Direct-IP así como también se detalla brevemente como está conformado un enlace satelital. Además se procederá a realizar los respectivos análisis geográficos así como los requerimientos que la empresa “Ingenieros González y González” solicita para prestar los servicios técnicos a la empresa de Telecomunicaciones Global Crossing y de esta forma determinar las condiciones en las que se deberá basar el diseño de la red.

1.1 TECNOLOGÍA DIRECT IP¹

La tecnología Direct-IP nació de la búsqueda de una tecnología capaz de sustituir los tradicionales enlaces tipo SCPC (Simple Channel Per Carrier) por una nueva tecnología más rentable y con prestaciones similares o mejores a las existentes.

La tecnología Direct-IP ofrece una solución de conectividad y equipamiento que posibilita realizar enlaces digitales satelitales de datos, bidireccionales, punto-apunto, para tráfico medio y alto, aplicable a redes de clientes en configuración “estrella” con puntos dispersos geográficamente.

Es una solución de mediano costo por punto para el cliente, basada en que:

- Cada estación remota posee una banda garantizada (equivalente a un CIR) y una banda máxima o limite (equivalente a MIR), tanto en inroute como outroute.
- El tráfico típico de un cliente corporativo posee en media un throughput cercano a la banda garantizada (CIR), que es equivalente a un valor que oscila entre el 40 y el 50% de la banda máxima (MIR).

La tecnología Direct-IP es esencialmente un enlace satelital con banda garantizada que comparte ancho de banda común sobre el satélite, donde una estación satelital tendrá garantizada un ancho de banda y en función de la

¹ http://www.hughes.com/Documents/Feature%20Articles/COMSYS_Hughes_Summary_020310.pdf

simultaneidad y estadística de otras estaciones, podrá exceder en momentos de necesidad su ancho de banda hasta un nivel o valor preestablecido.

Tres diferentes aspectos deben ser tomados en cuenta para determinar la velocidad de enlace con tecnología Direct-IP:

- a) **Velocidad (reloj de la puerta) en la remota:** Varía en función del protocolo y la interface configurada en la puerta, siendo de hasta 100Mbps para la Ethernet LAN1 y oscilando típicamente entre 1200 y 64000bps para protocolos seriales.
- b) **Velocidad (reloj de la puerta) en el Sistema Central:** Se rige bajo los mismos parámetros que en la remota.
- c) **Velocidad de Transferencia (Throughput):** Varía en función de varios elementos configurables y estadísticos. Entre ellos destacan: la velocidad de inroute y outroute, la cantidad de banda garantizada y limite configurada por remota, el porcentaje de ocupación de inroute y outroute, el tamaño del paquete de los datos de usuario, la frecuencia de transacciones, la cantidad de sesiones utilizadas y la prioridad asignada a cada aplicación y/o remota.

Todo lo anterior establecido y configurado por la tecnología Direct –IP permite atender diferentes volúmenes o cantidades de estaciones, dependiendo del nivel de servicio vendido.

La tecnología Direct-IP incorpora la ventaja de la garantía del ancho de banda por estación y la ventaja del medio compartido de los sistemas del tipo VSAT.

En condiciones de alto tráfico en el sistema o de congestión, toda estación mantiene un valor garantizado o CIR, mientras que en momentos de menor tráfico en el sistema, el ancho de banda no utilizado será distribuido en función de las prioridades entre las diferentes estaciones hasta que, si existe banda suficiente, la remota alcance su valor de MIR. Comercialmente, los servicios Direct-IP son ofrecidos y configurados bajo una diversidad de combinaciones en función de parámetros como; velocidad de acceso, asimetría, y CIR y MIR.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIRECT-IP

Direct-IP es una red basada en sistemas VSAT de tecnología Direct Way² de Hughes que se usa principalmente para:

- Tráfico asimétrico
- Topología estrella
- Para tráfico usualmente desbalanceado
- Tráfico estadístico
- Alta capacidad
- Equipamiento pequeño

➤ **Aplicaciones:**

Gran cantidad de configuraciones de red y aplicaciones

- Transmisión de datos Lan-to-Lan
- Intranet / Internet
- Transmisión de voz sobre IP (VoIP)
- Broadcast de Video (Mpeg 1, Mpeg 2) (Moving Pictures Experts Group)
- Educación a Distancia

➤ **Características:**

- Alcance geográfico muy amplio
- Acceso a lugares remotos, donde no acceden las redes terrestres
- Costo y nivel de servicio independiente de la distancia
- Equipamiento pequeño
- Tiempos cortos de instalación y reinstalación de puntos remotos, en comparación a los requeridos para los vínculos terrestres.

En la Figura 1.1 se indica el esquema de una red satelital con tecnología Direct-IP.

² <http://viasatelital.com/blogs/?p=5>

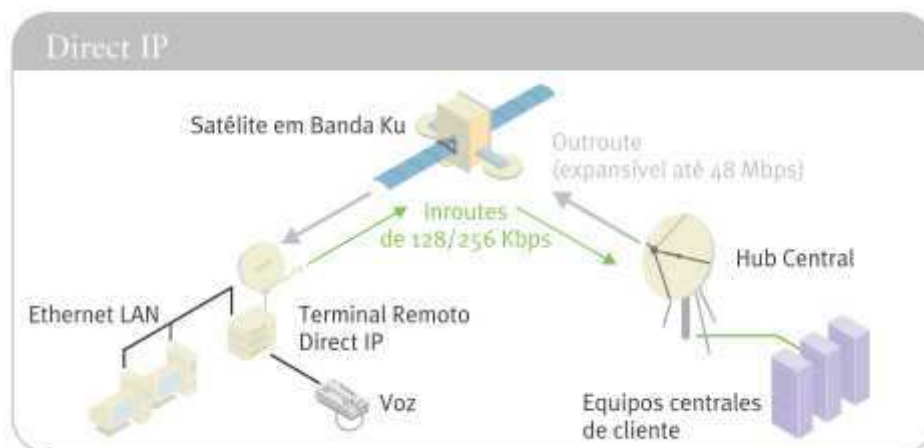


Figura 1. 1. Esquema de una red Satelital con tecnología Direct-IP

Por otra parte, si en el futuro se utiliza otra Tecnología, esta infraestructura podrá ser reutilizada mediante los respectivos cambios de equipos.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES SATELITALES.

Un sistema de comunicación satelital es una manera eficiente de enlazar múltiples sitios de comunicaciones, dicho sistema está compuesto por los siguientes segmentos:

➤ **Segmento espacial:**

Los satélites artificiales de comunicaciones son un medio muy apto para emitir señales de radio en zonas amplias o poco desarrolladas y alejadas, ya que pueden utilizarse como un repetidor de radio en el cielo (transponder), este recibe las señales de microondas a una cierta frecuencia denominada uplink, y la retransmite en otra frecuencia diferente denominada downlink.

➤ **Segmento Terrestre:**

Consta de 2 partes principales:

a) Estación Terrestre: Es responsable de enviar toda la comunicación del usuario en Tierra hacia el Satélite ubicado en el espacio.

El motivo para que las frecuencias de bajada (downlink) y subida (uplink) deban ser diferentes es para evitar posibles colisiones entre las mismas en el momento

de intercambiar información entre la Estación Terrena y el Satélite. En el Satélite, el transponder recibe la señal, la amplifica, cambia su frecuencia y la retransmite. En la Figura 1.2 se indica la gráfica de la estación terrena ubicada en Quito-Ecuador.



Figura 1. 2. Estación terrestre

b) Estación Remota: Hace referencia a la estación ubicada en el usuario final y se encarga de proveerle Internet, voz, datos y video.

1.3.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

Esencialmente, un sistema satelital consiste de tres secciones básicas: Estación Terrena, Satélite y Transponders.

1.3.1.1 Estación Terrena

El principal componente dentro de la Estación Terrena de un sistema satelital, es el transmisor. En la Figura 1.3 se muestra el diagrama de bloques de un transmisor de la estación terrena.

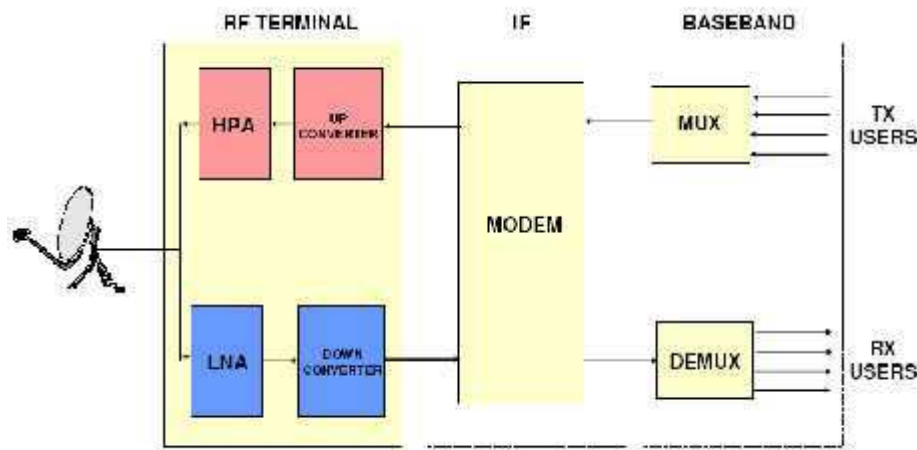


Figura 1. 3. Diagrama de bloques de un transmisor de la Estación Terrena

En la figura 1.3 se puede apreciar el diagrama de bloques de un típico transmisor de la estación terrena y consiste de un modulador de IF (frecuencia Intermedia), un convertidor de microondas de IF a RF (Radio Frecuencia) llamado up converter, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del espectro de salida (por ejemplo un filtro pasa-banda de salida).

- **Equipo de Banda Base³.**- El equipo de banda base consta de las siguientes partes:
 - Interfaces para equipo de usuario
 - **MUX:** Multiplexa datos o paquete de voz dentro de la ruta de salida del flujo de bits para la transmisión hacia el satélite.
 - **DEMUX:** Demultiplexa datos o paquetes de voz recibidos desde el satélite y los envía hacia el equipo del usuario.
- **Equipo de IF⁴.**- El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM.
- **Terminal RF⁵.**- Como muestra la figura 1.3 el Terminal RF posee varios bloques que se mencionan a continuación:

³ Bruce R. (1999) "Introducción a las Comunicaciones Satelitales", Artech House, Boston-London, p. 46

⁴ R.J. Bates (2002), "Comunicaciones Satelitales", MC Graw -Hill, New York-USA p.60

⁵ R.J. Bates (2002), "Comunicaciones Satelitales", MC Graw -Hill, New York-USA p.75

- Los convertidores de subida proveen la frecuencia de traslación de IF a RF para la transmisión de la señal.
- El HPA (high power amplifier) proporciona la amplificación necesaria final para propagar la señal al transponder del satélite.
- La antena tiene la capacidad de emitir energía hacia el espacio, así como también de recibir energía del espacio.
- El LNA (Low Noise Amplifier) es el encargado de amplificar la señal recibida. Por otra parte el convertidor de bajada (down converter) se encarga de proveer la frecuencia de traslación de RF a IF para la señal recibida.

1.3.1.2 Satélite⁶

A continuación en la Figura 1.4 se muestra el diagrama de bloques del Satélite.

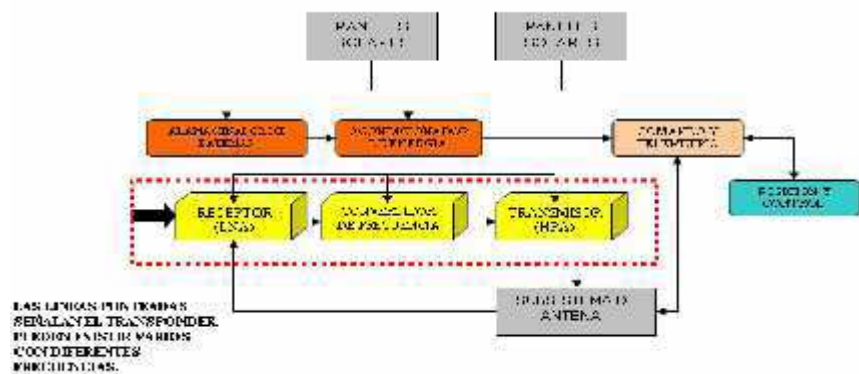


Figura 1. 4. Diagrama de bloques del Satélite

- **Paneles Solares:** Estos paneles solares son los encargados de convertir la luz solar en voltaje DC y de esta forma se mantiene a las baterías cargadas.
- **Almacenador de Baterías:** Esta parte provee la energía necesaria para todos los componentes de la estación espacial.
- **Acondicionador de Energía:** El Acondicionador de Energía permite estabilizar la energía que proviene de las baterías.

⁶ Hughes Network System (2011), “Satellital Communication”, Hughes Network System, Maryland-USA pp. 40-41-42-43-44

- **Comando y Telemetría:** Básicamente se encarga de dos funciones, la primera consiste en recibir comandos desde la estación de control terrena para corregir posiciones y la segunda es proveer lo necesario para que la estación terrena pueda rastrear al satélite sin inconveniente alguno.
- **Posición y Control:** Es este bloque el que permite al satélite mantenerse en una órbita espacial.
- **Transponder:** Forma parte del proceso de comunicación satelital, por lo general los satélites poseen varios transponders. El receptor amplifica las señales muy débiles que provienen de la Estación Terrena, una vez amplificada la señal Terrena el convertidor de frecuencias procede a asignar una frecuencia distinta a la frecuencia de subida para que el satélite pueda comunicarse con la estación terrena. Por último el Transmisor amplifica la señal de bajada a un nivel aceptable para enviar la señal hacia la Terminal Terrena. El transponder se encarga de recibir la señal terrena con una cierta frecuencia de uplink y asigna a dicha señal una frecuencia de transmisión satelital diferente denominada downlink. En cambio el Transmisor amplifica la señal downlink a niveles adecuados para ser enviada hacia la Estación Terrena.
- **Subsistema de Antena:** Permite la recepción y transmisión de señales desde y hacia la Tierra.

1.4 TRANSPONDER

En la Figura 1.5 se indica el diagrama de bloques perteneciente al transponder de un satélite.

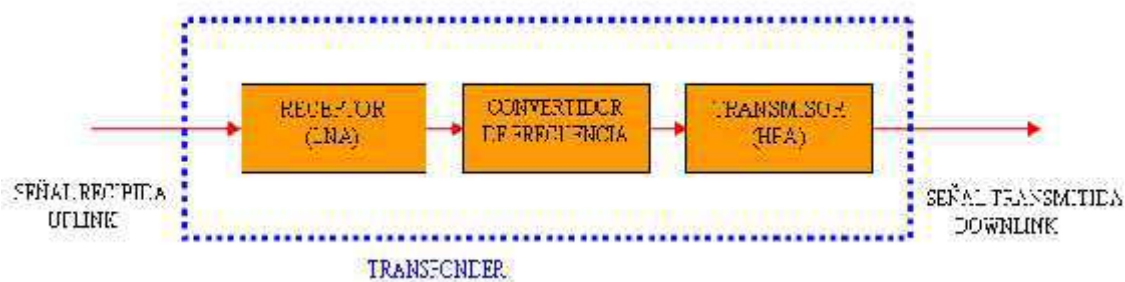


Figura 1. 5. Diagrama de bloques del Transponder

Un satélite de comunicación debe tener al menos un Transponder, sin embargo, en la actualidad es común encontrarse con satélites que posean como mínimo 60 transponders. Debido a las varias funciones que este provee en un enlace de comunicación, el transponder es considerado como un componente activo de una comunicación satelital.

Transmitir energía desde un transponder está directamente relacionado a la energía recibida desde una estación terrena dada y provee una señal sumamente balanceada a cada estación remota. Además si la frecuencia de uplink tiene un exceso de energía, el transponder incrementará la correspondiente frecuencia de downlink.

El Transponder típicamente es usado para las siguientes aplicaciones:

- Teléfono
- Datos
- Video-conferencias
- Tv broadcast
- Radio broadcast

1.5 BANDAS DE FRECUENCIAS SATELITALES

Los satélites comerciales funcionan, por lo general, en dos bandas de frecuencias, llamadas C y Ku. La gran mayoría de emisiones de televisión por satélite se realizan en la banda Ku. No es conveniente poner muy próximos en el espacio dos satélites que funcionen en la misma banda de frecuencias, ya que pueden interferirse.

En la Tabla 1.1 se indica las frecuencias de bajada y subida de las bandas C y Ku y sus respectivos inconvenientes.

Banda	Frecuencia ascendente (GHz) Uplink	Frecuencia descendente (GHz) downlink	Problemas
C	5,925 - 6,425	3,7 - 4,2	Interferencia Terrestre
Ku	14,0 - 14,5	11,7 - 12,2	Lluvia

Tabla 1. 1. Frecuencias de bajada y subida de las bandas C y Ku y sus problemas

1.5.1 BANDA C

Para evitar posibles interferencias entre satélites que trabajan en la misma frecuencia, lo que se recomienda, en la banda C es separarlos una distancia mínima de 2 grados entre sí, por lo que en la práctica esto limita el número total de satélites puestos en órbita a 180 en total.

Esta separación se realiza debido a que los satélites deben compartir espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico. La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando, casi o en la misma frecuencia, deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro. Hay un límite realista del número de estructuras satelitales que pueden estar estacionadas, en un área específica en el espacio. La separación espacial requerida depende de las siguientes variables⁷:

- Ancho del haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.
- Frecuencia de la portadora de RF.
- Técnica de codificación o de modulación usada.
- Límites aceptables de interferencia.
- Potencia de la portadora de transmisión.

Generalmente, se requieren de 2 a 6° de separación espacial dependiendo de las variables establecidas anteriormente.

Una de las ventajas de esta banda es que presenta un mínimo de atenuación, por otra parte, su principal problema son las interferencias terrestres por lo que se debe encontrar un sitio adecuado, libre de interferencias, para colocar una estación remota dentro de la ciudad.

1.5.2 BANDA KU

La banda Ku está destinada para servicios domésticos, ya que las interferencias terrestres no son obstáculos para ella; pero los factores climáticos como la lluvia, las nubes, etc. si son un problema, ya que esto afecta la transmisión y recepción

⁷ http://boards5.melodysoft.com/S4_01/comunicacion-por-satelites-37.html?MAXMSGs=1000&ORDERBY=0

entre el satélite y la Estación Terrena. Al igual que en la banda C los satélites deben estar ubicados a una distancia mínima entre ellos para evitar posibles interferencias, en este caso la distancia será de un grado, lo que en la práctica limita a tener 360 satélites en órbita. Por otra parte, el tamaño de las antenas en banda Ku es menor comparado con la banda C. La distribución de bandas y espacio en la órbita se realiza mediante acuerdos internacionales y se puede observar en el cuadro de distribución del espectro⁸. En la Figura 1.6 se indica el rango de frecuencias de las bandas en el espectro electromagnético.

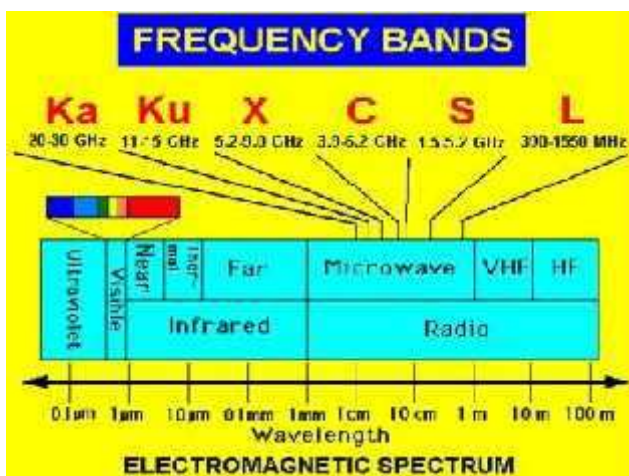


Figura 1. 6. Localización de Bandas

Cada una de las bandas utilizadas en los satélites se divide en canales. Para cada canal suele haber en el satélite un repetidor (transponder). Cada canal puede tener un ancho de banda de 27 a 72 MHz y puede utilizarse para enviar señales analógicas de vídeo y/o audio, o señales digitales que puedan corresponder a televisión (normal o en alta definición), radio digital (calidad CD), conversaciones telefónicas digitalizadas, datos, etc. La eficiencia que se obtiene suele ser de 1 bit/s por cada Hz; así, por ejemplo, un canal de 50 MHz permitiría transmitir un total de 50 Mbit/s de información.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en unos doce receptores-transmisores de un ancho de banda de 36 MHz cada uno. Cada par puede emplearse para codificar un flujo de información de 500 Mbit/s, 800 canales de

⁸ CONATEL, (2012), "Cuadro de Distribución de Frecuencias", CONATEL, Quito-Ecuador, (Archivo Extra 1)

voz digitalizada de 64 kbit/s, o bien, otras combinaciones diferentes. En la Figura 1.7 se muestra el típico Plan de frecuencias satelital para la banda Ku.

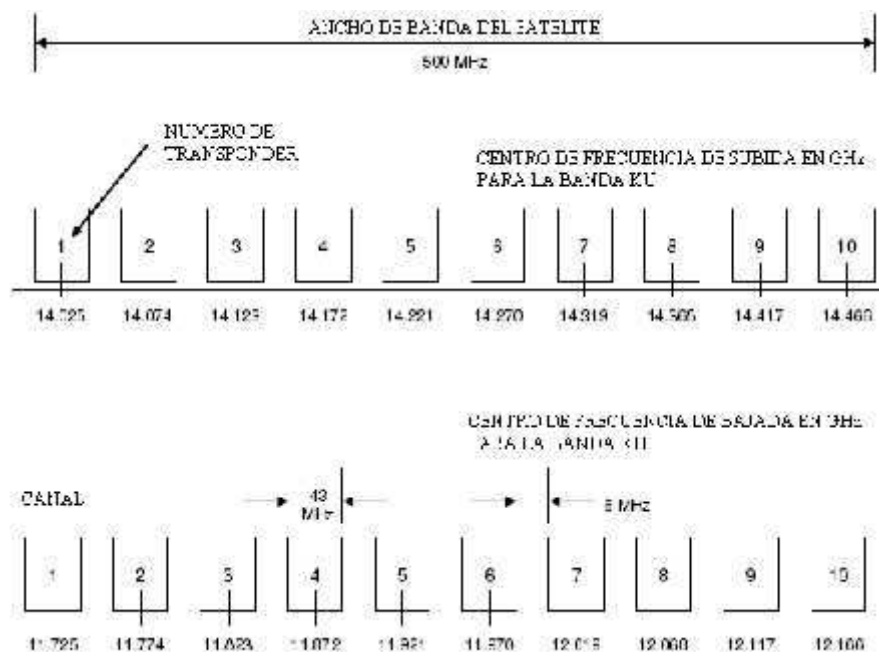


Figura 1. 7. Típico Plan de frecuencias satelital para la banda Ku

1.6 TIPOS DE ÓRBITAS SATELITALES

1.6.1 ÓRBITA ECUATORIAL

Los satélites en la órbita ecuatorial circulan alrededor de la Tierra por la línea ecuatorial a cero grados de Latitud.

Como se puede apreciar en la Figura 1.8, los polos se encuentran muy alejados de la órbita ecuatorial por lo que no recibe ninguna señal de los satélites ubicados en esta órbita.

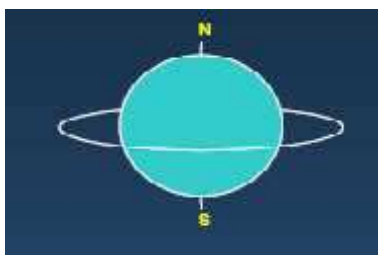


Figura 1. 8. Recorrido de la órbita satelital ecuatorial

1.6.2 ÓRBITA POLAR

Los satélites ubicados en esta órbita circulan alrededor de la Tierra por los polos norte y sur. Se los considera también de órbitas inclinada pero a 90 grados. En la Figura 1.9 se muestra como es el recorrido de la órbita satelital polar.

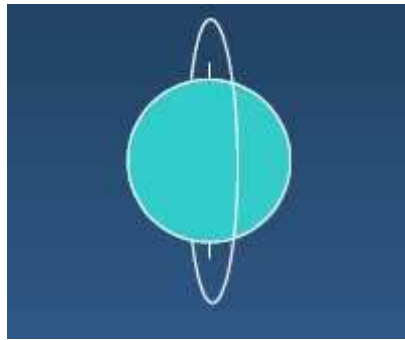


Figura 1. 9. Recorrido de la órbita satelital polar

1.6.3 ÓRBITA INCLINADA

Los satélites ubicados en esta órbita circulan alrededor de la Tierra con un cierto grado de inclinación (tomando como referencia la línea ecuatorial). En la Figura 1.10 se muestra el recorrido de la órbita satelital inclinada.

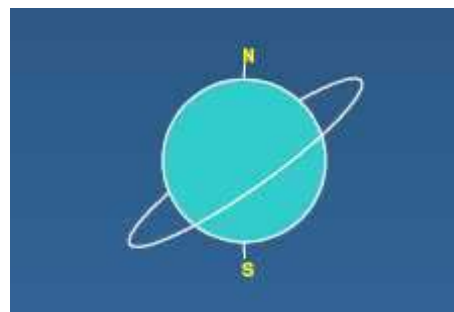


Figura 1. 10. Recorrido de la órbita satelital inclinada

Dada la atracción gravitacional y la rotación de la Tierra, ninguno de los satélites de las diferentes órbitas permanecen en un mismo punto de la superficie Terrestre, sin excepción alguna.

1.7 ALTITUDES DE LAS ÓRBITAS SATELITALES

Existen tres diferentes tipos de órbitas que son utilizadas para los distintos tipos de servicios satelitales:

- **LEO**, cuyas siglas en inglés significa Low Earth Orbit (órbita baja de la Tierra). Tiene una altitud por debajo de los 2000 Km, con un periodo de rotación de 90 minutos a 2 horas, se la puede utilizar para satélites espía, meteorología, etc.
- **MEO**, cuyas siglas en inglés significa Medium Earth Orbit (órbita media de la Tierra). Tiene una altitud de aproximadamente 10000 Km, con un periodo de rotación de aproximadamente 6 horas, se la puede utilizar para telefonía aérea, móvil y marítima.
- **GEO**, cuyas siglas en inglés significa Geosynchronous Earth Orbit (órbita Geosincrónica de la Tierra). Tiene una altitud de 35680 Km, con un periodo de rotación de 24 horas, esta órbita se encuentra en el plano de la línea ecuatorial.

En la Figura 1.11 se muestra las diferentes altitudes de las órbitas satelitales.

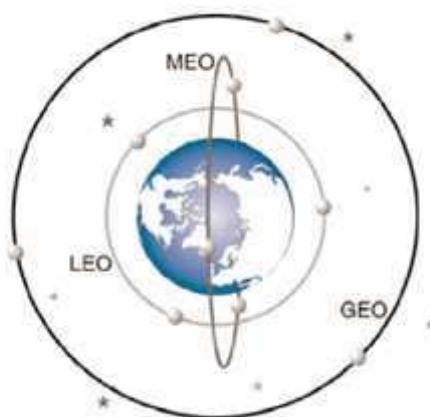


Figura 1. 11. Altitudes de las diferentes órbitas satelitales

La mayoría de comunicaciones satelitales están ubicadas en la órbita Geoestacionaria alrededor de la línea ecuatorial, la cual brinda a los usuarios una comunicación continua desde un satélite, ya que un satélite ubicado en la órbita Geoestacionaria puede cubrir un 42 % de la superficie Terrestre.

1.8 HUELLA SATELITAL

En una manera global, se denomina “Huella satelital” a la cobertura de una superficie Terrestre dada por la señal del satélite. En la Figura 1.12 se muestra la huella de cobertura de un satélite.

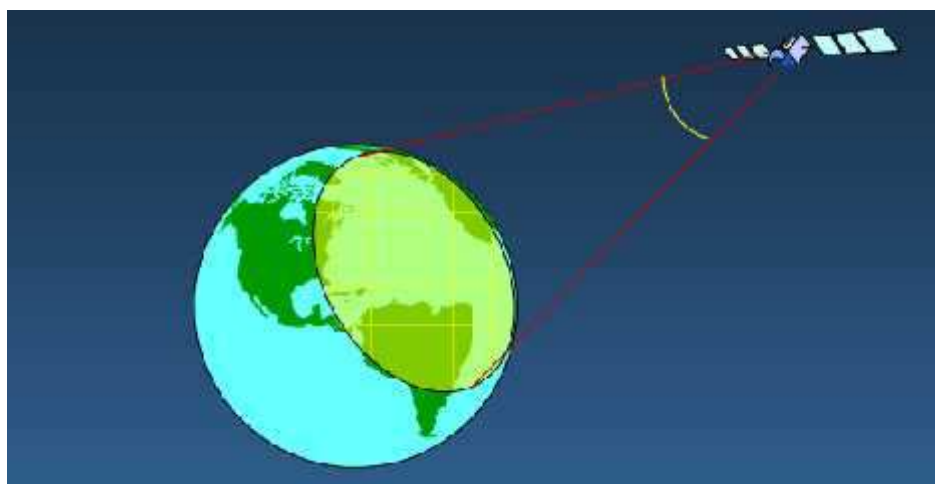


Figura 1. 12. Huella de un Satélite

“La cobertura dada por un satélite se suele denominar huella satelital, corresponde al área en tierra que cubren sus transpondedores, y determina el diámetro requerido por las antenas satelitales para que puedan recibir eficientemente la señal de dicho satélite.”⁹

La distribución angular de la ganancia recibida y la potencia transmitida de un satélite no es uniforme en toda la huella debido a que algunas estaciones terrenas están localizadas en zonas de ganancia y transmisión de cobertura bajas, por ser más susceptibles a la interferencia del clima y la pérdida de señal. Por estas razones se debe tomar en cuenta un factor muy importante llamado PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva).

1.8.1 EL PIRE.

O su equivalente en Inglés EIRP (Effective Isotropic Radiated Power), es la potencia aparente transmitida hacia el receptor, si se asume que la señal se irradia igualmente en todas direcciones, tal como una onda esférica que procede

⁹ [http://es.wikipedia.org/wiki/Cobertura_\(telecomunicaciones\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Cobertura_(telecomunicaciones))

de un punto fuente; en otras palabras, el producto aritmético de la potencia suministrada a una antena y su ganancia.

“Se define al medir la densidad de potencia a una cierta distancia de un dispositivo bajo prueba. PIRE es la potencia de entrada que sería necesaria en un radiador isotrópico para tener la misma densidad de potencia a la distancia considerada, en la dirección de máxima radiación de la antena real”¹⁰. En la Figura 1.13 se muestra una representación de la Potencia Isotrópica Radiada de un Transmisor (PIRE).

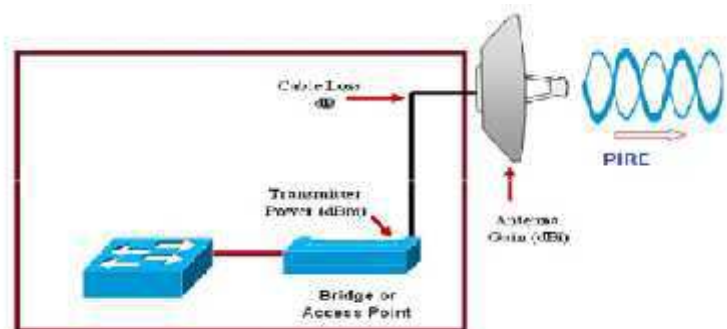


Figura 1. 13. PIRE

La Ecuación 1.1 indica la manera de calcular la Potencia Isotrópica Radiada de un Transmisor (PIRE).

$$\text{PIRE} = G * P = 10(g/10) * P \text{ [W]}$$

Ecuación 1. 1. Cálculo del PIRE

Donde:

G: Coeficiente de Ganancia de la antena

g: Ganancia de la antena [dBi]

P: Potencia de transmisión [W]

El uso de antenas más grandes en alejadas zonas puede compensar la intensidad de señal baja.

1.9 CORRECCIÓN DE LA POSICIÓN DEL SATÉLITE

Debido a la gran fuerza de atracción que el sol y la luna ejercen sobre un satélite, no se puede mantener una órbita exacta. La órbita

¹⁰ <http://es.scribd.com/doc/51602948/8/Potencia-radiada-isotropica-efectiva-PIRE>

del satélite no es exactamente paralela al plano del Ecuador, lo que hace que éste parezca desviarse hacia el norte/sur y este/oeste.

Este movimiento desvía al satélite aproximadamente en un rango de $\pm 0,1^\circ$ norte/sur y este/oeste de su posición nominal.

Además, debido a la forma elíptica de la órbita del satélite, la distancia a la Superficie de la Tierra variará, que a su vez hace que el satélite gire más rápido y más lento alrededor de la Tierra. A todos estos movimientos se los llama la deriva del satélite. Esta ruta de deriva describe una figura de un número ocho a través de la posición nominal del satélite. Cabe señalar que el satélite pasará a través de la posición nominal aproximadamente cada 12 horas.

La corrección de esta deriva se hará mediante la parte de corrección y control propia del satélite (telemetría). En la Figura 1.14 se indica la Órbita elíptica recorrida por un satélite

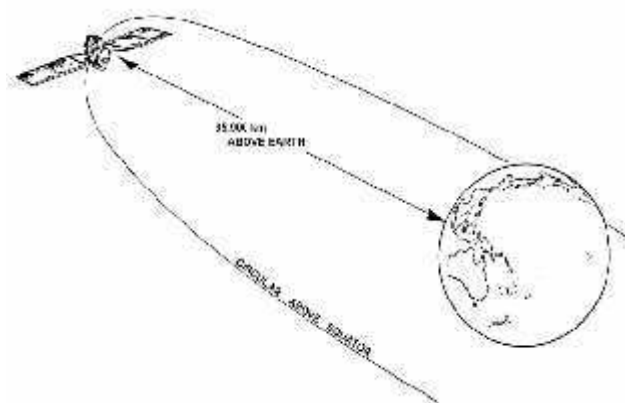


Figura 1. 14. Órbita elíptica recorrida por un satélite

Las antenas más grandes poseen un haz muy directivo que permiten captar los pequeños movimientos que produce la deriva del satélite, permitiendo seguir la posición actual del mismo, mientras que las antenas más pequeñas, que hace referencia a VSAT (Terminal de apertura muy pequeño), no ocurre lo mismo.

1.10 POLARIZACIÓN DE LAS ONDAS

Es la alineación del alimentador o FEED de la antena Terrestre respecto del alimentador o FEED de la antena del Satélite.

Los Satélites emiten y reciben señales con diferentes polarizaciones:

➤ **Lineal:**

- ❖ **Polarización Horizontal.**- La orientación de la señal es paralela a la Tierra. En la Figura 1.15 se muestra la trayectoria de una señal polarizada Horizontalmente.

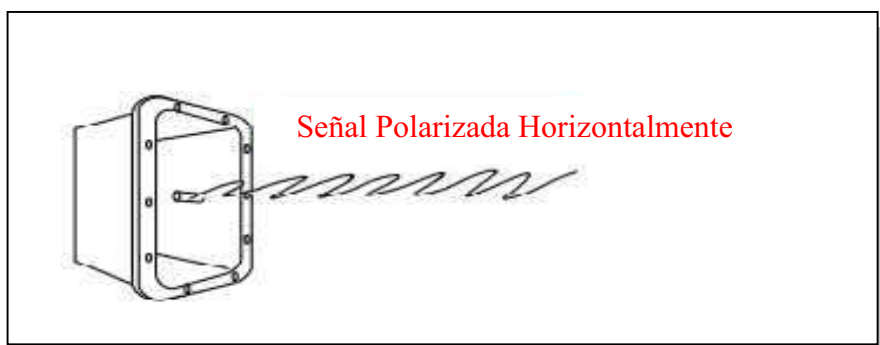


Figura 1. 15. Señal Polarizada Horizontalmente

- ❖ **Polarización Vertical.**- La dirección del campo eléctrico radiado es perpendicular a la Tierra. En la Figura 1.16 se muestra la trayectoria de una señal polarizada verticalmente.

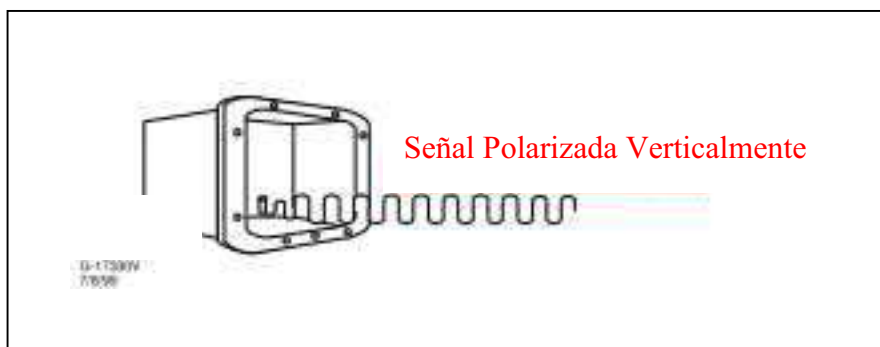


Figura 1. 16. Señal Polarizada Verticalmente

➤ **Circular**¹¹ :

La polarización circular de una onda electromagnética es una polarización en la que el campo eléctrico de la onda no cambia la fuerza, pero cambia de dirección sólo de una manera rotatoria.

¹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Circular_polarization

En el caso de una onda polarizada circularmente, la punta del vector de campo eléctrico, en un punto dado en el espacio, describe un círculo a medida que avanza el tiempo. Las señales que se polarizan de forma circular se transmiten en forma de espiral como un resorte, el sentido de giro del campo eléctrico puede transmitirse ya sea en sentido horario (mano derecha) denominado RHCP por sus siglas en inglés Right Hand Circular Polarization (Fig. 1.17), o en sentido anti horario (mano izquierda) denominado LHCP (Fig. 18) por sus siglas en inglés Left Hand Circular Polarization.

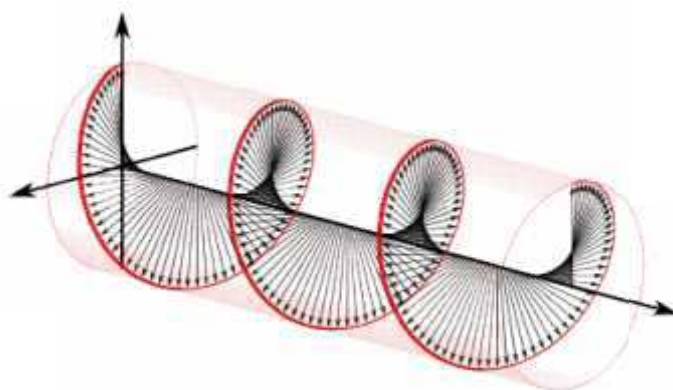


Figura 1. 17. Polarización Circular en sentido horario (RHCP)

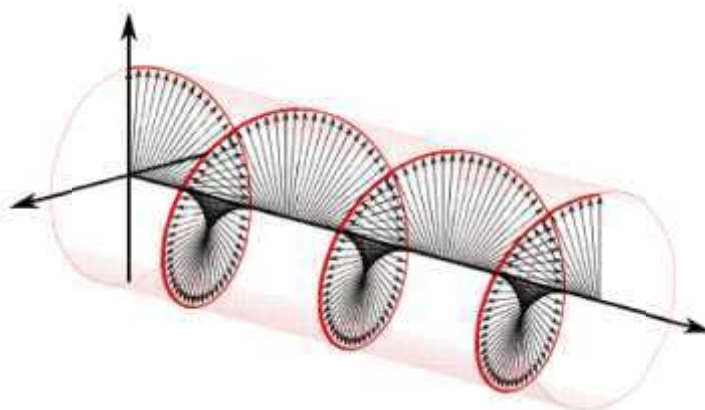


Figura 1. 18. Polarización Circular en sentido anti horario (LHCP)

1.11 ACCESO AL SATÉLITE

Las maneras en las que podemos acceder al satélite pueden ser mediante TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) y FDMA (Acceso Múltiple por División de

Frecuencia)¹².

- **FDMA:** Asigna una cantidad limitada de ancho de banda para un usuario en una cantidad infinita de tiempo. En la Figura 1.19 se indica la manera de acceso al satélite usando FDMA.

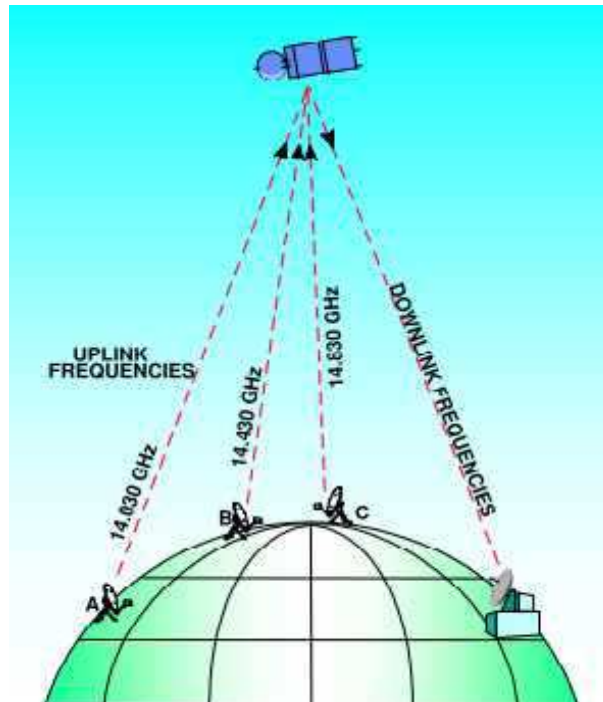


Figura 1. 19. Acceso al satélite usando FDMA

- **TDMA:** Asigna todo el ancho de banda disponible para un usuario en una cantidad finita de tiempo. En la Figura 1.20 se indica la manera de acceso al satélite usando TDMA.

¹² <http://www.com.uvigo.es/asignaturas/scvs/docs/sat05.pdf>

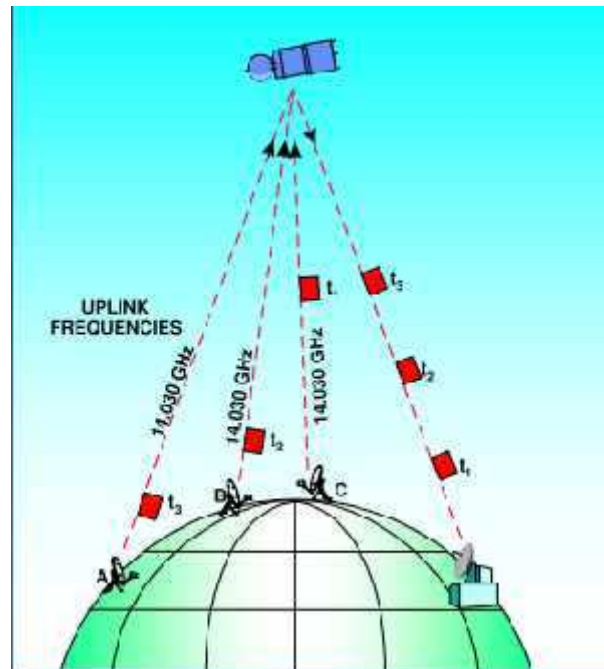


Figura 1. 20. Acceso al satélite usando TDMA

1.12 MÓDEM DEL SATÉLITE.

Un modem es un modulador y un demodulador localizados en el mismo dispositivo.

El módem se utiliza en una estación terrena satelital centrada en 70 MHz.

El motivo por el cual se hace la conversión de digital a analógico es porque se requieren grandes cantidades de ancho de banda para transmitir una onda cuadrada frente a una onda sinusoidal.

1.13 TIPOS DE MODULACIÓN.

Los módems que se usan para la transmisión satelital utilizan diferentes técnicas para convertir datos digitales en analógicos, los principales tipos de modulación usados son BPSK y QPSK debido a que son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores.¹³

- **BPSK:** (Binary Phase Shift Keying). La modulación por desplazamiento de fase binaria es un esquema de modulación que hace que el modulador cambie entre dos fases para representar los datos.

¹³ <http://www.slideshare.net/javieralbarracin/tipos-de-modulacin-1295186>

BPSK no ofrece reducción de ancho de banda. Es utilizada para transmisores de bajo costo y sin altas velocidades

- **QPSK:** (Quadrature Phase Shift Keying). La modulación por desplazamiento de fase en cuadratura es un esquema de modulación que hace que el modulador cambie entre cuatro fases para representar los datos. En este esquema cada cambio de fase representa dos bits de datos. QPSK ofrece una reducción de ancho de banda a la mitad. Se usa en la transmisión de datos por satélite.

1.14 CORRECCIÓN DE ERRORES (FEC).

Debido a que la señal desde la Tierra recorre una gran distancia y por medio de un ambiente hostil donde intervienen las condiciones atmosféricas y otros factores, los datos a veces llegan a la estación de recepción con errores.

Para disminuir estos errores, las comunicaciones por satélite utilizan un mecanismo llamado FEC, cuyas siglas en inglés son Forward Error Correction (Corrección de errores hacia adelante).

FEC es una técnica utilizada por el receptor para corregir los errores que se hayan realizado durante la transmisión.

Por lo general implican un algoritmo común que está integrado por el transmisor, que permite al receptor recuperar errores. Para esto hay un procesador que trabaja intensivamente para mejorar la eficiencia de la transmisión.

1.15 EFECTOS SOBRE UN SATELITE DE COMUNICACIONES¹⁴.

1.15.1 EFECTOS DE UN ECLIPSE.

El tipo más común de eclipses sobre los satélites geoestacionarios se produce cuando éste entra en la sombra de la Tierra. El eclipse hace que el panel solar se oculte a los rayos del sol y con esto produce que las baterías de

¹⁴ Hughes Network System, (1998), "General Satellite Communication Overview", Hughes Network System, Germantown-USA, p.31

almacenamiento que se utilizan para proporcionar energía para el satélite no puedan recargarse.

Este tipo de fenómeno se llevará a cabo durante los equinoccios de primavera y el otoño y puede durar entre 10 y 72 minutos. Un tipo menos común de eclipse se produce cuando la sombra de la Luna pasa a través de la satélite. El servicio no se ve afectado por este evento.

En la Figura 1.21 se indica los efectos que tiene un eclipse sobre el satélite.

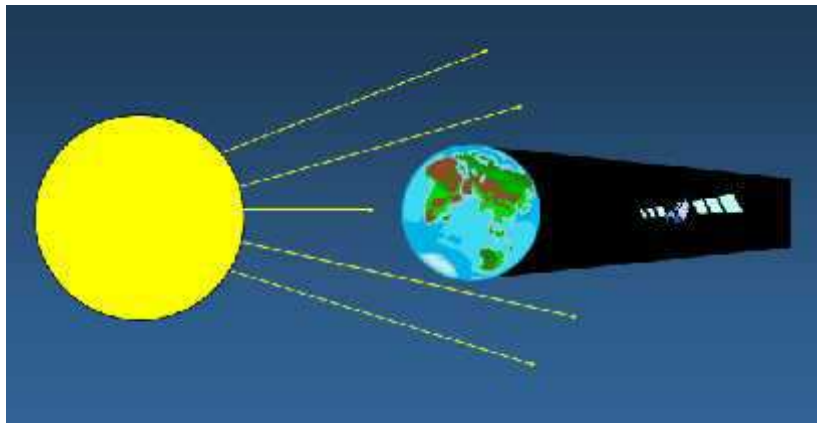


Figura 1. 21. Efectos de un eclipse sobre el satélite.

1.15.2 EFECTOS DE LA INTERFERENCIA SOLAR.

La interferencia solar se produce cuando el sol pasa directamente detrás del satélite, esto afecta al satélite de comunicaciones debido a que la alta temperatura del Sol es una fuente de ruido extremadamente potente que puede dominar las transmisiones del satélite.

La interferencia solar ocurre dos veces al año, cerca de las estaciones de primavera y otoño, y puede durar hasta 10 minutos durante 5 días consecutivos. La fecha en que va a ocurrir y el tiempo de duración que se va a interrumpir el servicio debido a la interferencia solar se puede variar según la ubicación geográfica de la estación terrena. Durante estos períodos de interferencia, es importante encender todos los equipos AutoTrack (auto seguimiento) ya que estos harán un seguimiento del Sol en vez del satélite. En la Figura 1.22 se indica los efectos que tiene la interferencia solar sobre el satélite.

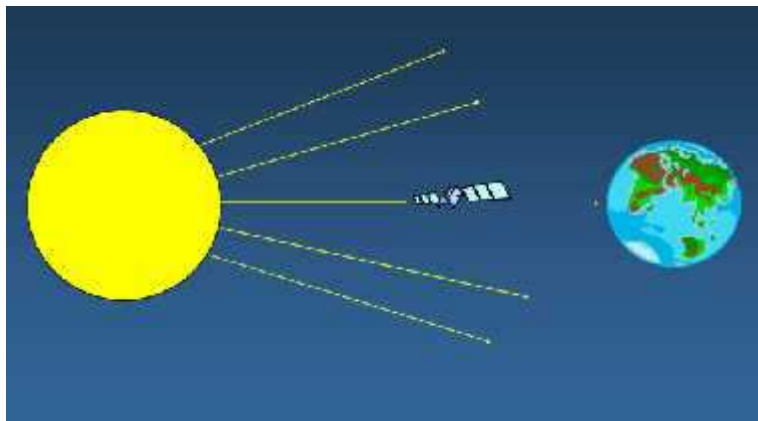


Figura 1. 22. Efectos de la interferencia solar sobre un satélite.

1.15.3 EFECTOS DEL CLIMA.

Aspectos como la lluvia y las nubes afectan el servicio entre el satélite y la estación terrena por disminución de intensidad de la señal. A medida que la lluvia se hace más pesada y las nubes se hacen más densas, aumenta la atenuación atmosférica. La acumulación de hielo en la superficie del reflector de la antena afecta a la comunicación entre el satélite y la estación terrena al disminuir la fuerza de la señal.

Las antenas ubicadas en zonas donde es probable que exista la acumulación de hielo requieren equipo anti-hielo.

En la Figura 1.23 se indica los efectos que tienen los efectos del clima sobre el satélite.

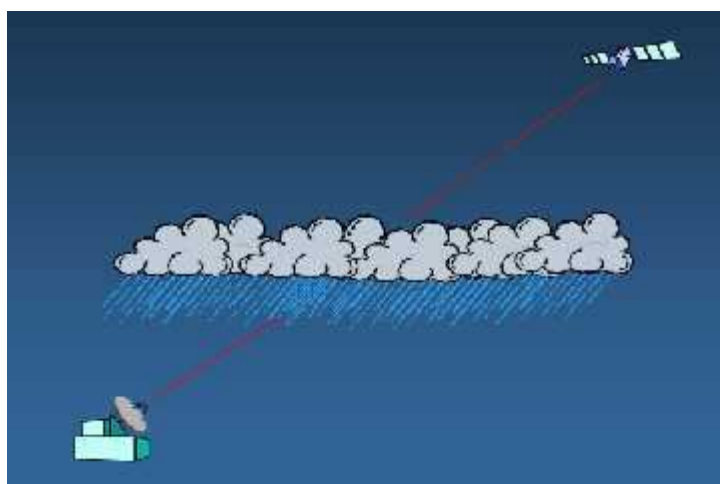


Figura 1. 23. Efectos del clima sobre un satélite.

1.15.4 RETARDO DE LA SEÑAL.

La transmisión de señales desde una estación terrestre al satélite y luego de vuelta a una estación terrena se llama un salto. Las señales viajan en el espacio a la velocidad de la luz. Desde un satélite geoestacionario que está situado a una altitud de más de 35.000 km, hay un significativo retraso de la señal para el salto, que se conoce como retardo de propagación.

El retardo de propagación de un salto es entre 230 y 270 milisegundos, en función de la ubicación de cada estación en la tierra dentro de la huella del satélite.

En la Figura 1.24 los retardos que sufre la señal al ser transmitida desde la estación terrena hacia la estación remota y viceversa

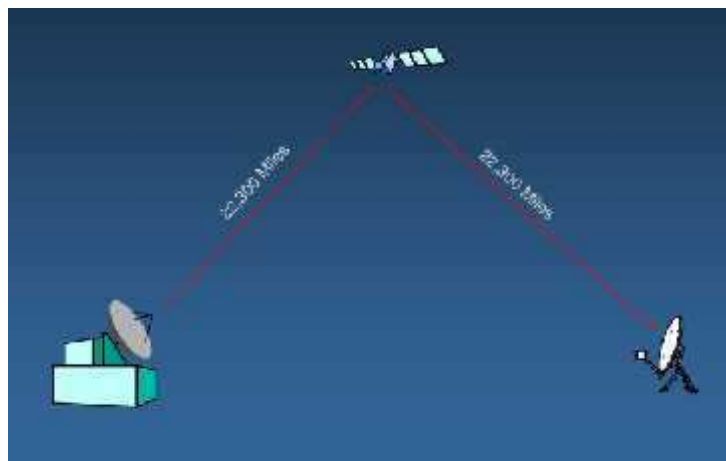


Figura 1. 24. Retardos de la señal.

1.16 NECESIDADES DE LA ESTACIÓN REMOTA LABORATORIO.

La Empresa “Ingenieros González y González”, mediante licitación, logró conseguir ser quien brinde el soporte técnico a la Empresa de Telecomunicaciones Global Crossing, que entre otros servicios, proporciona enlaces satelitales. Debido a esto se debe implementar una Estación Remota en las instalaciones de la empresa “Ingenieros González y González” que permita realizar pruebas para la comprobación del funcionamiento de los equipos inherentes al enlace satelital, para lo cual utilizaremos equipos con tecnología

satelital “Direct-IP”¹⁵, ya que dichos equipos son los que serán proporcionados por la Empresa de Telecomunicaciones Global Crossing para ser instalados a nivel Nacional. Global Crossing optó por enlaces satelitales Direct-IP ya que resulta ser una solución de mediano costo por punto para el cliente. Además, la tecnología Direct-IP ofrece una solución de conectividad y equipamiento que posibilita realizar enlaces digitales satelitales de datos, bidireccionales, punto a punto, para tráfico medio y alto, que permite satisfacer las necesidades de los clientes.

La empresa “Ingenieros González y González” se encuentra localizada al norte de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, en las calles Toronjas y Fucsias sector El Inca, cuya ubicación geográfica es 0° 08 52.34" S y 78°28' 14.28"O. En estas instalaciones se implementará la estación remota que servirá de laboratorio, el mismo que tiene como objetivo la comprobación del buen o mal funcionamiento de los equipos enviados por Global Crossing que a su vez serán instalados a nivel Nacional.

Las instalaciones antes mencionadas pertenecen al Ingeniero Marco González, Gerente General de la empresa “Ingenieros González y González” la cual se encarga de brindar asesoría, instalación, mantenimiento, comercialización, distribución, importación, exportación y promoción de todos aquellos servicios relacionados con las Telecomunicaciones. Cuya misión es ser reconocida como la empresa líder en brindar Soporte Técnico de las Comunicaciones, con personal altamente calificado, dentro de un ambiente de transparencia, con talento humano capacitado y comprometido, contribuyendo con el desarrollo del país.

¹⁵ http://imaginar.org/iicd/index_archivos/TUS1/impsat.pdf.

CAPÍTULO 2

2. SATÉLITE Y EQUIPOS DE LA RED

En este capítulo se realiza una descripción de las principales características del satélite AMC-4 que forma parte de la red satelital con tecnología Direct-IP. También se presenta las características respectivas de los equipos que formarán parte de las estaciones remotas. Por otra parte se hace una descripción de los principales componentes de la estación central.

Cabe señalar que la plataforma física necesaria para poner en marcha la estación remota que funcionará como laboratorio de equipos satelitales dentro de las instalaciones de la empresa “Ingenieros González y González” se encuentra ya prevista por el Gerente General de dicha empresa.

Adicionalmente los equipos considerados en las estaciones remotas y que se mencionan en este capítulo fueron los que Global Crossing presupuestó para el diseño total de la red con tecnología Direct-IP.

2.1 SATÉLITE

Para las redes VSAT se emplean satélites geoestacionarios, la cobertura del satélite que utiliza Global Crossing - Ecuador garantiza la cobertura en todo el territorio nacional, tanto continental como insular.

El satélite a usar por la red Direct-IP es el **AMERICOM-4 (AMC-4)**; que es uno de los cuales pertenece a la lista Satelital Andina ¹⁶ y está ubicado a 67° Oeste (West). Se trabajará en Banda Ku en el transponder A31CH. La polarización a usar en la Estación Remota es Lineal Horizontal.

Este satélite fue construido por Space Systems / Loral en Palo Alto, California, y el mismo cuenta con 24 Transponders en banda C y 12 en banda KU, además cuenta con un router para internet de la marca Cisco Systems. Este satélite permite servicios de Red Terrestre incluyendo banda ancha más eficiente, en

¹⁶ <http://www.comunidadandina.org/Seccion.aspx?id=166&tipo=TE&title=lista-satelital-andina>

cualquier momento y para cualquier parte donde el servicio de banda ancha tenga mucha demanda, soluciones de conectividad, una eficiente comunicación hop (una sola trayectoria de transmisión del transmisor al receptor) y la próxima generación de voz, video y aplicaciones de datos. El satélite de telecomunicaciones AMC-4 fue lanzado en 1999 desde la base de Kourou por la compañía americana GE Americom. Se trata de un satélite A2100 de banda C y banda Ku.

Las aplicaciones de los transponders en banda C son principalmente para televisión por cable para hogares. Los transpondedores en banda Ku sirven principalmente para VSATs, televisión comercial y los segmentos de banda ancha de Internet del mercado. Estos transpondedores de banda Ku están diseñados para ser conmutable entre el Norte y coberturas de América del Sur.¹⁷

Su nombre se cambió a AMC-4 después de que compañía GE Americom se convirtiera en **SES Americom**. En 2009, SES Americom se fusionó con SES Newskies (la compañía holandesa) para formar **SES**. En la figura 2.1 se muestra al Satélite Americo-4 en órbita.



Figura 2. 1. Satélite Americo-4

En la tabla 2.1 se detalla algunas de las características del satélite Americo-4 que el que usamos para el diseño de la red satelital. Estos parámetros fueron

¹⁷ <http://en.wikipedia.org/wiki/AMC-4>

sacados de la página oficial de SES¹⁸ en donde se proporciona la información necesaria de este satélite.

Tipo de ÓRBITA	Geoestacionaria
Localización de la ÓRBITA	67° Oeste (West), 293° Este (EAST)
Control de ÓRBITA	+/- 0.05° en inclinación y longitud
Tipo de Satélite	Lockheed Martin A2100AX, 3-ejes establecidos
Masa al momento del lanzamiento	3895 Kg
Vehículo de Lanzamiento	Ariane 44P
Fecha de Lanzamiento	13 de Noviembre 1999
Tiempo de vida designado	15 años
Potencia Total del satélite	3840 watts
Carga útil de los Transponders	12 Ku-Band (110 Watt TWTA)

Tabla 2. 1. Características del Satélite.

2.2 EQUIPOS DE RED

La tecnología Direct-IP ofrece una solución de conectividad y equipamiento que posibilita realizar enlaces satelitales para transmitir voz, datos, video. Estos enlaces pueden ser bidireccionales, punto-punto, para tráfico medio y alto, aplicable a redes de clientes en configuración “estrella” con puntos dispersos geográficamente.

La tecnología Direct-IP está conformada por dos secciones, la Estación satelital Remota y el Sistema Central (denominado HUB). En el diagrama inferior, puede observarse los diferentes componentes de una Estación Satelital y del Sistema Central para este servicio. La topología de la red es en estrella, al igual que las redes VSAT tradicionales.

¹⁸ <http://www.ses.com/4628362/amc-4>

La Figura 2.2 indica como está conformada una red satelital completa con tecnología Direct-IP, donde sus secciones principales son la estación satelital remota, el satélite y el Sistema Central (Hub).

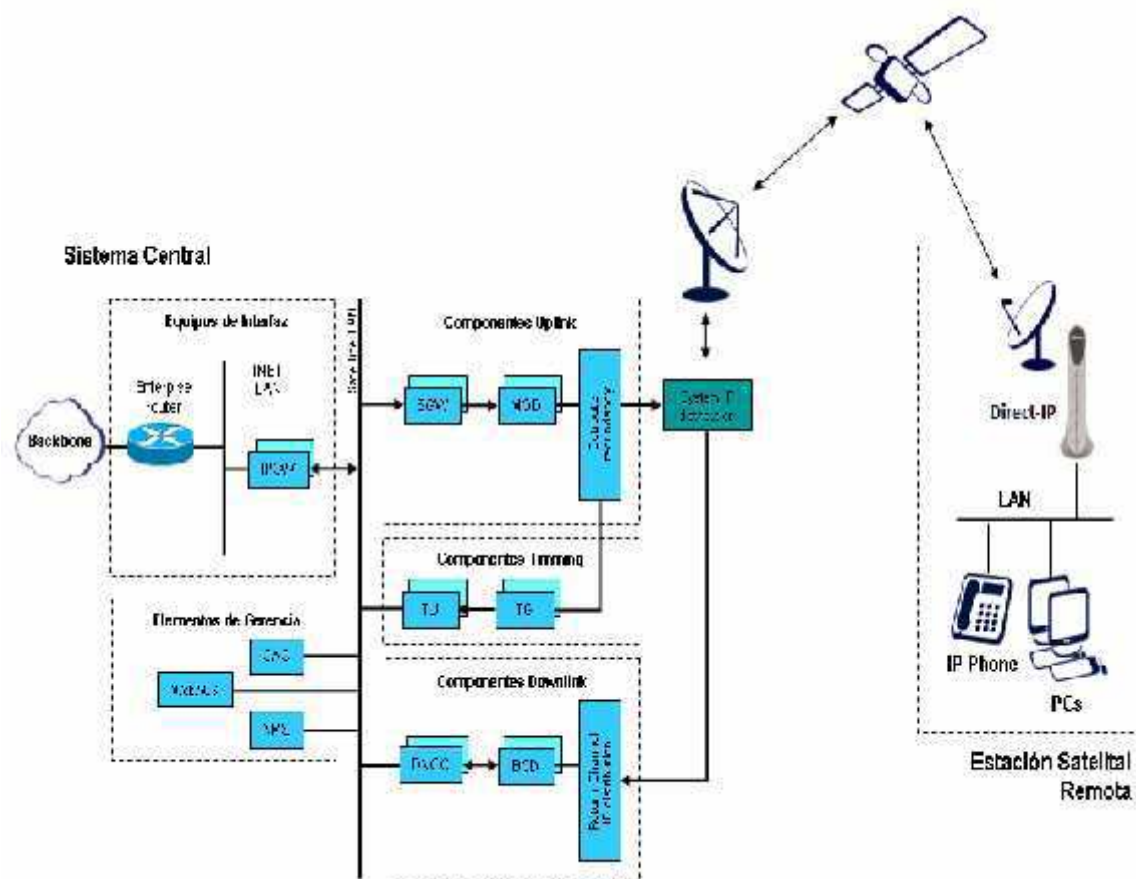


Figura 2. 2. Diagrama de una Estación Satelital Remota y un Sistema Central.

2.2.1 ESTACIÓN REMOTA

La estación remota está formada por:

- Unidad Interna (IDU)
- Unidad Externa (ODU)
- Antena parabólica

2.2.1.1 Funciones de cada Equipo

2.2.1.1.1 *La Unidad Interna (IDU).*

Realiza el procesamiento de la señal digital recibida a través del Outroute (portadora generada desde el sistema central) y la (o las) puerta(s) para datos de usuario. Igualmente, realiza el procesamiento de la señal de los datos de usuario desde la (o las) puerta(s) preparándola para su transmisión a través del Inroute (portadora generada desde las estaciones remotas). La IDU que será utilizada es la HN7740S de HUGHES¹⁹.

❖ **HN7740S:**

El terminal HN7740S, parte de la familia HN7000S de la misma compañía, es un enrutador satelital de banda ancha de alto rendimiento, diseñado para ofrecer tanto capacidades integradas VoIP como acceso de alta velocidad para grandes compañías, gobierno y compañías de pequeño/mediano tamaño. El terminal HN7740S ha sido diseñado para soportar aplicaciones que demandan mayor ancho de banda. Además soporta dos subredes LAN simultáneas y dos puertos simultáneos análogos de voz FXS (Foreign Exchange Station) de dos hilos, tiene la flexibilidad necesaria para manejar requerimientos empresariales de redes IP.

➤ **Aplicaciones:**

El HN7740S permite aplicaciones tales como:

- Conectividad telefónica para servicios oficinas de sucursales remotas.
- VoIP para PYMES Conectividad combinada de teléfonos públicos e Internet.
- Servicios de vídeo, incluyendo monitoreo de seguridad.
- Respaldo satelital diverso de acceso primario a banda ancha.
- Educación interactiva a distancia con conectividad VoIP de dos vías.

¹⁹

http://www.hughes.com/HNS%20Library%20For%20Products%20%20Technology/HN7740S_router_H35328_A4_LR_022811.pdf

- Transmisiones de multimedia en tiempo real y distribución de contenido.

El HN7740S opera con todos los sistemas HUGHES HN y utiliza los estándares de la industria DVB-S o DVBS2, soporta una amplia gama de tasas de información, seleccionando diferentes tasas de modulación, símbolos y codificación FEC. La portadora saliente soporta hasta 121 Mbps. Este terminal ofrece una solución integrada de banda ancha LAN para Windows, Unix, Apple, Macintosh y otras plataformas que corren IP sobre Ethernet.

Aunque en el presente proyecto de tesis no contempla implementar la telefonía IP cabe destacar que el modem también puede ofrecer telefonía de alta calidad junto con soporte IP de banda ancha. La VoIP ha sido optimizada, el HN7740S reserva automáticamente ancho de banda llamada por llamada, ofreciendo voz de alta calidad sin pérdida de paquetes, bajos tiempos de establecimiento de llamadas, típicamente de menos de 4 segundos, y bajos retardos extremo a extremo.

Para paquetes de datos IP, este terminal incorpora la característica avanzada de HUGHES “Performance Enhancing Proxy” (PEP), aumentando el rendimiento y maximizando la experiencia del usuario. El PEP es un mecanismo que proporciona aceleración a nivel TCP por medio de la supresión de ACKs, ampliación del tamaño de ventana, etc. de manera transparente al usuario. “Los PEP son nodos intermedios de red que se utilizan para mejorar el rendimiento de las comunicaciones en redes satelitales de gran ancho de banda”.²⁰

En la Figura 2.3 se muestra como estaría conformada una red satelital con PEP.



Figura 2. 3. Escenario de red satelital con PEPs

²⁰<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9448/1/pfc.pdf>

Otra ventaja del HN7740S es que soporta TurboPage de HUGHES, ofreciendo aceleración HTTP la cual mejora la experiencia de navegación y mejora la Calidad de Servicio, asignando prioridades de acuerdo a la demanda de ancho de banda.

La Figura 2.4 indica la forma física del HN7740S que es el que se usa como IDU en nuestra red satelital.



Figura 2. 4. IDU (HN7740S)

➤ Características

- Soporta tráfico IP unicast y multicast.
- Actualizaciones de software y de configuración por medio de descargas desde el NOC.
- Implementación de software auto configurable.
- Proxy (PEP) para acelerar el rendimiento de la comunicación satelital.
- TurboPage para acelerar el tráfico http para acceso de navegación rápido.
- IQoS (Calidad de Servicio Entrante).
- DSCP bidireccional y administración de ancho de banda saliente.
- Soporta el acelerador VPN de HUGHES.
- Compresión bidireccional de datos.

- Configuración, seguimiento de estado y puesta en servicio a través del NOC, e Interfaz de red incorporada para verificación local de estado y solución de problemas.

- **Actúa como un enrutador local con funciones de:**
 - Direccionamiento estático y dinámico Servidor o relay DHCP
 - Caching DNS
 - Pleno soporte de enrutamiento RIPV2
 - Multicasts a la LAN utilizando IGMP
 - NAT/PAT
 - Etiquetado VLAN (LAN virtual)
 - Soporte para murallas de fuego por medio de listas de control de acceso

- **Características de voz/fax:**
 - Fax grupo 3 hasta 9.6 kbps
 - detección de actividad de voz
 - Generación de ruido de confort
 - Soporte de teléfonos públicos por medio de inversión de polaridad
 - Establecimiento de llamadas H.323, con asignación de ancho de banda.

- **Especificaciones Técnicas**

Interfases Físicas:

 - ❖ Dos puertos 10/100 Base T Ethernet LAN RJ-45
 - ❖ Dos puertos telefónicos FXS de dos hilos, RJ-11

- **Especificaciones satelitales y de la antena:**
 - Formato de transmisión saliente : DBV-S, DBV-S2
 - Velocidad de Información (Portadora Saliente): Hasta 121 Mbps (DBV-S2)
 - Codificación (Recepción): DBV-S Convolucional con Reed Salomon concatenado, DBV-S2 LDPC +BCH
 - Codificación (Transmisión): TurboCode FEC $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ y $\frac{4}{5}$

- Rango de Frecuencias: Banda C, Ku y Ka
 - Modulación (Recepción): QPSK, 8PSK (DBV-S2)
 - Modulación (Transmisión): OQPSK
 - Bit error Rate (Recepción): 10^{-10} o mejor
 - Bit error Rate (Transmisión): 10^{-7} o mejor
- **Aspectos mecánicos y ambientales:**
- Peso (IDU): 4.8 libras
 - Tamano (IDU): 11.5"ancho X 1.8" alto X 11"fondo
 - Temperatura de Operación:
 - IDU: 0 grados +/- 40 grados C
 - ODU: -30 grados +/- 55 grados C
 - Suministro Eléctrico: 90-264 VAC ; 50-60 Hz
- **Rendimiento:**
- Por lo menos 45 Mbps de tráfico Multicast/streaming, o
 - Por lo menos 2 Mbps de tráfico acelerado HTTP, o
 - Por lo menos 10 Mbps de tráfico UDP, o
 - Cualquier combinación de lo anterior, con rendimiento proporcional.
 - Administración central por medio del sistema
 - SNMP
 - Pantalla LED que indica el estado de operación del Terminal

2.2.1.1.2 *La Antena Parabólica.*

Puede ser de diámetros diferentes dependiendo del cálculo de enlace y la banda de frecuencia utilizada, variando típicamente para el servicio Direct-IP desde 1,2 metros hasta 2.4 metros. Estas antenas de fibra de vidrio reforzadas con un tipo especial de poliéster (SMC) poseen la propiedad de un material impermeable al agua minimizando las atenuaciones.

Su función es la de concentrar toda la potencia generada por la RF en un haz muy fino que está apuntando al satélite al igual que concentrar toda la señal recibida por su superficie hacia la entrada del amplificador de recepción, LNA.

La antena que vamos a utilizar para las diferentes VSTAs (Very small aperture terminal) a instalarse al igual que la estación remota que servirá como laboratorio

es una PRODELIN 1134 ²¹ de 1.2 metros elegida por Global Crossing debido a sus características en transmisión y recepción superiores a otras. En la Figura 2.5 se indica la antena Prodelin de 1.2 metros que es la que se va a instalar en las estaciones remotas del presente proyecto.



Figura 2. 5. Antena Prodelin de 1.2 metros de diámetro.

En la Tabla 2.2 se muestra las características de frecuencia y ganancia de la antena Prodelin. Para más detalles de las especificaciones técnicas se puede revisar el Anexo 2 adjunto en el CD del presente proyecto de titulación.

Antena Satelital				
Frecuencia (GHz)		Ganancia (dBi)		Diámetro (mts)
Banda C	Banda Ku	Banda C	Banda Ku	
3.65 – 4.2	10.95 – 12.75	32	42	1.2

Tabla 2. 2. Especificaciones Técnicas de la Antena.

2.2.1.1.3 La Unidad Externa (ODU).

Es un único equipo que integra la electrónica de radiofrecuencia (RF), el amplificador de potencia de estado sólido (SSPA), el amplificador de recepción (LNB), los conversores de frecuencia (up/downconverters), la bocina cónica corrugada (feedhorn) y el acoplador ortomodo (OMT).

²¹ http://www.satcomresources.com/SATCOM-Technologies-1134-1-2M-Ku_Band-Tx-Rx-Antenna

Su función es convertir la frecuencia desde Banda L a la banda de trabajo del Satélite y viceversa. Igualmente, amplifica la señal que proviene de la IDU a los niveles que requiere el sistema central en la transmisión y amplifica la señal total del satélite (señal y ruido) a niveles óptimos para ser demodulados en la recepción.

En la Figura 2.6 se presenta la ODU²² perteneciente a Hughes a usarse en cada estación remota perteneciente a la red satelital del presente proyecto de titulación:



Figura 2. 6. ODU

En la Tabla 2.3 se muestra las características de frecuencia, ganancia y potencia de la ODU satelital. Para más detalles de las especificaciones técnicas se puede revisar el Anexo 3 adjunto en el CD del presente proyecto de titulación.

ODU Satelital				
Frecuencia (GHz)		Ganancia (dB)		Potencia TX (W)
TX	RX	TX	RX	1 - 2
14 - 14.5	10.95 - 12.75	54	66	

Tabla 2. 3. Especificaciones Técnicas de la ODU

²² <http://www.hughes.in/HughesIndiaBrochures/HUGHES%20ODU.pdf>

2.2.2 ESTACIÓN CENTRAL

También es conocido como NOC (Network Operation Center), esta estación posee la capacidad para monitoreo en tiempo real, control y administración de la red, capacidad de generación de reportes incluyendo estudio de horas pico, utilización del canal y de los puertos. Global Crossing – Ecuador dispone de una Estación Central en la Estación Terrena de Quito, además de toda la infraestructura de periféricos necesarios para el monitoreo permanente de la red. El NOC está conformado por varios equipos que mencionamos a continuación y cuya implementación se encargó de hacerla la empresa HUGHES en base a un estudio minucioso de tráfico.

2.2.2.1 El Subsistema de Uplink.

Realiza la multiplexación y transmisión de todo el tráfico IP de Outroute, el cual posee formato estándar DVB-S²³. El satélite gateway, los moduladores DVB y el equipo de redundancia de Outroute son los principales componentes. Para mayor información sobre el DVB-S²⁴ revisar el archivo de documentación 5 adjunto en el CD del presente proyecto de titulación.

2.2.2.2 El Subsistema de Timming.

Provee todo el sincronismo y reloj de referencia para todo el sistema.

2.2.2.3 Los Componentes de Downlink.

Son básicamente los Inroutes, agrupados físicamente en tarjetas denominadas RCD (Return Channel Demodulator) y el controlador o procesador de las informaciones enviadas a través de los Inroutes, que recibe el nombre de DNCC (Direcway Network Control Cluster).

²³ <http://es.wikipedia.org/wiki/DVB-S>

²⁴ http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/sistemas-de-telecomunicacion/Contenidos/Apuntes/6_distribucion_video_por_satelite.pdf

2.2.2.4 Los IP Gateways.

Son las interfaces entre el Estación Central y el cliente, que normalmente se encuentra conectado a través de un backbone terrestre. Básicamente, son servidores que realizan el manejo de las direcciones IP, la transmisión de los paquetes, compresión y encriptación entre otras. Su capacidad de procesamiento y por ello, cantidad de clientes y aplicaciones soportadas puede variar según el modelo y recursos de IPGW utilizado.

2.2.2.5 Los elementos de Gestión del Sistema.

Está principalmente compuesto por el sistema denominado VISION que es un software cuyo propietario es HUGHES, este sistema es el que realiza las funciones de control, supervisión y configuración de los elementos de la red. El administrador de red puede crear varios niveles simples de autorización para acceso del operador.

Adicionalmente, los servidores de control de acceso condicional (CAC) también generan funciones de administración de red por ser los responsables de generar las llaves necesarias para la encriptación y des-encriptación de los paquetes IP.

Es todo cuanto se puede nombrar sobre el NOC ya que la información de configuraciones internas y equipos es confidencial.

15	PQ1	62
15	PQ1	63

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE LA RED

Este capítulo está encaminado a presentar el diseño de una red que soporte 1500 estaciones remotas con diferentes planes de servicio de internet proporcionados por Global Crossing, además se presenta el tráfico presupuestado tanto de control como de datos cursados en la red satelital para de esta manera determinar la capacidad requerida total del satélite. También se presenta los justificativos necesarios para el uso de equipos HUGHES como solución del enlace satelital. Para el cálculo del enlace satelital se usa un software propietario de Hughes que por políticas propias de la empresa, no es de libre acceso al público por lo que se demuestra algunos de los principales resultados con las ecuaciones pertinentes.

3.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED.

Global Crossing especifica, como requerimientos para el diseño de su red Direct-IP que:

Los equipos que forman parte de la Estación Central, las estaciones remotas, así como también el software encargado de la administración de la red satelital deben ser de HUGHES NETWORKS SYSTEMS L.L.C. (HNS). De ser necesario Global Crossing puede determinar el uso de ciertas marcas de equipos específicas según crea conveniente.

El satélite a usarse en la red Direct-IP es el **AMERICOM-4 (AMC-4)**; que es uno de los cuales pertenece a la lista Satelital Andina y está ubicado a 67° Oeste (West). Se debe trabajar en Banda Ku, en el transponder A31CH de 36 MHz. La polarización a usar en la Estación Remota es Lineal Horizontal. Con este satélite se tiene cobertura en todo el territorio Nacional tanto continental como insular. Las características de este satélite fueron mencionadas en el capítulo 2.

La IDU y la ODU deben ser marca propietaria de la empresa encargada en el diseño de la red, en este caso HUGHES, ya que por licitación previa al desarrollo

de este proyecto de titulación, HUGHES se hizo merecedor a vender dichos equipos pertenecientes a cada estación remota.

En la Figura 3.1 se muestra la IDU y la ODU a usarse en cada Estación Terrena pertenecientes a la red satelital con tecnología Direct-IP.



Figura 3. 1. a) IDU de Hughes b) ODU de Hughes

La antena de las estaciones remotas debe ser de 1.2 metros de diámetro y un radio de 2 Watts de potencia procedente de la compañía Prodelín. Las características de la antena fueron mencionadas en el capítulo 2. En la Figura 3.2 se muestra la antena a usarse en cada Estación Terrena de la Red Satelital.



Figura 3. 2 Antena de 1.2 metros de diámetro

La red deberá soportar 1500 terminales con comunicación de Internet en topología tipo estrella con su nodo central en la estación terrena de Quito ubicada en la posición geográfica $0^{\circ} 16' 22''$ S y $78^{\circ} 28' 31''$ E (puente 7 vía a Sangolquí) con un antena de diámetro de 9 metros (ver figura 3.3) y un HPA de 200 Watts de potencia (ver Figura 3.4), la capacidad del enlace para los clientes deberá ser desde 128x64 Kbps hasta 1024x256 Kbps.



Figura 3. 3 Antena de 9 metros de diámetro en el HUB

La Figura 3.4 indica el HPA de 200 watts de potencia ubicado en la base de la antena.



Figura 3. 4 HPA DE 200 watts de Potencia

Para esto se debe tomar en cuenta los siguientes planes de servicio presentes en la Tabla 3.1.

N0. De Sitios	Velocidad de bajada (Kbps)	Velocidad de subida (Kbps)
5	1,024	256
310	512	128
406	256	128
779	128	64

Tabla 3. 1. Velocidades de las estaciones

El canal de comunicación, así como los equipos terminales de datos, deben soportar un crecimiento en su capacidad de transmisión con la finalidad de presentar un incremento de capacidad a futuro. También la red debe soportar DBV-S2²⁵ y Codificación y Modulación Adaptativa (ACM). Además la disponibilidad mensual de la red debe ser de un 99.50%. Así como también debe ser dimensionada para un factor de simultaneidad de uso de Inroute del 7% y del Outroute del 12% en las horas de alto tráfico. La red también debe contar con un sistema de monitoreo y gestión para poder visualizar el estado real de los remotos, así como también de los equipos propios de la Estación Central.

Entre otras aplicaciones la red debe tener la capacidad de soportar video conferencias y simular aulas virtuales que permita la educación a distancia.

Por último, las instalaciones de la empresa “Ingenieros González y González” deben formar parte de la red satelital, ya que sus instalaciones deben servir como laboratorio para probar equipos satelitales de propiedad de Global Crossing.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

El principal objetivo es proporcionar el diseño de una red que soporte los requerimientos antes mencionados, así como también se realiza una breve descripción del funcionamiento de la Estación Central y su respectivo sistema de

²⁵ <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/536/1/CD-1036.pdf>

Gestión, cabe señalar que uno de los terminales remotos de la red se usa como laboratorio de comprobación de los equipos que permita la revisión del correcto funcionamiento de los mismos que serán instalados en diferentes lugares del país y de esta manera evitar posibles complicaciones debido a equipos dañados lo que acarrearía pérdidas económicas y retrasos en el tiempo programado de instalación lo que es de mucha importancia ya que muchas veces los sistemas satelitales son usados en lugares inaccesibles.

3.3 JUSTIFICACIÓN DEL USO DEL SISTEMA DE HUGHES

3.3.1 ACERCA DE HUGHES

La compañía HUGHES NETWORKS SYSTEMS L.L.C. (HNS), con sede a las afueras de Washington DC, en Germantown, Maryland, EE.UU., es el proveedor líder a nivel mundial de banda ancha por satélite para hogares y oficina, entrega innovadoras tecnologías de red, servicios gestionados y soluciones para empresas y gobiernos a nivel mundial. HUGHES es el # 1 en servicio de alta velocidad en Internet por satélite en el mercado, acaparando en la actualidad más del 50% en el mercado. Sus productos emplean estándares globales aprobados por la TIA, ETSI e ITU.

HUGHES es propietario y tiene sus oficinas principales en los Estados Unidos, Europa, India y Brasil entregando a todo el continente conectividad satelital de banda ancha, junto con una gama cada vez mayor de soluciones totalmente gestionadas y aplicaciones a los clientes empresariales más importantes en prácticamente todos los sectores de las telecomunicaciones. Su huella de la tecnología abarca el mundo entero, superior a 1 millón de sitios de banda ancha que operan en más de 20 satélites.

HUGHES brinda soluciones de telecomunicaciones a organizaciones gubernamentales y empresas con sistemas avanzados de banda ancha por satélite y terminales, incluyendo los Centros de Operaciones de Red (NOC), dispositivos de mano móviles por satélite y terminales de alta velocidad de datos IP.

3.4 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA SATELITAL HUGHES²⁶

El sistema de HUGHES incorpora funcionalidades combinadas de un modem satelital y un router IP con características optimizadas para comunicaciones vía satélite y compatible con los estándares IPoS/DVB-S2, incorporando un completo set de características para optimizar el rendimiento, seguridad y operación del sistema satelital. En la Figura 3.5 se muestran algunas de las características que vienen incorporadas en el sistema de Hughes.

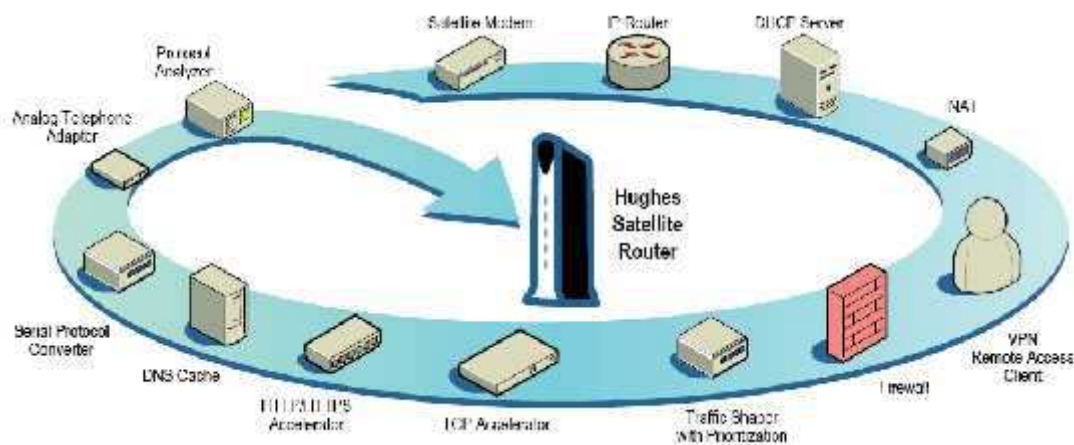


Figura 3. 5. Características Incorporadas en el sistema Hughes

El sistema de Hughes optimiza el rendimiento del enlace satelital, con un ajuste dinámico de códigos de corrección de errores y modulaciones basados en "signal quality feedback" desde las terminales remotas Hughes, brindando una mayor disponibilidad y mayor throughput para un tamaño de antena determinado.

El canal Inroute, que cumple con el estándar IPoS, TDMA emplea tramas de longitud variable proveyendo hasta un 85% de eficiencia en el canal de retorno.

El sistema HUGHES, es el único del mercado con el sistema AIS (Adaptive Inroute / Selection) para el Inroute channel, habilitando la posibilidad de switcheo en tiempo real de los códigos de velocidad y control de potencia, sumado a la capacidad de DVB-S2 ACM del canal Outroute provee una disponibilidad de red sin igual en el mercado.

²⁶ http://www.hughes.com/HNS%20Library%20For%20Products%20%20Technology/HN-System_H35493_LR_022608.pdf

3.4.1 OUTROUTE

Todos los sistemas satelitales IP de banda ancha de HUGHES usan el estándar DVB para el canal de transmisión OUTROUTE, proveyendo ventajas significativas al operador:

Posee una eficiente escalabilidad en los canales DVB para soportar portadores desde 1 Msps (Mega símbolos por segundo) hasta 45 Msps en el canal de Outroute, esto no obliga al operador a trabajar con canales de Outroute menores de manera artificial (10 Msps como la mayoría de sistemas).

La más reciente mejora del estándar DVB es DVB-S2, que incorpora características importantes para mejorar la eficiencia espectral comparada con DVB-S y formatos propietarios. DVB-S2 permite un poderoso manejo del FEC basado en protocolos propios de HUGHES. DVB-S2 puede manejar 2.25 Mbits en transferencia de datos por cada MHz de ancho de banda o más, un incremento del 30 a 40% de la eficiencia de la portadora, reflejando esta ventaja en ahorros en consumo de ancho de banda.

Una poderosa característica incluida en el DVB-S2 es el ACM (Adaptive Coding and Modulation) que permite al sistema variar dinámicamente la modulación y códigos en el canal de Outroute para cada transmisión, esta característica puede ser aplicado en dos vías, para optimizar el enlace satelital y para hacer ajustes dinámicos para compensar atenuaciones atmosféricas.

3.4.2 EFICIENCIA INROUTE

El sistema Hughes presenta un avanzado sistema de asignación dinámica de ancho de banda con una variedad de planes de QoS para múltiples perfiles de trabajo. Adicionalmente, se emplean tramas de transmisión de longitud variable para el Inroute, optimizando su uso por la demanda existente en tiempo real.

Entre las funcionalidades claves del Inroute están:

- Eficiencia del Ancho de Banda en el Inroute.
- Asignación dinámica de ancho de banda.
- Escalabilidad.
- Alta calidad en el servicio.

3.4.3 ACCESO INROUTE MULTIFRECUENCIA

El sistema de HUGHES, ofrece el más avanzado sistema de adaptación dinámica de velocidad AIS (Adaptative Inroute Selection), el mismo que se utiliza para combatir el desvanecimiento debido a la lluvia. El terminal Remoto puede cambiar automáticamente, dependiendo de las condiciones climáticas, su tasa de FEC. Posee la capacidad de cambiar la tasa FEC 4/5 a tasa 2/3 y a 1/2 instantáneamente sin necesidad de conmutar hacia otras Inroutes. Esta característica además permite cambiar a velocidades de símbolo más bajas debido al desvanecimiento producido por lluvia.

En otras palabras todas las Estaciones Remotas del sistema pueden cambiar ágilmente de frecuencia a través de todos los canales de Inroute disponibles, con lo cual se optimiza la asignación de recursos disponibles. La figura 3.6 indica como la Estación Remota usa el AIS.

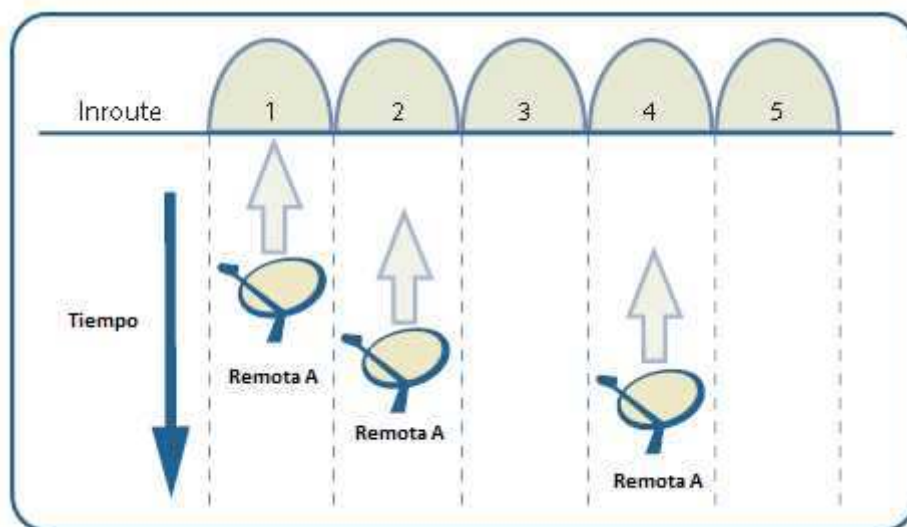


Figura 3. 6 Estación Remota usando el AIS

3.4.4 SEGURIDAD DE RED

El sistema HN incluye un mecanismo de Acceso Condicional que es usado para prevenir espionaje de terminales remotas sobre el tráfico de Outroute. Adicionalmente, el sistema maneja encriptación de llaves propias para cada terminal. Dado que las funciones de encriptación están integrados en el sistema la aceleración y priorización de tráfico se mantienen.

3.4.5 COMISIONAMIENTO AUTOMÁTICO

El sistema permite comisionar la VSAT sin necesidad de apoyo en el sitio central. Una vez que la VSAT sea instalada y tiene el máximo apuntamiento al satélite, se establece un enlace al NOC, la VSAT se autentica de manera automática con el sistema de autocomisionamiento a través de las llaves de acceso que son cargadas previamente, en el servidor CAC (Conditional Access Server), y se descarga la configuración requerida para la VSAT.

3.4.6 MODULARIDAD

Dado que HUGHES es operador en los Estados Unidos con casi 500 000 usuarios utilizando la plataforma Hughes, la modularidad es muy importante dado que permite que el equipamiento del NOC vaya creciendo de manera escalonada, conforme se agregan VSATs a la red.

3.4.7 APLICACIONES

La plataforma HN de HUGHES que se presenta en esta propuesta puede soportar diversas aplicaciones que se pueden ir incorporando a futuro al NOC con hardware adicional, para ofrecer servicios como:

- Respaldo Satelital
- Publicidad Digital
- Educación a Distancia
- Telefonía Rural
- IP TV Corporativo
- VoIP
- Puntos de Venta
- Video vigilancia
- Conexión a redes MPLS VPN
- Encriptación
- Distribución de Contenido

- ✓ Películas a Cines
 - ✓ Actualizaciones de Inventarios, Software, Antivirus
- Video conferencia

3.4.8 ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

3.4.8.1 Servicios de Internet

En la Tabla 3.2 se presenta la cantidad de Estaciones Remotas que usan los diferentes planes de servicio definidos por Global Crossing:

N0. De Sitios	Outroute (Kbps)	Inroute (Kbps)
5	1,024	256
310	512	128
406	256	128
779	128	64

Tabla 3. 2. Número de Estaciones y planes de servicios

La Figura 3.7 muestra la arquitectura de la Red satelital a implementarse.

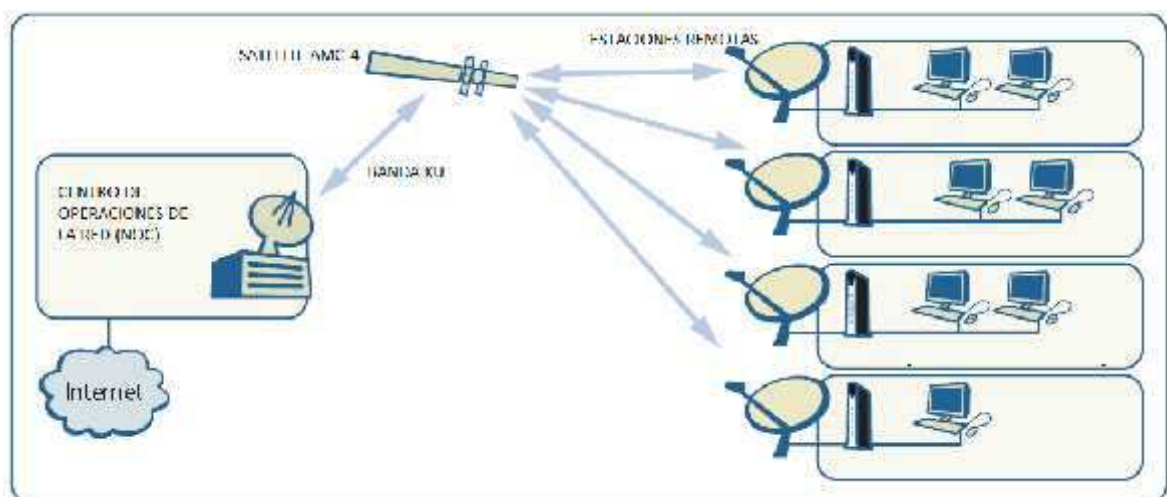


Figura 3. 7 Arquitectura de la Red

Con un porcentaje de simultaneidad del Outroute de 12% y de 7% en el Inroute para el servicio de Internet, además una compresión del 15% del tráfico del Outroute y 20% en el Inroute sobre el tráfico de Internet por el satélite. Es

importante que dentro de estos planes de servicios también se contemple a futuro brindar servicios de voz.

3.4.8.2 Idu

A través del router HN7740S con 2 puertos de voz integrados al chasis, así como 2 puertos RJ45 Ethernet 10/100 Base T que soporta diferentes funcionalidades.

3.4.8.3 Outroute

Una portadora Outroute DVB-S2 con ACM, que permite modulación dinámica 16PSK y 8PSK, 11.5 Msps que da una velocidad aproximada de 30.7 Mbps en 13.8 MHz.

De manera general los valores anteriores se calcularon en base a un estudio de Ingeniería de HUGHES basado en la modulación y codificación adaptativa que soporta el Outroute, se basó también en un estimado del porcentaje de uso de las codificaciones por remota, además se tomó en cuenta el tráfico de usuario, así como también el tráfico que se requiere para el sistema de monitoreo y gestión de la red y el tráfico que se usará para las diferentes aplicaciones. Más adelante se realizará una explicación del cálculo del Outroute.

3.4.8.4 Inroute

Al igual que el dimensionamiento del Outroute, en el Inroute se tomó en cuenta el tráfico necesario para cada aplicación requerida por el usuario, así como también el tráfico de administración y control, la transacción diaria de bits por sitio, un promedio de tamaño de paquetes enviados por las Inroutes, el uso de bits para los mecanismos de sincronismo entre otros.

En definitiva el dimensionamiento del Inroute es más complejo que el dimensionamiento del Outroute por lo que solo se considera los valores proporcionados por HUGHES sin necesidad de cálculos.

21 portadoras Inroute de 256 Ksps (Kilo símbolos por segundo) con la funcionalidad de AIS (Adaptive Inroute Selection), que permite hasta 8.15 Mbps de velocidad en 7.52 MHz, con un 80% de sitios configurados en 256 Ksps y FEC

4/5 y 20% de sitios configurados con 256 Ksps con FEC 2/3. Más adelante se realizará la justificación de estos cálculos.

El total de ancho de banda utilizado para Inroute y Outroute sería de 21.38 MHz de los 36 MHz que se tienen disponibles, esto permitiría a la red satelital un ahorro de 14.62 MHz para agregar más VSATs en una posible expansión futura. Posteriormente se demostrará como se obtuvieron estos cálculos.

3.5 EXPLICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

A continuación se muestran los diferentes aspectos que se consideraron para el dimensionamiento de la red:

- Capacidad del transponder de banda Ku del satélite AMC-4.
- Antena de 9 metros en la estación Central con equipos redundantes en radio frecuencia.
- Un total de 1500 sitios remotos.
- Los planes de servicio:

En la Tabla 3.3 se indica el número de estaciones con su respectivo plan de servicio.

Plan de Servicio-Downlink (kbps)	1024	512	256	128
Plan de Servicio-Uplink (kbps)	256	128	128	64
Cantidad de sitios - 1,500 total	5	310	406	779

Tabla 3. 3. Planes de Servicios

Los siguientes factores señalan el porcentaje de estaciones remotas que podrán usar la red simultáneamente:

Se consideró el siguiente Factor de simultaneidad para horas de alto tráfico de:

- Outroute: 12% de sitios activos.
- Inroute: 7% de sitios activos.

Estos valores de utilización de Outroute e Inroute forman parte de los requerimientos propios de la red.

Nota: Si a futuro se desea implementar telefonía en la red, el tráfico de voz está incluido en los planes de servicio.

- La ubicación geográfica de la red, es decir de la Estación Central y las estaciones remotas, es Ecuador.

3.5.1 CÁLCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

En la Tabla 3.4 se muestra los nuevos planes de servicio considerando la simultaneidad de ocupación requerida por la red en las horas picos tanto para el Outroute como para el Inroute:

NÚMERO DE SITIOS Y PLANES DE SERVICIOS POR SITIO						
TRÁFICO DE INTERNET	Bajada (Kbps)	Subida (Kbps)	Simultaneidad para la Bajada %	Simultaneidad para la Subida %	Valor de Bajada considerando la simultaneidad (kbps)	Valor de subida considerando la simultaneidad (kbps)
Plan de servicios para los 1500 sitios en 36 Mhz	1024	256	12	7	122.88	17.92
	512	128	12	7	61.44	8.96
	256	128	12	7	30.72	8.96
	128	64	12	7	15.36	4.48

Tabla 3. 4. Plan de servicios considerando simultaneidad

Los valores de la velocidad de bajada considerando la simultaneidad se obtuvo de la siguiente forma:

Valor de Bajada considerando la simultaneidad = (Bajada (Kbps))*(Simultaneidad para la Bajada)

Ecuación 3. 1. Cálculo Valor de Bajada considerando la simultaneidad

Valor de Bajada considerando la simultaneidad = 1024 Kbps*0.12

Valor de Bajada considerando la simultaneidad = 122.88 Kbps

Valor de Subida considerando la simultaneidad = (Subida (Kbps))*(Simultaneidad para la Subida)

Ecuación 3. 2. Cálculo Valor de Subida considerando la simultaneidad

Valor de Subida considerando la simultaneidad = 256 Kbps*0.07

Valor de Subida considerando la simultaneidad = 17.92 Kbps

NOTA: Los resultados mostrados anteriormente fueron calculados en base al plan de servicio de 1024/256 Kbps, (este valor fue tomado al azar), para los demás planes de servicio se debe realizar cálculos similares.

Posteriormente se debe calcular el dimensionamiento del Outroute y del Inroute basado en los nuevos planes de servicios después de considerar la simultaneidad de los mismos y la cantidad de sitios por plan de servicio, tal como se indica en la Tabla 3.5.

Valor de Bajada considerando la simultaneidad (kbps)	Valor de subida considerando la simultaneidad (Kbps)	Cantidad de sitios	Outroute (Kbps)	Inroute (Kbps)
122.88	17.92	5	614.4	89.6
61.44	8.96	310	19046.4	2777.6
30.72	8.96	406	12472.32	3637.76
15.36	4.48	779	11965.44	3489.92

Tabla 3. 5. Dimensionamiento del Outroute y del Inroute

Para dimensionar la capacidad necesario tanto del Outroute como del Inroute basado en los nuevos planes de servicio se realizó los siguientes cálculos:

De forma general el cálculo del Outroute se obtuvo de la siguiente forma:

Outroute = Valor de Bajada considerando nuevos planes de servicio * Cantidad de sitios

Ecuación 3. 3. Cálculo Valor de Bajada considerando nuevos planes de servicio

$$\text{Outroute} = 122.88 * 5 = 614.4 \text{ Kbps}$$

Inroute = Valor de Subida considerando nuevos planes de servicio * Cantidad de sitios

Ecuación 3. 4. Cálculo Valor de Subida considerando nuevos planes de servicio

$$\text{Inroute} = 17.95 * 5 = 89.6 \text{ Kbps}$$

NOTA: Los resultados mostrados anteriormente fueron calculados en base al plan de 122.88/17.92 Kbps, para los demás planes de servicio se debe realizar cálculos similares.

Luego para el dimensionamiento total del Outroute e Inroute se debe sumar cada uno de los planes de servicio como se muestra a continuación:

Tráfico total Outroute del Usuario Final en Kbps para los 1500 sitios = suma de todos los planes de servicio

Ecuación 3. 5. Cálculo Tráfico total Outroute del Usuario Final

$$\begin{aligned} \text{Tráfico total Outroute del Usuario Final en Kbps para los 1500 sitios} &= 614.4 \\ &+ 19046.4 + 12472.32 + 11965.44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tráfico total Outroute del Usuario Final en Kbps para los 1500 sitios} &= \\ &44098.56 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

En la Tabla 3.6 se muestra el tráfico total del outroute y del inroute generado por los usuarios finales²⁷.

	Outroute (Kbps)	Inroute (Kbps)
	614.4	89.6
	19046.4	2777.6
	12472.32	3637.76
	11965.44	3489.92
Tráfico total del Usuario Final en Kbps para los 1500 sitios	44098.56	9994.88

Tabla 3. 6. Cálculo necesario para el usuario final.

En base a los cálculos realizados anteriormente HUGHES recomienda una compresión del 35% para el Outroute y del 30% para el Inroute por lo que tenemos los siguientes cálculos, tal como se muestra en la Tabla 3.7.

Outroute después de la compresión	28664.06 Kbps
Inroute después de la compresión	6996.416 Kbps

Tabla 3. 7. Outroute e Inroute con compresión.

Valor del Outroute después de la compresión = Tráfico total del Usuario Final * Compresión

Ecuación 3. 6. Cálculo Valor del Outroute después de la compresión

Valor del Outroute después de la compresión = 44098.56 * 0.65 = 28664.06 Kbps

Valor del Inroute después de la compresión = Tráfico total del Usuario Final * Compresión

Ecuación 3. 7. Cálculo Valor del Inroute después de la compresión

Valor del Inroute después de la compresión = 9994.88 * 0.7 = 6996.416 Kbps

²⁷ Hughes Network System, (1998), "General Satellite Communication Overview", Hughes Network System, Germantown-USA

Adicionalmente Hughes tiene preestablecido el uso de 200 Kbps para el tráfico de temporización y de supervisión a nivel de Outroute y el uso de 350 Kbps para los canales ALOHA a nivel del Inroute.

Considerando estas observaciones hechas por Hughes, en la Tabla 3.8 se observa el uso de tráfico del usuario final tanto para el outroute y el inroute.

Tráfico de temporización y supervisión (Outroute)	28864.06 Kbps
Tráfico ALOHA (Inroute)	7346.416 Kbps

Tabla 3. 8. Consideraciones tomadas por Hughes para tráfico de usuario final

Tráfico de temporización y supervisión (Outroute) = Valor del Outroute después de la compresión + 200 kbps

Ecuación 3. 8. Cálculo Tráfico de temporización y supervisión (Outroute)

Tráfico de temporización y supervisión (Outroute) = 28664.06 + 200 = 28864.06 Kbps

Tráfico ALOHA (Inroute) = Valor del Inroute después de la compresión + 350 kbps

Ecuación 3. 9. Cálculo Tráfico ALOHA (Inroute)

Tráfico ALOHA (Inroute) = 6996.416 + 350 = 7346.416 Kbps

Se debe considerar una eficiencia para el Outroute del 94% y para el Inroute 89% según criterios propios de Hughes, dando como resultado los siguientes valores mostrados en la Tabla 3.9, para considerar el dimensionamiento total del Outroute y del Inroute:

<i>Outroute después de la Eficiencia</i>	30595.91 Kbps
<i>Inroute después de la Eficiencia</i>	8154.522 Kbps

Tabla 3. 9. Capacidad del Inroute y Outroute después de la eficiencia

Capacidad del Outroute después de la Eficiencia = Tráfico de temporización y supervisión * Eficiencia

Ecuación 3. 10. Cálculo Capacidad del Outroute después de la Eficiencia

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Outroute después de la Eficiencia} &= 28864.06 * 1.06 \\ &= 30595.91 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Capacidad del Inroute después de la Eficiencia} = \text{Tráfico ALOHA} * \text{Eficiencia}$$

Ecuación 3. 11. Cálculo Capacidad del Inroute después de la Eficiencia

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Inroute después de la Eficiencia} &= 7346.416 * 1.11 \\ &= 8154.522 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Hughes recomienda en base a sus estudios el uso de un Outroute de la siguiente forma para obtener el valor del Outroute en Msps por lo que proporcionó las siguientes tablas para su cálculo:

- a) Un 80% funcionando con modulación 8 PSK y FEC 5/6 como se muestra en la Tabla 3.10.
- b) Un 20% con modulación 16 APSK y FEC 3/4 como se muestra en la Tabla 3.11.

FEC	3/5	2/3	3/4	5/6	8/9	9/10	
Symbol Rate (Msps)	Info rate						Crr Space (MHz)
11.5	20.60	22.91	25.77	28.66	30.60	30.98	13.8
10	17.91	19.93	22.41	24.93	26.61	26.94	12
9	15.92	17.72	19.96	22.22	23.72	NA	10.8
8	14.15	15.75	17.75	19.75	21.08	NA	9.6
7	12.38	13.78	15.53	17.28	18.45	NA	8.4
6	10.61	11.81	13.31	14.81	15.81	NA	7.2
5.5	9.73	10.83	12.20	13.58	14.50	NA	6.6
5	8.84	9.84	11.09	12.34	13.18	NA	6
4	7.08	7.88	8.87	9.87	10.54	NA	4.8
3	5.31	5.91	6.65	7.41	7.91	NA	3.6
Ebi/No x 10-10 Mínimo Requerido	3.25	3.81	4.43	5.34	6.11	6.87	Usar con Outroutes de 10 a 27 Msps

Tabla 3. 10. Relación entre capacidad del Outroute, FEC y modulación 8PSK

FEC	2/3	3/4	4/5	5/6	8/9	9/10	
Symbol Rate (MSPS)	Info rate						Crr Space (MHz)
11.5	29.55	34.36	36.66	38.22	40.80	41.31	13.8
10	26.57	29.88	31.88	33.23	35.48	35.92	12
9	23.63	26.62	28.42	29.62	31.63	NA	10.8
8	21.00	23.66	25.26	26.33	28.11	NA	9.6
7	18.38	20.70	22.10	23.04	24.60	NA	8.4
6	15.75	17.75	18.94	19.75	21.08	NA	7.2
5	13.13	14.79	15.79	16.46	17.57	NA	6
4	10.50	11.83	12.63	13.17	14.06	NA	4.8
3	7.88	8.87	9.47	9.87	10.54	NA	3.6
Ebi/No x 10-10 Mínimo Requerido	N/A	5.94	7.41	6.51	7.11	8.5	Usar con Outroutes de 10 a 27 MSPS

Tabla 3. 11. Relación entre capacidad del Outroute, FEC y modulación 16 APSK

En base a la utilización en porcentaje de las modulaciones y los FECs hechas por Hughes y tomando en cuenta las tablas proporcionadas por el mismo se llega a la conclusión que se requiere un Outroute de 11.5 MSPS.

Por otra parte basta con realizar el siguiente cálculo para obtener la frecuencia usada por el Outroute (Crr space) en el transponder:

$$\text{Ancho de Banda del Outroute} = \text{Symbol rate} * (1 + \text{rolloff})$$

Ecuación 3. 12. Cálculo Ancho de Banda del Outroute

$$\text{Ancho de Banda del Outroute} = 11.5 \text{ MSPS} * (1 + 0.2)$$

$$\text{Ancho de Banda del Outroute} = 13.8 \text{ Mhz.}$$

Donde:

El valor de roll off usado por HUGHES para el Outroute es 0.2

Como se había mencionado anteriormente el dimensionamiento del número de Inroutes requiere mayor complejidad ya que contienen cabeceras para el sincronismo, identificación de tramas, etc. por lo que se tomará el valor proporcionado por Hughes del uso de 21 Inroutes de 256 KSPS cada una, dando lo siguiente:

$$\text{Symbol rate requerido por el Inroute} = \text{Número de Inroutes} * \text{Velocidad de Tx}$$

Ecuación 3. 13. Cálculo Symbol rate requerido por el Inroute

Symbol rate requerido por el Inroute = 21 * 256 Ksps = 5376 Ksps

Ancho de Banda del Inroute = Symbol rate * (1+rolloff)²⁸

Ecuación 3. 14. Cálculo Ancho de Banda del Inroute

Ancho de Banda del Inroute = 5376 Ksps*(1+0.41) = 7.58 MHz

Donde:

El valor de rolloff usado por HUGHES para el Inroute es 0.41

De los cálculos anteriores del Ancho de banda usado tanto para el Outroute como para el Inroute se tiene lo siguiente:

Ancho de Banda necesario total = Ancho de Banda del Outroute + Ancho de Banda del Inroute

Ecuación 3. 15. Cálculo Ancho de Banda necesario total

Ancho de Banda necesario total = 13.8 MHz + 7.58 MHz = 21.38 MHz

Ahorro del transponder = Capacidad del Transponder – Ancho de Banda necesario total

Ecuación 3. 16. Cálculo Ahorro del transponder

Ahorro del transponder = 36 MHz – 21.38 MHz = 14.62 MHz

Finalmente se obtiene 14.62 MHz de ahorro total del transponder que pueden ser usados a futuro si se desea el crecimiento de la red.

Todas estas fórmulas usadas anteriormente fueron proporcionadas por HUGHES y en los que casos que no se realizaron cálculos fue debido a que por políticas propias de seguridad de la empresa no se pudo obtener fórmulas específicas.

HUGHES proveerá el sistema HN (HUGHES NETWORKING) que permite el establecimiento de servicios de comunicaciones por satélite para datos y el

²⁸ Hughes HN System Sizing Overview, (2009), “Hughes HN System Sizing Overview”, Hughes Network System, Germantown-USA. P5-9

acceso de voz desde ubicaciones remotas. La red de HN se basa en la arquitectura de topología en estrella de múltiples terminales de HN se comunican a través de un concentrador central que se llama un NOC (NETWORK OPERATION CENTER) HN. El NOC HN entregado por HUGHES soporta una capacidad de banda ancha de salida y canales de retorno para el usuario final. La capacidad satelital necesaria para la red está determinada por el funcionamiento del satélite sobre el Ecuador, los planes de servicio y las características del sistema HN. La red deberá funcionar con la cobertura del satélite AMC-4 en banda Ku. HUGHES realizó el dimensionamiento del tráfico y análisis de enlaces presupuesto basado en los requisitos previamente mencionados. HUGHES proporcionara el tamaño de las portadoras de Inroute y Ouroute para maximizar el uso del segmento espacial.

Los 1.500 sitios con los planes de servicios mencionados y el factor de simultaneidad expuesto anteriormente requerirán velocidades efectivas de alrededor de 30.7 Mbps para el Outroute y 8.15 Mbps para el Inroute. El sistema HN comprime y acelera el tráfico de usuario para disminuir la latencia de cada trama enviada al satélite, esta compresión y aceleración se realiza mediante los canales DVB-S2 para el Outroute y QPSK para el Inroute. La red requiere soportar una portadora 11,5 Msps para el Outroute ocupando 13,8 MHz, y 21 portadoras para las Inroutes que ocupan alrededor de 350 kHz cada una, dando un total de 7.52 MHz Los tamaños recomendados de las portadoras están basados en las especificaciones del satélite AMC-4 que serán utilizadas para el análisis del enlace que se presenta a continuación.

El sistema HN posee la característica de tener Codificación y Modulación Adaptativa (ACM) lo que permite cambiar dinámicamente las tasas de codificación FEC, los esquemas de modulación QPSK/8PSK/16APSK, y seleccionar la potencia de salida correcta para la transmisión basada en el rendimiento de la transmisión, ubicación geográfica y las condiciones climáticas de los distintos terminales remotos. Por lo tanto, la portadora Outroute de 11,5 Msps proporciona 31 Mbps aproximadamente después de la compresión del tráfico de usuario que circula en el sistema HN, y también considerando la eficiencia del canal.

La codificación Adaptativa sobre el Inroute (AIS) ofrece la posibilidad de recibir ráfagas de diferentes tasas de codificación en una sola Inroute, por lo que los canales Inroutes están asociados a una tasa específica de símbolo de 256 Kbps y transmiten a la mejor velocidad de codificación que se puede lograr en ese momento. Las estaciones remotas podrán transmitir a diferentes tasas, en ocasiones transmitirán con una tasa de 4/5, en otras 2/3 y de 1/2. El promedio combinado de eficiencia de Inroutes es de 8,31 Mbps aproximadamente.

3.5.2 EQUIPOS PRINCIPALES DEL NOC²⁹

A continuación se realiza un breve repaso de los equipos que forman parte del NOC. El Centro de Operaciones de la Red HUGHES HN es el punto central o eje del Sistema HN de HUGHES. Se ofrece una alta velocidad de transmisión de paquetes IP hacia y desde los terminales remotos. El NOC de Hughes posee equipos de procesamiento de banda base, subsistema IF, subsistemas de control y el sistema de gestión de red. La Figura 3.8 muestra los equipos del NOC.



Figura 3. 8 Equipos del NOC

²⁹ Hughes Network System, (1998), "General Satellite Communication Overview", Hughes Network System, Germantown-USA

El NOC HN soporta TDM/TDMA Acceso múltiple del segmento espacial de satélite para el acceso eficiente de la red de satélites. El equipo de banda base del NOC HN se compone de un subsistema de enlace ascendente de satélite, un subsistema de temporización y un subsistema Inroute con todos los componentes críticos configurados con la suficiente redundancia para soportar la máxima disponibilidad de la red. El sistema HN de banda base proporciona la interfaz de banda L para los equipos de RFT de la Estación Central.

El subsistema del enlace satelital ascendente soporta transmisión IF con Outroutes mayores 30 Msps de capacidad y 36MHz del transponder satelital. El NOC contará con un equipo denominado Satellite Gateway (SGW). El SGW es el elemento clave dentro del subsistema de enlace ascendente. Este recibe el tráfico satelital desde los otros componentes del NOC HN sobre el segmento llamado LAN, les da formato en paquetes individuales, y los reenvía al modulador DVB-S2 para la transmisión sobre el satélite. El SGW también recibe el tráfico satelital de los distintos subsistemas, incluyendo las puertas de enlace IP (IP GATEWAYS), DNCCs y elementos de gestión de red en un segmento de LAN. Los SGWs pueden recibir tráfico usando direcciones unicast y/o multicast.

El subsistema de Inroute está configurado con cuatro Sistemas Demoduladores Configurables (CDS). Cada módulo de CDS puede demodular la capacidad total de la Inroute de 2,5 Msps. La Figura 3.9 muestra los 4 CDS existentes en el HUB satelital.



Figura 3. 9 Demoduladores CDS existentes en HUB

El subsistema satelital ascendente y el subsistema de Inroute son escalables para soportar a futuro un Outroute y 36 Inroutes de 256 Ksps. El grupo de control de la red HN (DNCC) es responsable de la multiplexación eficiente del canal de retorno del tráfico TDMA. El DNCC puede ser considerado como el gestor de ancho de banda del sistema HN. La figura 3.10 muestra a los dos DNCC (primario y secundario) existentes en el HUB.



Figura 3. 10 DNCC primario (DNCC1) y DNCC secundario (DNCC2)

El subsistema de temporización HN incluye un generador de temporización (TG2) (Figura 3.11) y dos unidades de temporización (LTU) (Figura 3.12), que proporciona la sincronización maestra para todo el sistema. Además, mantiene la sincronización de tiempo entre los componentes del NOC HN y los terminales remotos.



Figura 3. 11 Timing Generator 2 (TG2)



Figura 3. 12 Unidades de Temporización (LTU)

La puerta de enlace IP (IPGW) proporciona la interfaz entre el NOC y las conexiones de datos terrestres. Los IPGWs realizar la asignación de dirección IP,

la transmisión de paquetes, compresión y otras funciones necesarias para comunicarse con los terminales remotos HN de HUGHES. La interfaz entre los IPGWs y el mundo "exterior" es a través del protocolo IP estándar. Los IPGWs están diseñados con redundancia de tal forma de que si falla el primario entra a funcionar el secundario. En la figura 3.13 se muestran los 4 servidores IPGW en la configuración de NOC.



Figura 3. 13 Servidores IPGW

3.5.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA RED.

El sistema HN utiliza el Administrador Unificado de Elementos (UEM), sistema que permite el comisionamiento de los remotos, proporciona las claves de acceso condicional a los remotos, gestión y descarga de software. El NMS (Network Monitor System) permite la configuración, administración, gestión y control de los componentes del NOC HN y las IDUs remotos. El NMS además permite al operador realizar dos operaciones de red (como la supervisión del estado de la red y las estadísticas) y las actividades generales de gestión de red (como la configuración y el control). El sistema de gestión además permite que varios usuarios clientes accedan a la vez al sistema de monitoreo del Estado de la Red.

La UEM consiste del los siguientes componentes:

- **Vision:** Ofrece una configuración y una interfaz de control para muchos de los componentes del NOC. La figura 3.14 muestra el servidor Vision presente en el NOC.



Figura 3. 14 Servidor Vision en el NOC.

- **CAC:** Proporciona el control de acceso para la información transmitida a través del servicio de HUGHES Net.
- **Gestión de servidor de archivos (MFS):** Es usado por el Sistema de Gestión Vision para configurar, monitorear y administrar los componentes del NOC.
- **Management Gateway:** Es una puerta de enlace IP especializada que se encarga de la red y el tráfico de los componentes de gestión del NOC.
- **WebACS:** Ofrece servicios de puesta en servicio de módems satelitales
- **Base de datos de la UEM:** Almacena todos los datos de configuración de red. La figura 3.15 muestra el servidor de la base de datos UEM y su respectivo respaldo.



Figura 3. 15 Servidores de la base de datos UEM

- **Puerta de servicios Especiales (Special services Gateway SSGW):** Actúa como una puerta de enlace IP de los módems satelitales antes de que estos estén comisionados, son una especie de corredores de ancho de banda para el enlace descendente. La figura 3.16 indica el servidor SSGW principal y su respectivo respaldo.



Figura 3. 16 Servidores SSGW

- **TurboPage:** La configuración consta de servidores TurboPage. Estos servidores son usados para mejorar el rendimiento del acceso a Internet, hacen la función de memoria caché. La Figura 3.17 muestra los 4 servidores Turbopage existentes en la configuración del NOC.



Figura 3. 17 Servidores Turbo Page

- **Servidores de Administración de tráfico:** Estos servidores se usarán para gestionar el tráfico, cada uno de ellos contiene la misma cantidad de tráfico que el resto con la finalidad de balancear la cantidad de información procesada por cada servidor. Cada servidor trabaja en full dúplex para mejorar el rendimiento para el control de ancho de banda. En la Figura 3.18 se indica los Administradores de Tráfico Allot.



Figura 3. 18 Administradores de tráfico

- **Servidores EPD:** (enterprise package delivery). El servidor EPD permite al operador enviar archivos específicos a las estaciones remotas al mismo tiempo. El EPD es el servidor que se encarga de entregar todos los paquetes de datos necesarios que la remota requiere para sus diferentes aplicaciones. La Figura 3.19 muestra los servidores EPD principal (EPD 1) y secundario (EPD 2).



Figura 3. 19 Servidores EPD en el NOC

- **Servidores Caché:** Estos servidores Caché para el uso del tráfico de Internet aseguran la entrega de aplicaciones web con la optimización y aceleración del tráfico de Internet y datos. Los servidores además ayudan a la optimización de la red WAN y a la entrega de aplicaciones a las estaciones remotas, todo esto en una misma plataforma. La Figura

3.20 muestra los aceleradores de páginas web y que también actúan como caché en el NOC llamados Stampede.



Figura 3. 20 Servidores Caché-aceleradores de páginas web Stampede

Si a futuro se desea ampliar la red, los racks de del NOC HN constaran con espacios suficiente para añadir equipo adicional.

- Cada rack del NOC requiere dos tomas de 120/240 VAC, 30 amperios cada uno.
- Los equipos en el rack trabaja con 120/240 V y 50/60 Hz

Existe un router que sirve para interconectar el NOC con la nube.

El NOC HN está provisto de varios equipos que servirán de repuesto en caso de algún tipo de daño de los principales.

3.5.4 EQUIPOS DE RADIO FRECUENCIA DE LA ESTACIÓN CENTRAL (HUB)

HUGHES proveerá una antena central y los equipos de RFT (Transmisión de radio Frecuencia) para soportar frecuencias en banda Ku.

La lista de materiales incluye:

- ✓ Antena de 9,0 metros de diámetro de banda Ku de 4 puertos, polarización lineal, TX / RX.
- ✓ Pedestal de antena con la opción de soporte de vientos fuertes.
- ✓ Soporta: 180 mph (290 km / h) en cualquier posición.
- ✓ Operativa: a 62 mph (100 km / h)

La Figura 3.21 muestra la antena de 9 metros de diámetro con su respectivo pedestal.



Figura 3. 21 Antena de 9 metros de diámetro con su pedestal

✓ Subsistema LNB:

- Sistema de interruptor de LNB.
- 122 metros de cable de control.
- Materiales de Integración.

✓ Subsistema HPA:

- 200 W, banda Ku (13,75-14,5 GHz), al aire libre montado en TWTA con el controlador de switch.
- Kit de montaje y demás materiales

La Figura 3.22 Muestra los dos HPA (secundario y principal) de 200 Watts de potencia ubicado en la parte inferior del pedestal de la antena.



Figura 3. 22 HPA de 200 watts de potencia

- ✓ Subsistema de Conversión.
- ✓ Conmutación para convertidores RF e IF.
- ✓ Subsistema de control y monitoreo.

3.5.5 MECANISMO DE SEGURIDAD

La red satelital HUGHES consta con su propio mecanismo de seguridad ya que cada remoto tiene un número de serie propio único que previamente es registrado en la base de datos del sistema de gestión, de esta manera solo los seriales que se encuentren registrados podrán formar parte de esta red, con esto se consigue evitar que usuarios no deseados pertenezcan a la misma evitando generar más tráfico de lo previsto lo que puede llevar a un saturamiento de la red.

3.5.6 EXPLICACIÓN DEL MECANISMO DE SEGURIDAD

Previamente se registran todos los números de series de los terminales remotos que formarán parte de la Red Satelital en la base de datos del sistema de gestión Vision, este procedimiento es realizado únicamente por ingenieros de HUGHES, con esto el fabricante se asegura que los terminales vendidos para una red satelital específica sean los únicos que puedan funcionar dentro de la misma,

además de que el registro de seriales en la base de datos no sea alterada por personas no deseadas. En la Figura 3.23 se indica los seriales registrados en la base de datos.

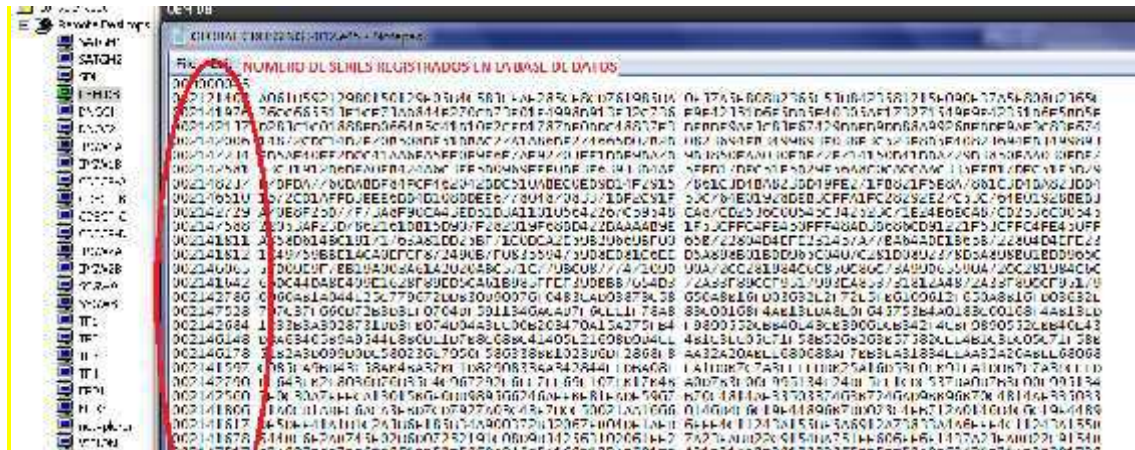


Figura 3. 23. Seriales Registrados en la Base de Datos

Los seriales son asociados con la MAC del terminal remoto, con esto se consigue que un serial no pueda ser duplicado en otro terminal en cualquier lugar del mundo donde se use los mismos equipos de Hughes. Una vez que el usuario ingrese los datos correctamente en el proceso de comisionamiento del modem satelital (detallado en el capítulo 4), el mismo enviará su serial a la base de datos del sistema de gestión en la Estación Central (HUB), la base de datos revisa su tabla de registros de seriales y verifica si el serial en cuestión pertenece o no a sus registros, si la búsqueda es positiva la base de datos enviará hacia el terminal remoto una solicitud de ingreso de código. En la Figura 3.24 se indica el número serial del modem satelital HUGHES (IDU) que forma parte de la estación remota laboratorio.

Figura 3. 24. Registro de código

Dicho código debe ser de 8 caracteres exactamente y hay que tener cuidado en ingresar correctamente el código debido a que el Sistema de Gestión Vision diferencia entre mayúsculas y minúsculas. Esta petición constituye el segundo mecanismo de seguridad ya que si el código no está previamente configurado en el Sistema de Gestión Vision el remoto no podrá entrar a formar parte de la Red. En la Figura 3.25 se muestra el error que da en caso de que se ingrese mal el Site Id (Identificativo del sitio-código)

Registration

Please correct the errors listed below and press the Continue button.

* Indicates required fields.



Click to verify

Your information is protected using industry standard SSL technology.

Customer Info

Serial Number: 2142335

Please ensure that you have the correct Site Name and try again.

Site ID:

Figura 3. 25. Error al ingresar el código

La Figura 3.26 muestra el ingreso correcto del site ID creado en el HUB.

Registration

Your account is registered for service.

Please write down the following information about your satellite terminal.

Site Id:	TR61SRPN
LAN Interface 1 IP Address:	10.158.37.41
LAN Interface 1 Subnet Mask:	255.255.255.248
LAN Interface 2 IP Address:	172.6.24.1
LAN Interface 2 Subnet Mask:	255.255.255.0

Use the above information to configure IP devices connected to the satellite terminal

The default Gateway on each IP device should be set to the Terminal IP Address.

Figura 3. 26. Ingreso correcto del código

Una vez validado y registrado el serial en la base de datos del Sistema de Gestión Vision se da por terminado el mecanismo de seguridad de HUGHES.

3.6 CÁLCULOS DEL ENLACE

En la Figura 3.27 se muestran los valores que se van a calcular para el balance del enlace y algunos factores que afectan el mismo.

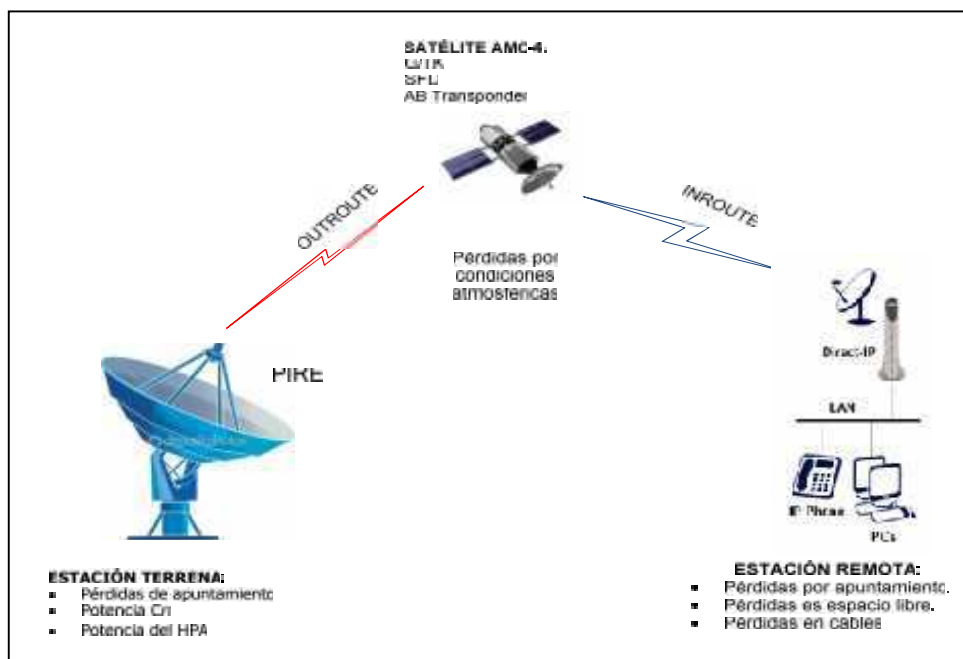


Figura 3. 27. Parámetros del Balance del enlace

Se realizaron sobre una portadora Outroute DVB-S2 con ACM de 11.5 Msps (Ver Tablas 3.10 y 3.11) en una antena de 9 metros orientada al satélite AMC-4 para operar con una disponibilidad de 99.5%*, sobre un tipo de antena remota de 1.2 metros de diámetro* con radio de 2 Watts de potencia así como se indicó en el capítulo 2.

De igual manera, según las consideraciones tomadas por HUGHES basadas en las Tablas 3.10 y 3.11, se realizaron los cálculos en el Inroute para operar en portadoras de 256 Ksps con AIS y FEC de 1/2, 2/3 o 4/5 de manera dinámica en la misma portadora sin necesidad de cambiar entre portadoras como lo hacen otras plataformas satelitales, esto permite mayor velocidad y disponibilidad en la red de 99.5%*. El diseño de la red con la plataforma HUGHES no necesita de FECs mayores de 4/5 porque provocaría requerir más potencia del satélite,

además de tener que instalar radios más grandes para compensar la potencia requerida para cerrar el enlace.

La antena maestra permite a futuro operar en un esquema de multicarrier en el mismo satélite con dos portadoras de 11.5 Msps para soportar 10,000 VSATs dado que cuenta con 4 puertos (2 de transmisión y 2 de Recepción).

Los parámetros siguientes mostrados en la Tabla 3.12 corresponden a la ubicación geográfica tanto de la Estación Central, como de una Estación Remota, cualquiera que se utiliza para el análisis de dimensionamiento de enlace:

Descripción	Localización de la Estación Central	Localización de las Estaciones Remotas
Ciudad/País	Ecuador	Ecuador
Latitud	0.23 S	0.98 S
Longitud	78.5 W	80.73 W
Tamaño de la Antena	9 metros	1.2 metros

Tabla 3. 12. Parámetros usados para el dimensionamiento del enlace

Los parámetros proporcionados por el Satélite que se usarán para el cálculo del enlace son:

- Ubicación Orbital del satélite: 67 ° Oeste
- Nombre Satélite: AMC-4
- Tamaño del transponder: 36 MHz
- Banda del Transpondedor: banda Ku
- Frecuencia TX: 14,24 GHz
- Frecuencia RX: 11,94 GHz
- G/T @ haz de pico es 4,8 dB / K
- SFD es - 93,00 dBW/m² en G / T 0,0 dB / K
- PIRE @ haz de pico es 50 dBW
- INROUTE de 7 dB
- OUTROUTE es de 4 dB
- Ajustes de atenuación es de 12 dB

En la Figura 3.28 se muestra se muestra la zona de cobertura de PIRE que tiene el satélite AMC-4.



Figura 3. 28. AMC-4: Mapa de Cobertura de PIRE

En la Figura 3.29 se muestra se muestra la zona de cobertura de G/T que tiene el satélite AMC-4.

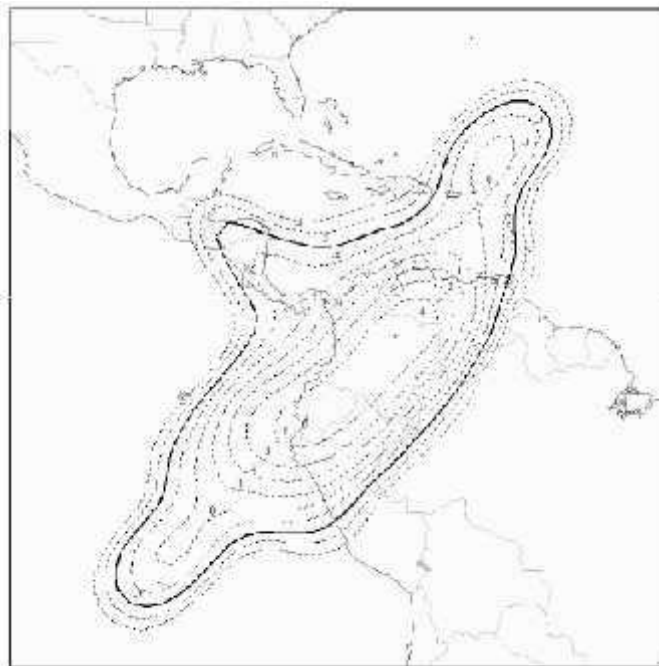


Figura 3. 29. AMC-4: Mapa de Cobertura G/T

3.7 CÁLCULO DEL ENLACE BASADO EN EL OUTROUTE DE 1500 VSATS CON EL PROGRAMA DE HUGHES

A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante el software propietario de HUGHES.

Es importante señalar que al ser HUGHES propietario del software a usarse para el cálculo de los parámetros del enlace, no se pudo tener acceso a dicho software ya que es confidencial, por lo que, se procederá a señalar los parámetros necesarios que se deberán ingresar para realizar dichos cálculos. Cabe señalar que se adjunta una carta de HUGHES que certifica la validez de dichos cálculos*.

Los datos que se deberán ingresar para el uso del software de HUGHES en forma general son los siguientes:

- Carrier Data
- Satellite Data
- Ground Segment Data
- Rain Margin: Un parámetro muy importante es la disponibilidad anual del enlace que se considera para el cálculo, la misma dependerá del segmento espacial y terreno, así como también de los equipos que forman parte del enlace satelital.
- Site Geographic Data.

Como se había explicado anteriormente, los resultados considerando condiciones en cielo despejado y en lluvia.

*Ver carta Adjunta firmada por el Ing. Javier Garcia del soporte Técnico de HUGHES.

En la Figura 3.30 se indica el cálculo del enlace basado en el outroute con modulación 8PSK y FEC 5/6 realizado con el programa de Hughes.

16 Mar 11 07:43 AM		Information Rate:	Satellite: AMC 4	HUGHES NETWORK SYSTEMS			
			28503.5 Mbps	180 Outroute DVB-S2 8PSK FEC 5/6			
			Hub Tx Site: 9.00 m				
			Roam Rx Site: 1.20 m				
BASELINE PARAM Value			Unit				
			SUMMARY				
Carrier Symbol rate	11500.0 Kbps		% Avail S/C Power Req'd/Cr	50.70	%		
Carrier Info Rate	20503 Kbps		% Xpander Bandwidth Req'd/Cr	38.33	%		
FEC Code Rate	5/6		Occupied Bandwidth	13.80	MHz		
Outroute Mod/	DVB-S2	Normal	Power Equivalent Bandwidth	18.25	MHz		
Code Block			Clear Sky Link Margin	2.1	dB		
Cr Accession Rate	34500.0 Kbps		Maximum PER	1.0E-10			
CARRIER Threshold Ebt/No	4.8	dB	Power/Cr Req'd in Watts	8.61	Watts		
DATA No of bits/symbol	3	Bits	HPA Power Required	34.29	Watts		
Modulation/Pilot	8PSK	No-Pilot					
Desmod BT Product	1.00						
Cr Noise Bandwidth	11500.0	KHz					
RS/ BCH Rate	6731675						
Carrier Spacing	13000.00	KHz					
Satellite	AMC 4						
Location	67	East					
Saturation ERP*	50.00	dBW					
G/T	4.00	dB/K					
Gain Stop	12.00	dB					
Reference G/T	0.00	dB/K					
SATELLITE Reference SFD	93.00	dBW/m2					
DATA SFD	-85.00	dBW/m2					
Xpander Bandwidth	36	MHz					
Agg Input BO	7.00	dB					
Agg Output BO	4.00	dB					
Uplink Frequency	14.240	GHz					
Dlink Frequency	11.940	GHz					
Tx Antenna Dia	9.00	meters					
Tx Antenna Eflcy	57	%					
Tx Antenna Gain	60.1	dB					
Tx Pointing Losses	0.7	dB					
Tx Polarization	0	deg					
GROUND Rx Antenna Dia	1.20	meters					
SEGMENT Rx Antenna Eflcy	64	%					
DATA Rx Antenna Gain	41.6	dB					
Rx Pointing Losses	0.3	dB					
Pre LNA Losses	0.3	dB					
LNA Noise Temp	70	K					
Aut,etc Temp	42	K					
CI Sky Noise Temp	131	K					
Rx Polarization	90	deg					
Rx Ch Sky G/T	20.1	dB/K					
Tx Site Down Probabil	99.75	%					
99.5% Site Availability	99.70	%					
Tx Site Rain Rate	14.67	mm/hr					
RAIN Rx Site Rain Rate	9.20	mm/hr					
MARGINS Uplink Rain Attn	2.79	dB					
Dlink Rain Attn	1.55	dB					
Uplink Pow Capt	3.0	dB					
Tx E/S Location	Hub						
Tx E/S Latitude	0 23	N					
Tx E/S Longitude	78 50	E					
SITE Tx E/S Elev Angle	76.48	deg					
GEOGRAPHIC Tx E/S Altitude	2.85	Km					
DATA Rx E/S Location	Roam						
Rx E/S Latitude	0 38	N					
Rx E/S Longitude	88 73	E					
Rx E/S Elev Angle	73.83	deg					
Rx E/S Altitude	2.85	Km					
Uplink Free Sp Loss	296.6	dB					
MISC Dlink Free Sp Loss	295.1	dB					
LOSSES Uplink Atmos Attn	0.1	dB					
Dlink Atmos Attn	0.1	dB					
			LINK PERFORMANCE				
			CI Sky	Up Fade	Do Fade	Unit	
			Satellite SFD	-85.0	-85.0	-85.0	dBW/m2
			Agg Input B.O.	7.0	7.0	7.0	dB
			Input Backoff/Cr	9.9	9.7	9.9	dB
			Cr Flux Density	-94.9	-94.7	-94.9	dBW/m2
			Gain of a Sq meter	44.5	44.5	44.5	dB
			Uplink Path Losses	207.4	210.2	207.4	dB
			Carrier Up ERP	67.9	70.9	67.9	dBW
			Satellite G/T	4.0	4.0	4.0	dBK
			C/N Uplink	22.5	22.7	22.5	dB
			Saturation ERP*	50.0	50.0	50.0	dBW
			Agg Output B.O.	4.0	4.0	4.0	dB
			Output Backoff/Cr	6.9	6.7	6.9	dB
			Carrier Dn ERP	43.1	43.3	43.1	dBW
			Dlink Path Losses	206.2	206.2	206.7	dB
			Rx Pointing Losses	0.3	0.3	0.3	dB
			CI Sky E/S G/T	20.1	20.1	20.1	dBK
			Degradation in G/T	0.0	0.0	2.2	dB
			C/N Downlink	15.6	15.8	11.9	dB
			C/N Uplink	22.5	22.7	22.5	dB
			C/N Downlink	15.6	15.8	11.9	dB
			COMPOSITE LINK				
			C/I Total	15.50	15.7	15.5	dB
			C/N COMPOSITE	12.1	12.4	10.1	dB
			Minimum Req'd C/N	10.1	10.1	10.1	dB
			LINK MARGIN	2.1	2.3	0.0	dB
			Maximum PER	1.0E-10			
			MODEM				
			Minimum Req'd Ebt/No	5.59			
			Minimum Req'd Ebt/No	4.8			
			EARTH STATION				
			Tx Amplifier In Antenna Losses	1.5			
			Tx Antenna Gain	60.1			
			Tx Pointing Losses	0.7			
			ERP ERP/Cr Req'd (incl Pt. Loss)	67.9			
			Power/Cr Req'd in dBW	9.4			
			Power/Cr Req'd in Watts	8.61			
			Number of Tx Carriers	1.0			
			Uplink Power Control	3.0			
			HPA Output Backoff	3.0			
			HPA Power Required	34.29			

Figura 3. 30. Cálculo del Enlace con modulación 8PSK y FEC 5/6

En general los resultados obtenidos por el programa se encuentran en la parte de "Summary", esta sección tiene tres columnas:

- 1) **CI Sky:** Hace referencia a valores obtenidos en cielo despejado, es decir sin considerar pérdidas por lluvia.
- 2) **Up Fade:** Hace referencia a valores de subida obtenidos considerando pérdidas por lluvia.
- 3) **Dn Fade:** Hace referencia a valores de bajada obtenidos considerando pérdidas por lluvia.

Los resultados más relevantes proporcionados por el programa de HUGHES se encuentran en la sección de "Composite Link" ya que se obtiene los valores de relación a ruido (C/N) tanto de bajada como de subida del sistema así como también el valor del link Margin que es una relación entre el valor de C/N total del sistema y el valor mínimo requerido para el funcionamiento del Enlace, como se puede apreciar este valor es mayor a cero por lo que se concluye que el enlace si está bien calculado con los equipos presupuestados.

Por otra parte, en la sección "Modem" se puede apreciar que el valor calculado por el programa de Eb/No es 5.69 dB, este resultado es mayor que el considerado para el cálculo de 4.8 dB (valor propio del modem), por lo que queda demostrado que los módems considerados para este enlace si son los adecuados.

3.7.1 EXPLICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO DE BALANCE DE ENLACE.

Para el cálculo del enlace en primer lugar se procede a recopilar todos los datos previamente requeridos por HUGHES para la aplicación de su programa, también se hace mención de los parámetros que se requiere ingresar al programa y posteriormente se aplicarán las fórmulas necesarias para determinar los parámetros que permitan diseñar un enlace balanceado. Cabe señalar que el aplicar ciertas fórmulas de la ecuación de balance del enlace servirá para certificar que el programa si despliega resultados válidos.

3.7.1.1 “Carrier Data”: (datos de la Portadora)

En la Tabla 3.13 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Carrier Data” para el cálculo del balance del enlace.

	BASELINE PARAME	Value	Unit
CARRIER DATA	CARRIER SYMBOL RATE	11500,0	Ksps
	CARRIER INFO RATE	28503,0	Kbps
	FEC CODE RATE	5/6	
	OUTROUTE MODE/CODE BLOCK	DVBS 2	NORMAL
	CRR XMISSION RATE	34500,0	Kbps
	TRESHOLD EBt/No	4.8	dB
	No OF BITS/SYMBOL	3	Bits
	MODULATION	8	PSK
	DEMODO BT PRODUCT	1	
	CRR NOISE BANDWITH	11500,0	KHz
	RS/BCH	(673,675)	
	CARRIER SPACING	13800,0	Khz

Tabla 3. 13. Parámetros de Carrier Data

En el Carrier Data (datos de la Portadora) se deberán ingresar valores del Outroute como:

- **Carrier symbol rate:** Valor de la portadora en Msps (valor previamente calculado).
- **Carrier Info Rate:** Este valor es calculado por el software de la siguiente forma aproximadamente:

Carrier Info Rate = *Carrier Symbol rate* * *FEC code Rate* * *No of Bits/symb* * *RS /BCH*³⁰ (*Factor de Ancho de Banda del Canal*)

Ecuación 3. 17. Cálculo Carrier Info Rate

Carrier Info Rate = 11.5 Msps * 5/6 * 3 * 673/675

Carrier Info Rate = 28.664 Mbps = 28664 Kbps

- **FEC Code Rate:** Es el valor de FEC ingresado por el usuario.

³⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/BCH_code

- **Ouroute Mode/Code block:** El Ouroute Mode, para este caso DVB S2, es el estándar de transmisión con el que trabajara el Ouroute, por otra parte, el Code Block es la longitud de la trama con la que trabajara el Ouroute, que puede ser normal o long.
- **Crr Transmission Rate:** Es el valor de bits de transmisión y se obtiene de la siguiente forma:

$$\text{Crr Transmission Rate} = \text{Carrier Symbol Rate} * \text{No of bits/symbol}$$

Ecuación 3. 18. Cálculo Crr Transmission Rate

$$\text{Crr Transmission Rate} = 11500 \text{ kbps} * 3 \text{ bits}$$

$$\text{Crr Transmission Rate} = 34500 \text{ Kbps}$$

- **Threshold Eb/No:** (relación energía por bit / densidad espectral de potencia de ruido), es una medida de la SNR (relación señal a ruido) normalizada. Es un dato que da el satélite específico para este tipo de modulación.
- **No. of Bits/symbol:** (Número de Bits/Símbolos) Valor Ingresado por el usuario tomando en cuenta lo siguiente: 2 para QPSK, 3 para 8PSK y 4 para 16 APSK.
- **Modulation/Pilot:** (Modulación/Piloto) Tipo de modulación del ouroute ingresada por el usuario.
- **Demod BT Product:** (demodulación del Producto de tiempo de Ancho de Banda) El producto de tiempo de ancho de banda de un pulso es el producto de su duración temporal y el ancho espectral (en el espacio de frecuencia). El producto de tiempo de ancho de banda se utiliza a menudo para indicar lo cerca que un pulso está al límite de transformación, es decir, la proximidad de la duración del pulso es el límite que está establecido por su anchura espectral. Este es un valor ingresado por el usuario.
- **Crr Noise Bandwidth:** (Ancho de banda del ruido de la portadora). Es el ancho de banda que ocupa el ruido generado por la portadora. Este es un valor calculado por el sistema.

- **RS/BCH³¹ Rate:** (Reed Solomon/Bose Chaudhuri Hocwenghem). Factor ingresado por el usuario para realizar la de detección y corrección de errores .
- **Crr Spacing:** (Espacio de la portadora). Es el ancho de banda ocupado por la portadora Outroute ingresado por el Usuario.

3.7.1.2 “Satellite Data”: (Datos del Satélite)

Aquí se ingresarán todos los datos técnicos y geográficos proporcionados por el satélite. En la Tabla 3.14 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Satellite Data” para el cálculo del balance del enlace.

SATELLITE DATA	SATELLITE	AMC4	
	LOCATION	-67	East
	SATURATION PIRE	50,00	dBW
	G/T	4,00	dB/K
	GAIN STEP	12,00	dB
	REFERENCE G/T	0,00	dB/K
	REFERENCE SFD	-93,00	dBW/m2
	SFD	-85,00	dBW/m2
	XPONDER BANDWIDTH	36	MHz
	AGG INPUT BO	7,00	dB
	AGG OUTPUT BO	4,00	dB
	UPLINK FRECUENCY	14,240	GHz
	DOWNLINK FRECUENCY	11,940	GHz

Tabla 3. 14. Parámetros Satellite Data

- **SATELITE:** Nombre del satélite que se usará en el enlace satelital, en este caso AMC-4.
- **LOCATION:** Localización geográfica del satélite. Es proporcionada por la empresa propietaria.
- **SATURATION PIRE:** La máxima potencia que soporta el satélite. Dato proporcionado por el satélite.

³¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Reed-Solomon>

- **G/T:** La relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido G/T, es una cifra de mérito que sirve para demostrar la calidad de recepción de un satélite o una estación terrena. Este dato es ingresado por el usuario y es proporcionado por el satélite.
- **GAIN STEP:** (Pasos de Ganancia). Es la ganancia en una zona determinada. Este dato es ingresado por el usuario y es proporcionado por el satélite.
- **REFERENCE G/T:** La relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido de referencia. Ingresado por el usuario, la referencia para este caso es cero.
- **REFERENCE SFD:** Densidad de flujo de saturación de referencia. Proporcionada por el satélite. La densidad de flujo de saturación (SFD) se define como la densidad de flujo de potencia (dBW/m²) a la entrada de la antena que hace que el transponder alcance la saturación. Este valor varía en función de la ganancia de cada transponder. Dato ingresado por el usuario y proporcionado por el satélite.
- **SFD:** Densidad de flujo de saturación. Este valor se obtiene de la suma del Reference SFD y del Uplink Aspect Correction el cual es un dato proporcionado por el satélite.

$$SFD = REFERENCE SFD + Uplink Aspect Correction$$

Ecuación 3. 19. Cálculo SFD

$$SFD = -93 + 8$$

$$SFD = -85 \text{ [dBW/m}^2\text{]}$$

- **XPONDER BANDWIDTH:** Ancho de banda del transpondedor. Este dato es ingresado por el usuario y es proporcionado por el satélite.
- **AGG INPUT BO:** Parámetro que impide la saturación a la entrada del satélite por una señal ingresada. Este dato es ingresado por el usuario y es proporcionado por el satélite.
- **UPLINK FREQUENCY:** Frecuencia con la que se va trabajar en el enlace de subida. Este dato es ingresado por el usuario y es proporcionado por el satélite.

- **DOWNLINK FREQUENCY:** Frecuencia con la que se va trabajar en el enlace de bajada. Este dato es ingresado por el usuario y es proporcionado por el satélite.

3.7.1.3 “Ground Segment Data”: (Datos del segmento terrestre)³²

Se incluyen todos los datos del segmento terrestre como diámetros, eficiencia, ganancia, pérdidas de apuntamiento, polarización, temperatura de funcionamiento, etc, proporcionados por el fabricante. En la Tabla 3.15 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Ground Segment Data” para el cálculo del balance del enlace

GROUND SEGMENT DATA			
	TX ANTENNA DIA	9,00	M
	TX ANTENNA EFFICY	57	%
	TX ANTENNA GAIN	60,1	dBi
	TX POINTING LOSSES	0,7	dB
	TX POLARIZATION	0	grados
	RX ANTENNA DIA	1,20	M
	RX ANTENNA EFFICY	64,00	%
	RX ANTENNA GAIN	41,6	dBi
	RX POINTING LOSSES	0,3	dB
	PRE LNA LOSSES	0,3	dB
	LNA NOISE TEMP	70	K
	ANT, ETC TEMP	42	K
	CL SKY NOISE TEMP	131,1	K
RX POLARIZATION	90	grados	
RX CL SKY G/T	20,1	dB/K	

Tabla 3. 15. Parámetros Ground Segment Data

- **TX ANTENNA DIA:** (Diámetro de la antena de transmisión). Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **TX ANTENNA EFFICY:** (Eficiencia de la antena de la antena de transmisión). La eficiencia puede ser descrita como la relación de la

³² Hughes Network System, (1998), “General Satellite Communication Overview”, Hughes Network System, Germantown-USA.

potencia radiada a la potencia de entrada de la antena. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.

- **TX ANTENNA GAIN:** (Ganancia de la antena de transmisión). La definición de ganancia de la antena A_t , se refiere a la relación que existe entre la potencia radiada por una antena isotrópica, a una distancia y la densidad de potencia que radiaría la misma antena pero en una sola dirección, con igual cantidad de potencia entregada. La ecuación 3.20 muestra como se compone la ganancia de la antena.

$$A_{tx}(dBi) = 10 \text{Log} \left(\eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 \right)$$

Ecuación 3. 20. Cálculo Ganancia de la Antena de transmisión

$$A_{tx} = 10 \text{Log} \left(0.57 \left(\frac{\pi * 9 * 14.20 \times 10^9}{3 \times 10^8} \right)^2 \right)$$

$$A_{tx} = 60.1 \text{ dBi}$$

Donde:

η = Eficiencia de la antena

d = diámetro de la antena (metros)

f = Frecuencia operativa (Ghz)

- **TX POINTING LOSSES:** Pérdidas por apuntamiento en la transmisión. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **TX POLARIZATION:** Polarización en la transmisión. Viene dado en grados. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **RX ANTENNA DIA:** Diámetro de la antena de recepción. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **RX ANTENNA EFFICY:** Eficiencia de la antena de la antena de recepción. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **RX ANTENNA GAIN:** Ganancia de la antena de recepción. La ecuación 3.21 muestra como se calcula la ganancia de la antena.

$$A_{rx}(dBi) = 10 \text{Log} \left(\eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 \right)$$

Ecuación 3. 21. Cálculo Ganancia de la Antena de recepción

$$A_{rx} = 10 \text{Log} \left(0.64 \left(\frac{\pi * 1.2 * 11.94 * 10^9}{3 * 10^8} \right)^2 \right)$$

$$A_{rx} = 41.6 \text{ dBi}$$

Donde:

η = Eficiencia de la antena

d = diámetro de la antena (metros)

f = Frecuencia operativa (Ghz)

- **RX POINTING LOSSES:** Pérdidas por apuntamiento en la recepción. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **PRE LNA LOSSES:** Pérdidas por guía de onda. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **LNA NOISE TEMP:** Temperatura de ruido en el LNA (Low Noise Amplifier). Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **CL SKY NOISE TEMP³³:** Temperatura de ruido en condiciones de Clear Sky. Se lo calcula con la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned}
 & \text{Cl SkyNoise temp} \\
 & = \text{LNA noise Temp}[K] \\
 & + \frac{\left(\text{Antenna Noise Temp}[K] + \frac{2.7}{10^{(0.1 \cdot \text{Random Loss}[dB])}} + \frac{\text{Ambient Temp}[K] * (10^{(0.1 \cdot \text{Random Loss}[dB])} - 1)}{10^{(0.1 \cdot \text{Random Loss}[dB])}} \right)}{\text{Downlink feed loss [dB]} + \frac{\text{Ambient Temp}[K] * (\text{Downlink feed loss [dB]} - 1)}{\text{Downlink feed loss [dB]}}}
 \end{aligned}$$

Ecuación 3. 22. Cálculo CL SKY NOISE TEMP

³³ Hughes Network System, (1998), "General Satellite Communication Overview", Hughes Network System, Germantown-USA

$$Cl\ Sky\ Noise\ temp = 70 + \frac{\left(42 + \frac{2.7}{10^{(0.1 \cdot 0)}} + \frac{290 * (10^{(0.1 \cdot 0)} - 1)}{10^{(0.1 \cdot 0)}}\right)}{1.071} + \frac{290 * (1.071 - 1)}{1.071}$$

$$Cl\ Sky\ Noise\ temp = 131.1\ K$$

DATOS TÉCNICOS PROPORCIONADOS POR EL FABRICANTE:

LNA noise Temp [K] = 70

Antenna Noise Temp [K] = 42

Random Losse [dB] = 0

Ambient Temp [K] = 290

Downlink feed loss [dB] = $10^{(0.1 * PRE\ LNA\ LOSSES)} = 10^{(0.1 * 0.3)} = 1.071$

- **RX POLARIZATION:** Polarización en la recepción. Viene dado en grados. Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **RX CL SKY G/T:** La relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido en la recepción en condiciones de Clear Sky. Se la calcula con la siguiente fórmula.

$$RX\ CL\ SKY\ \frac{G}{T} \left[\frac{dB}{K} \right] = RX\ ANTENNA\ GAIN - PRE\ LNA\ LOSSES - RANDOM\ LOSSES - 10\log(CL\ SKY\ NOISE\ TEMP)$$

Ecuación 3. 23. Cálculo RX CL SKY G/T [dB/K]

$$RX\ CL\ SKY\ \frac{G}{T} \left[\frac{dB}{K} \right] = 41.6 - 0.3 - 0 - 10 * \log(131.1)$$

$$RX\ CL\ SKY\ \frac{G}{T} = 20.12 \left[\frac{dB}{K} \right]$$

3.7.1.4 “Rain Margins”: (Márgenes de Lluvia)

Son atenuaciones por lluvia cuyos parámetros fueron escogidos automáticamente por el sistema al seleccionar Ecuador como país, además el parámetro “site availability” (disponibilidad del sitio) es el valor de disponibilidad de la red

mensual, incrementado en 1% del valor requerido para aumentar el rendimiento de la misma. En la Tabla 3.16 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Rain Margin” para el cálculo del balance del enlace.

RAIN MARGINS	SITE AVAILABILITY		
	UPLINK RAIN ATT	2,79	dB
	DNLINK RAIN ATT	1,55	dB
	UPLINK PWR CNTRL	3,0	dB

Tabla 3. 16. Parámetros de Rain Margin

3.7.1.5 “Site Geographic Data”: (Datos Geográficos de la Red)

Este segmento Contiene los datos geográficos tanto de la Estación Central como de la Estación Remota, cabe señalar que los ángulos de elevación fueron proporcionados por Hughes, con esto se consigue tener un margen de error menor entre los valores calculados y los obtenidos por el software. En la Tabla 3.17 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Site Geographic Data” para el cálculo del balance del enlace.

SITE GEOGRAPHIC DATA	TX E/S LOCATION	HUB	
	TX E/S LATITUDE	-0,23	N
	TX E/S LONGITUDE	-78,50	E
	T/X E/S ELEV ANGLE	76,48	grados
	TX E/S ALTITUDE	2,85	Km
	RX E/S LOCATION	Rem	
	RX E/S LATITUDE	-0,98	N
	RX E/S LONGITUDE	-80,73	E
	RX E/S ELEV ANGLE	73,83	grados
	RX E/S ALTITUDE	2,85	Km

Tabla 3. 17. Parámetros de Site Geographic Data

3.7.1.6 “Misc Losses”: (Pérdidas Misceláneas)

Son las pérdidas que se consideran para el enlace, las mismas que se pueden presentar por el espacio libre o atmosféricas. En la Tabla 3.18 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Misc Losses” para el cálculo del balance del enlace.

MISC LOSSES	UPLINK FREE SP LOSS	206,6	dB
	DNLINK FREE SP LOSS	205,1	dB
	UPLINK ATMOS ATTN	0,1	dB
	DNLINK ATMOS ATTN	0,1	dB

Tabla 3. 18. Parámetros de Misc Losses

- **UPLINK FREE SP LOSS:** Se refiere a las pérdidas en el espacio libre en el enlace de subida, las pérdidas por propagación en el espacio libre L_s se refieren a que la energía se reparte, mientras la señal se propaga alejándose de la fuente, por lo que se produce una menor densidad de potencia a mayor distancia. La siguiente ecuación muestra las pérdidas por propagación en el espacio libre.

$$L_s|_{up} (dB) = 20 \text{Log} \left(\frac{4\pi Df}{c} \right)$$

Ecuación 3. 24. Cálculo UPLINK FREE SP LOSS

$$L_s|_{up} = 20 \text{Log} \left(\frac{4\pi (36000 \times 10^3) (14.24 \times 10^9)}{3 \times 10^8} \right)$$

$$L_s|_{up} = 206.64 \text{dB}$$

Donde:

Hughes asume una distancia igual a $D = 36000$ Km entre el satélite y la línea ecuatorial ya que este es un satélite geoestacionario.

f = Frecuencia de subida.

C = Constante velocidad de la luz

- **DNLINK FREE SP LOSS**³⁴: Se refiere a las pérdidas en el espacio libre en el enlace de bajada. La siguiente ecuación muestra las pérdidas por propagación en el espacio libre.

$$Ls|_{down} (dB) = 20Log\left(\frac{4\pi Df}{c}\right)$$

Ecuación 3. 25. Cálculo DNLINK FREE SP LOSS

$$Ls|_{down} = 20Log\left(\frac{4\pi(36000 \times 10^3)(11.94 \times 10^9)}{3 \times 10^8}\right)$$

$$Ls|_{down} = 205.11dB$$

Donde:

D = Distancia entre el satélite y Ecuador

f = Frecuencia de bajada.

C = Constante velocidad de la luz

- **UPLINK ATMOS ATTN**: Atenuación atmosférica en el enlace de subida.

Para diseñar el enlace es necesario conocer no solo los efectos básicos de propagación de las ondas de radio, sino también la ubicación en donde se efectuará el enlace para así poder definir cómo influyen los aspectos climáticos sobre el cálculo del presupuesto de enlace. La atenuación de ondas de radio en la atmósfera se debe principalmente a dos efectos:

- *Atenuación por gases en la atmósfera Lg*
- *Atenuación por hidrometeoros Lr*

La *atenuación atmosférica* se debe principalmente a efectos de absorción de energía de la onda de radio por efectos de resonancia en las moléculas de vapor de agua H₂O y de oxígeno O₂.

Se le conoce *como atenuación por hidrometeoros Lr* a cualquier meteoro compuesto de agua, ya sea lluvia, granizo o nieve. La lluvia empieza a

³⁴ Hughes Network System, (1998), "General Satellite Communication Overview", Hughes Network System, Germantown-USA

causar disminución de potencia a partir de frecuencias mayores de 3GHz, esto ocurre debido a efectos de refracción y dispersión.

Dependiendo de la región geográfica donde se encuentre la estación terrena, la atenuación por lluvia puede ser menor o mayor, esto se basa en las estadísticas de intensidad de lluvia, tamaño de gota y presión atmosférica.

Para nuestro caso el programa calcula automáticamente estos factores y saca un promedio tomando datos estadísticos de las condiciones atmosféricas de los últimos años presentadas en nuestro país.

- **DNLINK ATMOS ATTN:** Atenuación atmosférica en el enlace de bajada.

En la columna de la derecha se pueden observar todos los valores calculados por el sistema que son parte del enlace satelital.

Posteriormente se verifica ciertos valores de esta sección mediante el uso de fórmulas.

3.7.1.7 “Summary”: (Resumen)

Se presenta un resumen general de las principales medidas con las que se va a trabajar. En la Tabla 3.19 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Summary” para el cálculo del balance del enlace.

SUMMARY	
% Xponder Bandwith Reqd/Crr	38,33 %
Occupied Bandwith	13,8 Mhz
CLEAR SKY LINK MARGIN	2,0 dB
Margin PER	1.0E-10
Power Crr/ Reqd in Watts	8.61 Watts
HPA Power Required	34.29 Watts

Tabla 3. 19. Parámetros de Summary

- **XPONDER BANDWITH REQD/CRR:** Es el ancho de banda del transponder requerido por la portadora. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Xponder Bandwith} \frac{\text{Reqd}}{\text{Crr}} [\%] = \frac{\text{Occupied Bandwidth} * 100}{\text{XPONDER BANDWIDTH}}$$

Ecuación 3. 26. Cálculo de XPONDER BANDWITH REQD/CRR

$$\text{Xponder Bandwith} \frac{\text{Reqd}}{\text{Crr}} = \frac{13.8 \text{ Mhz} * 100}{36 \text{ Mhz}}$$

$$\text{Xponder Bandwith} \frac{\text{Reqd}}{\text{Crr}} = 38.33\%$$

- **OCCUPIED BANDWITH:** Ancho de Banda Ocupado por la portadora.
- **CLEAR SKY LINK MARGIN:** Es el margen de enlace en condiciones de cielo despejado.

$$\text{LINK MARGIN}[\text{dB}] = \text{C/N COMPOSITE} - \text{MINIMUM REQD C/N}$$

Ecuación 3. 27. Cálculo de LINK MARGIN³⁵

$$\text{LINK MARGIN} = 12 - 10$$

$$\text{LINK MARGIN} = 2 \text{ dB}$$

C/N COMPOSITE y el MINIMUM REQD C/N se explicará su cálculo en la sección de **COMPOSITE LINK**.

- **MARGIN PER:** Dato ingresado por el usuario y es proporcionado por el fabricante.
- **Power Crr/ Reqd in Watts:** Se explicará su cálculo en la sección de EARTH STATION HPA.
- **HPA Power Required:** Se explicará su cálculo en la sección de EARTH STATION HPA.

³⁵ Hughes Network System, (1998), "General Satellite Communication Overview", Hughes Network System, Germantown-USA

3.7.1.8 “Uplink Budget”:

Se describe todos los parámetros necesarios para el enlace de subida. Es importante indicar que a pesar de que el software propietario por Hughes muestra resultados en cielo despejado y en lluvia, los cálculos efectuados se los hizo solo con cielo despejado ya que las atenuaciones usadas por HUGHES no son de libre acceso al público. En la Tabla 3.20 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Uplink Budget” para el cálculo del balance del enlace.

	LINK PERFORMANCE	CL SKY	UNIT
UPLINK BUDGET	SATELLITE SFD	-85,0	dBW/m ²
	AGG INPUT B.O.	7,0	dB
	INPUT BACKOFF/CRR	9,9	dB
	CARR FLUX DENSITY	-94,9	dBW/m ²
	GAIN OF A SQ METER	44,5	dB _i
	UPLINK PATH LOSSES	207,4	dB
	CARRIER UP PIRE	67,9	dBW
	SATELLITE G/T	4,0	dB/K
	C/N UPLINK	22,4	dB

Tabla 3. 20. Parámetros Link Budget

- **SATELLITE SFD:** Densidad de flujo de saturación del satélite. Este valor se obtiene de la suma del Reference SFD y Uplink Aspect Correction el cual es un dato proporcionado por el satélite.

$$SFD = REFERENCE SFD + Uplink Aspect Correction$$

Ecuación 3. 28. Cálculo SFD

$$SFD = -93 + 8$$

$$SFD = -85 \text{ [dBW/m}^2\text{]}$$

- **AGG INPUT B.O.:** Se explicó en la sección “SATELLITE DATA”.
- **INPUT BACKOFF/CRR:** El backoff de la portadora de entrada es la relación entre la potencia de entrada de saturación y la potencia deseada. Se obtiene con la siguiente fórmula.

$$\text{INPUT} \frac{\text{BACKOFF}}{\text{CRR}} [\text{dB}] = \text{SATELLITE SFD} + \text{IMUX Filter Response} [\text{dB}] - \text{CARR FLUX DENSITY}$$

Ecuación 3. 29. Cálculo de INPUT BACKOFF/CRR

$$\text{INPUT} \frac{\text{BACKOFF}}{\text{CRR}} = (-85) + 0 - (-94.9)$$

$$\text{INPUT} \frac{\text{BACKOFF}}{\text{CRR}} = 9.9 \text{ dB}$$

DATOS EXTRAS PROPORCIONADOS POE EL SATELITE:

IMUX Filter Response [dB]: Respuesta del filtro de múltiples entradas, es considerado cero por el satélite.

- **CRR FLUX DENSITY:** La densidad de flujo de la portadora. La densidad de flujo de potencia es la potencia por unidad de superficie normal a la dirección de la propagación de las ondas electromagnéticas, y suele expresarse en unidades de vatios por metro cuadrado (W/m^2).

CRR FLUX DENSITY [dBW/m²]

$$\begin{aligned} &= (E/S \text{ EIRP}) / \text{incl Pt. Losses} + \text{UPLINK FREESP LOSS} \\ &+ \text{TX POINTING LOSSES} \\ &- \text{Uplink Propagation Loss Margin} [\text{dB}] \\ &+ \text{GAIN OF ASQ METEF} \end{aligned}$$

Ecuación 3. 30. Cálculo de CRR FLUX DENSITY

$$\text{CRR FLUX DENSITY} = 67.9 - 206.6 - 0.7 - 0 - 44.5$$

$$\text{CRR FLUX DENSITY} = -94.9 \text{ dBW}/\text{m}^2$$

- **GAIN OF A SQ METER:** Ganancia por metro cuadrado de la antena. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{GAIN OF A SQ METER} [\text{dBi}] = 10 * \log \left(\frac{4 * \pi * f^2}{C^2} \right)$$

Ecuación 3. 31. Cálculo de GAIN OF A SQ METER

$$\text{GAIN OF A SQ METER} = 10 * \log\left(\frac{4 * \pi * 14.24E9^2}{3E8^2}\right)$$

$$\text{GAIN OF A SQ METER} = 44.5 \text{ dBi}$$

➤ **UPLINK PATH LOSSES:**

$$\text{UPLINK PATH LOSSES [dB]} = \text{UPLINK FREE SP LOSS} + \text{TX POINTING LOSSES} \\ + \text{TX POINTING LOSSES}$$

Ecuación 3. 32. Cálculo de UPLINK PATH LOSSES

$$\text{UPLINK PATH LOSSES} = 206.6 + 0.7 + 0.1$$

$$\text{UPLINK PATH LOSSES} = 207.4 \text{ dB}$$

- **CARRIER UP PIRE:** PIRE en la portadora de subida, se describirá en la sección "EARTH STATION"
- **SATELLITE G/T:** Parámetro ya descrito en la sección "Satellite Data". Es un valor ingresado por el usuario.
- **C/N UPLINK:** Para realizar el diseño correcto de un enlace satelital se requieren de todos los factores antes mencionados y, para poder calcular la cantidad de potencia que se transmite en una comunicación satelital, se utiliza la relación de la portadora a la señal de ruido C/N. Esta relación se encarga de reunir todas los tipos de pérdidas y ganancias mostrando la eficiencia de un enlace. La siguiente ecuación sirve para saber la cantidad de potencia transmitida en el enlace.

$$\frac{C}{N} \text{ UPLINK [dB]} = \frac{E}{S} \text{ EIRP} \text{ Pt. Losses} - \text{UPLINK FREE SP LOSS} \\ - \text{TX POINTING LOSSES} + \text{SATELLITE } \frac{G}{T} \\ - \text{CTE BOLTZMAN} - 10 \log(\text{CARRIER SYMBOL RATE}) \\ - 10 \log(\text{DEMO } \Gamma \text{ BT PRODUCT})$$

Ecuación 3. 33. Cálculo de C/N UPLINK

$$\frac{C}{N} \text{ UPLINK} = 67.9 - 206.6 - 0.7 - 0.2 + 4 - (-228.6) - 10 \log(11500E3) - 10 \log(1)$$

$$\frac{C}{N} \text{ UPLINK} = 22.4 \text{ dB}$$

DATOS EXTRAS:

CTE BOLTZMAN = -228.6 db°K

3.7.1.9 “Down Link Budget”:

Se describe todos los parámetros necesarios para el enlace de bajada. Cabe señalar que los cálculos, al igual y por las mismas razones que los efectuados para el Up Link Budget, fueron realizados solo para la condición de cielo despejado (CL SKY). En la Tabla 3.21 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Downlink Budget” para el cálculo del balance del enlace.

	LINK PERFORMANCE	CL SKY	UNIT
DOWNLINK BUDGET	SATURATION PIRE	50,0	dBW
	AGG OUTPUT B.O.	4,00	dB/K
	OUTPUT BACKOFF/CRR	6,9	dB
	CARRIER DN PIRE	43,1	dBW
	DNLINK PATH LOSSES	205,2	dB
	RX POINTING LOSSES	0,3	dB
	CL SKY E/S G/T	20,1	dB/K
	DEGRADIATION IN G/T	0,0	dB
	C/N DNLINK	15,6	dB

Tabla 3. 21. Parámetros Downlink Budget

- **SATURATION PIRE:** Descrita en la sección “Satellite Data”
- **AGG OUTPUT B.O.:** **Parámetro** que impide la saturación a la salida del satélite por una señal de salida. Este dato es ingresado por el usuario y es proporcionado por el satélite.
- **OUTPUT BACKOFF/CRR:** Es la relación entre la potencia máxima de saturación a la salida y la potencia real a la salida. Se lo determina con la siguiente fórmula:

$$\text{OUTPUT} \frac{\text{BACKOFF}}{\text{CRR}} [\text{dB}] = \text{AGG OUTPUT BO} - \text{AGG INPUT BO} \\ + \text{INPUT BACKOFF/CRR}$$

Ecuación 3. 34. Cálculo de OUTPUT BACKOFF/CRR

$$\text{OUTPUT} \frac{\text{BACKOFF}}{\text{CRR}} = 4 - 7 + 6.9$$

$$\text{OUTPUT} \frac{\text{BACKOFF}}{\text{CRR}} = 6.9 \text{ dB}$$

- **CARRIER DN PIRE:** PIRE en la portadora de bajada, se lo obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{CARRIER DN PIRE} [\text{dB}] = \text{SATURATION PIRE} \\ - \text{OUTPUT BACKOFF/CRR} \\ - \text{OMUX Filter Response} [\text{dB}]$$

Ecuación 3. 35. Cálculo de CARRIER DN PIRE

$$\text{CARRIER DN PIRE} = 50 - 6.9 - 0$$

$$\text{CARRIER DN PIRE} = 43.1 \text{ dBW}$$

- **DNLINK PATH LOSSES:** Pérdidas por trayectoria en el enlace de subida.

$$\text{DNLINK PATH LOSSES} [\text{dB}] = \text{DNLINK FREE SP LOSS} + \text{UPLINK ATMOS ATTN}$$

Ecuación 3. 36. Cálculo de DNLINK PATH LOSSES

$$\text{DNLINK PATH LOSSES} = 205.1 + 0.1$$

$$\text{DNLINK PATH LOSSES} = 205.2 \text{ dB}$$

- **RX POINTING LOSSES:** Pérdidas por apuntamiento en la recepción descrita ya en la sección "Ground Segment Data".
- **CL SKY E/S G/T:** Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido en condiciones de Clear Sky. Valor calculado en la sección "Ground Segment Data".

- **DEGRADIATION IN G/T:** Valor ingresado por el usuario y proporcionado por el satélite.
- **C/N DNLINK:** Relación de la portadora a la señal de ruido C/N en el enlace de bajada. La siguiente ecuación sirve para saber la cantidad de potencia transmitida en el enlace.

$$\begin{aligned} \frac{C}{N} DNLINK [dB] &= CARRIER DN EIRP - DNLINK FREE SP LOSS \\ &- RX POINTING LOSSES + CL SKY (E/S G)/T - CTE BOLTZMAN \\ &- 10\log(CARRIER SYMBOL RATE) \\ &- 10\log(DEMOG BT PRODUCT) \end{aligned}$$

Ecuación 3. 37. Cálculo de C/N DNLINK

$$\frac{C}{N} DNLINK = 43.1 - 205.1 - 0.3 + 20.1 + 228.6 - 10\log(11500E3) - 10\log(1)$$

$$\frac{C}{N} DNLINK = 15.6 dB$$

3.7.1.10 “Composite Link”: (Composición del enlace)

Resumen del enlace. En la Tabla 3.22 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Composite Link” para el cálculo del balance del enlace.

	LINK PERFORMANCE	CL SKY	UNIT
Composite Link	C/N UPLINK	22,4	dB
	C/N DNLINK	15,6	dB
	C/I TOTAL	15,5	dB
	C/N COMPOSITE	12,1	dB
	MINIMUM REQD C/N	10,1	dB
	LINK MARGIN	2,0	dB

Tabla 3. 22. Parámetros Composite Link

- **C/I TOTAL:** Atenuación de la señal debido a interferencias. Dato ingresado por el usuario y proporcionado por el satélite.
- **C/N COMPOSITE:** C/N total del sistema. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{C}{N} \text{ COMPOSITE [dB]} = -10 \log(10^{-0.1 \cdot C/N \text{ UPLINK}}) + 10^{-0.1 \cdot C/N \text{ DNLINK}} + 10^{-0.1 \cdot C/I \text{ TOTAL}}$$

Ecuación 3. 38. Cálculo de C/N COMPOSITE

$$\frac{C}{N} \text{ COMPOSITE} = -10 \log(10^{-0.1 \cdot 22.4}) + 10^{-0.1 \cdot 15.6} + 10^{-0.1 \cdot 15.5}$$

$$\frac{C}{N} \text{ COMPOSITE} = 12.1 \text{ dB}$$

- **MINIMUM REQD C/N:** Relación señal a ruido mínima requerida por el sistema. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{MINIMUM REQD } \frac{C}{N} \text{ [dB]} &= \text{OUTPUT } \frac{\text{BACKOFF}}{\text{CRR}} + 10 \log(\text{CARRIER INFO RATE}) \\ &- 10 \log(\text{CARRIER SPACING}) \end{aligned}$$

Ecuación 3. 39. Cálculo de MINIMUM REQD C/N

$$\text{MINIMUM REQD } \frac{C}{N} = 6.9 + 10 \log(28503\text{E}3) - 10 \log(13800\text{E}3)$$

$$\text{MINIMUM REQD } \frac{C}{N} = 10.1 \text{ dB}$$

- **LINK MARGIN:** Es el resultado de la resta entre C/N COMPOSITE y MINIMUM REQD C/N.

$$\text{LINK MARGIN [dB]} = \frac{C}{N} \text{ COMPOSITE} - \text{MINIMUM REQD } \frac{C}{N}$$

Ecuación 3. 40. Cálculo de LINK MARGIN

$$\text{LINK MARGIN} = 12.1 - 10.1$$

$$\text{LINK MARGIN} = 2 \text{ dB}$$

El link Margin nos permite tener una idea de si nuestro enlace está bien diseñado ya que relaciona el mínimo C/N requerido para funcionar correctamente con el calculado, este valor se considera correcto si es mayor a cero.

3.7.1.11 “Modem”:

Aquí se describen algunos parámetros del modem usado, en éste caso el HN7740S que como se mencionó en capítulo 2 es requerimiento de Global Crossing. Se ingresan valores como el PER máximo y la energía de bit a densidad a ruido requerida.

Mediante algún tipo de modulación se puede enviar varios bits de información sobre una portadora para mejorar el canal de comunicación, por lo tanto este puede ser un parámetro más indicativo que la potencia de la portadora. A éste elemento se le conoce como energía por bit E_b . La relación de energía de bit a densidad de ruido E_b/N_0 sirve para comparar sistemas digitales que utilizan distintas frecuencias de transmisión, así como esquemas de modulación o técnicas de codificación.

3.7.1.12 “Earth Station”: (Estación Terrena)

En la Tabla 3.23 se presenta los parámetros que se van a tener en el programa de Hughes correspondientes a la opción “Earth Station” para el cálculo del balance del enlace.

EARTH STATION	Tx Amplifier to antenna Losses	1,5	dB
	Tx Antenna Gain	60,1	dB
	Tx Pointing Losses	0,7	dB
	E/S PIRE/incl Pt. Losses	67,9	dBW
	Power/Crr Reqd in dBW	9,3	dBW
	Power/Crr Reqd in Watts	8,48	Watts
	Number of Tx carriers	1	
	Uplink Power Control	3	dB
	HPA Output Back Off	3	dB
	HPA Power Required	34,328317	Watts

Tabla 3. 23. Parámetros Earth Station

- **Tx Amplifier to antenna Losses:** Pérdidas entre el HPA y la antena de transmisión. Es un valor ingresado por el usuario y que lo proporciona el fabricante de la antena.
- **Tx Antenna Gain:** Valor calculado en la sección “Ground Segment Data”
- **Tx Pointing Losses:** Literal explicado en la sección “Ground Segment Data”
- **E/S PIRE/incl Pt. Losses:** Máxima Potencia de transmisión de la estación terrena permitida por el satélite.
- **Power/Crr Reqd in dBw:** La potencia requerida por la portadora en dBw. Se la obtiene con la siguiente fórmula.

Power/Crr Reqd in dBw

$$= E/S \text{ EIRP} / \text{incl Pt. Losses} - \text{Tx Antenna Gain} \\ + \text{Tx Amplifier to antenna Losses}$$

Ecuación 3. 41. Cálculo de Power/Crr Reqd

$$\frac{\text{Power}}{\text{Crr}} \text{ Reqd in dBw} = 67.9 - 60.1 + 1.5$$

$$\frac{\text{Power}}{\text{Crr}} \text{ Reqd in dBw} = 9.3 \text{ dBw}$$

- **Power/Crr Reqd in Watts:** La potencia requerida por la portadora en Watts. Se la obtiene con la siguiente fórmula.

$$\text{Power/Crr Reqd in Watts} = 10^{\frac{\text{Power/Crr Reqd in dBw}}{10}}$$

Ecuación 3. 42. Cálculo de Power/Crr Reqd in Watts

$$\frac{\text{Power}}{\text{Crr}} \text{ Reqd in Watts} = 10^{\frac{9.3}{10}}$$

$$\frac{\text{Power}}{\text{Crr}} \text{ Reqd in Watts} = 8.48 \text{ Watts}$$

- **Number of Tx carriers:** Número de Portadoras, en este caso se usará un solo outroute.
- **Uplink Power Control:** Control de potencia del enlace de subida.

- **HPA Output Back Off:** Es la potencia de salida que evita la saturación del HPA.
- **HPA Power Required:** Potencia requerida por el HPA. Se la obtiene con la siguiente fórmula.

HPA Power Required

$$= \frac{\text{Power}}{C_{rr}} \text{Reqd in dBw} + \text{Uplink Power Control} \\ + \text{HPA Output Back Off}$$

Ecuación 3. 43. Cálculo de HPA Power Required

$$\text{HPA Power Required} = 9.3 + 3 + 3 \text{ dBW}$$

$$\text{HPA Power Required} = 15.3 \text{ dBW}$$

$$\text{HPA Power Required} = 33.89 \text{ Watts}$$

Como se puede apreciar la potencia requerida en el HPA está dentro del HPA a utilizarse de 200 W.

3.8 TABLA COMPARATIVA ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TEÓRICAMENTE Y POR EL PROGRAMA DE HUGHES.

La Tabla 3.24 muestra una comparación de valores entre los resultados obtenidos teóricamente y los obtenidos en el programa de Hughes.

ITEMS	RESULTADOS TEORICOS	RESULTADOS EL SOFTWARE	DIFERENCIA ENTRE CALCULOS
Ganancia de Antena de Rx	60.1 dBi	60.1 dBi	0 dBi
Ganancia de Antena de Tx	41.6 DBi	41.6 DBi	0 dBi
Temp de Ruido en Cielo Despejado	131.1 K	131 K	0.1 K
[G/T] de la RX en Cielo despejado	20.12 dB/K	20.1 dB/K	0.02 dB/K
Pérdidas de subida por Espacio Libre	206.64 dB	206.6 dB	0.04 dB
Pérdidas de bajada por Espacio Libre	205.11 dB	205.1 dB	0.01 dB
Ancho de Banda del Transponder Requerida por la portadora	38.33 %	38.33 %	0 %

Ganancia por metro cuadrado de Antena	44.5 dBi	44.5 dBi	0 dBi
PIRE de Subida	67.9 dBW	68.2 dBW	0.3 dBW
C/N de subida	22.4 dB	22.8 dB	0.4 dB
PIRE de Bajada	43.1 dBW	43.3 dBW	0.2 dBW
C/N de bajada	15.6 dB	15.9 dB	0.3 dB
C/N total	12.1 dB	12.3 dB	0.2 dB
Potencia requerida por la Portadora	9.3 dBW	9.4 dBW	0.1 dBW
Potencia Requerida por el HPA	33.89 Watts	34.29 Watts	0.4 Watts

Tabla 3. 24. Comparación entre Valores Teóricos y Calculados por el Programa

La diferencia entre los valores Teóricos y los resultados obtenidos por el programa de Hughes se debe básicamente a que cada proveedor maneja parámetros propios para realizar el cálculo de balance de un enlace y debido a que este programa no es de libre acceso al público no se tiene la certeza de los valores usados por el programa para obtener sus resultados, por lo que para el cálculo teórico se hizo uso de fórmulas generales proporcionadas por HUGHES. También se debe considerar que los decimales considerados por el software de Hughes son más significativos que los considerados en la parte teórica, con esto Hughes consigue obtener resultados que se acerquen a la realidad. Adicionalmente, el objetivo de la realización de los cálculos teóricos es comprobar que los resultados proporcionados por Hughes son los correctos. En la Figura 3.31 se indica el cálculo del enlace basado en el outroute con modulación 16PSK y FEC 3/4 realizado con el programa de Hughes.

16 Mar 11 07:41 AM		Information Rate:	Satellite: AMC-4 34117.4 Mbps Hub Tx Site: 9.00 m Rise Rx Site: 1.20 m	HUGHES NETWORK SYSTEMS
BASELINE PARAM Value Unit		SUMMARY		
Carrier Symbol rate	11500.0 Kbps	% Avail S/C Power Resp/Cr 53.02 %		
Carrier Info Rate	34117 Kbps	% Xpander Bandwidth Resp/Cr 38.33 %		
FEC Code Rate	3/4	Occupied Bandwidth 13.80 MHz		
Outroute Mode/Code Block	DVB-S2 Normal	Power Equivalent Bandwidth 19.37 MHz		
Cr Xmission Rate	46000.0 Kbps	Clear Sky Link Margin 0.6 dB		
CARRIER Threshold Eb/N0	5.1 dB	Maximum PER 1.0E-10		
DATA No of bits/symbol	4 Bits	Power/Cr Resp in Watts 9.14 Watts		
Modulation/ Pilot	16PSK No-Pilot	HPA Power Required 38.11 Watts		
Demod BT Product	1.00			
Cr Noise Bandwidth	11500.0 KHz			
RS/ BCH Rate	252/253			
Carrier Spacing	13000.00 KHz			
Satellite	AMC-4	LINK PERFORMANCE: CI Sky Up Fade Dn Fade Unit		
Location	67 East	Satellite SFD -85.0 -85.0 -85.0 dBW/m2		
Saturation EIRP	50.00 dBW	Agg Input E.O. 7.0 7.0 7.0 dB		
GT	4.00 dBK	Input Backoff/Cr 9.7 9.7 9.7 dB		
Gain Stop	12.00 dB	Cr Flux Density -94.7 -94.7 -94.7 dBW/m2		
Reference GT	0.00 dBK	Gain of a Sq meter 44.5 44.5 44.5 dB		
SATELLITE Reference SFD	93.00 dBW/m2	UPLINK BUDGET Uplink Path Losses 207.4 210.6 207.4 dB		
DATA SFD	-85.00 dBW/m2	Carrier Up EIRP 68.2 71.4 68.2 dBW		
Xpander Bandwidth	36 MHz	Satellite GT 4.0 4.0 4.0 dBK		
Agg Input EO	7.00 dB	CN Uplink 22.8 22.8 22.8 dB		
Agg Output EO	4.00 dB			
Uplink Frequency	14.240 GHz			
Datalink Frequency	11.940 GHz			
Antennas Tx Antenna Dia	9.00 meters	Saturation EIRP 50.0 50.0 50.0 dBW		
	57 %	Agg Output E.O. 4.0 4.0 4.0 dB		
	60.1 dB	Output Backoff/Cr 6.7 6.7 6.7 dB		
	0.7 dB	Carrier Dn EIRP 43.3 43.3 43.3 dBW		
	0 deg	Datalink Path Losses 206.2 206.2 206.6 dB		
GROUND Rx Antenna Dia	1.20 meters	Rx Pointing Losses 0.3 0.3 0.3 dB		
SEGMENT Rx Antenna Effic	64 %	CI Sky E/S GT 20.1 20.1 20.1 dBK		
DATA Rx Antenna Gain	41.6 dB	Degradation in GT 0.0 0.0 0.0 dB		
Rx Pointing Losses	0.3 dB	CN Datalink 15.9 15.9 14.6 dB		
Pwr LNA Losses	0.3 dB	CN Uplink 22.8 22.8 22.8 dB		
LNA Noise Temp	70 K	CN Datalink 15.9 15.9 14.6 dB		
Ant. etc Temp	42 K			
CI Sky Noise Temp	131 K	COMPOSITE LINK		
Rx Polarization	90 deg			
Rx Ch Sky GT	20.1 dBK			
Tx Site Class Availability	99.99 %			
Rx Site Class Availability	99.99 %			
Tx Site Rain Rate	17.37 mm/hr	CI Total 15.50 15.5 15.5 dB		
RAIN Rx Site Rain Rate	3.90 mm/hr			
MARGINS Uplink Rain Attn	3.10 dB	CN COMPOSITE 12.3 12.3 11.7 dB		
Datalink Rain Attn	0.46 dB	Minimum Resp CN 11.7 11.7 11.7 dB		
Uplink Pwr Cont	3.2 dB	LINK MARGIN 0.6 0.6 0.0 dB		
		Maximum PER 1.0E-10		
		Minimum Resp Eb/N0 6.40 dB		
		Minimum Resp Eb/N0 5.1 dB		
		Tx Amplifier to Antenna Losses 1.5 dB		
		Tx Antenna Gain 60.1 dB		
		Tx Pointing Losses 0.7 dB		
		EARTH STATION E/S EIRP/Cr Resp (incl Pt. Loss) 68.2 dBW		
		HPA Power/Cr Resp in dBW 9.6 dBW		
		Power/Cr Resp in Watts 9.14 Watts		
		Number of Tx Carriers 1.0		
		Uplink Power Control 3.2 dB		
		HPA Output Backoff 3.0 dB		
		HPA Power Required 38.11 Watts		
		Uplink Free Sp Loss 286.6 dB		
		MISC Datalink Free Sp Loss 285.1 dB		
		LOSSES Uplink Atmos Attn 0.1 dB		
		Datalink Atmos Attn 0.1 dB		

Figura 3. 31. Cálculo del Enlace con modulación 16PSK y FEC 3/4

3.9 CÁLCULO DEL ENLACE BASADO EN EL INROUTE DE 1500 VSATS CON EL PROGRAMA DE HUGHES

En la Figura 3.32 se indica el cálculo del enlace basado en el inroute con FEC 4/5 realizado con el programa de Hughes.

BASELINE PARAM Value Unit		SUMMARY			
Carrier Symbol Rate 298 Kbps Carrier Info Rate 422.00 Kbps FEC Code Rate 4/5 Car Amplitude Rate 542.0 Kbps CARRIER Threshold EIR/No 6.6 dB DATA No of bits/symbol 2 Demand BIT Product 1.00 Car Noise Bandwidth 260.0 KHz RS Rate 1/1 Channel Spacing 1.41 KHz Carrier Spacing 360.96 KHz		% Avail SPC Power Req'd/Car 0.23 % % Xponder Bandwidth Req'd/Car 1.00 % Occupied Bandwidth 0.36096 MHz Power Equivalent Bandwidth 0.00 MHz Clear Sky Link Margin 1.9 dB Maximum PER 1.0E-05 Power/Car Req'd in Watts 1.95 Watts HPA Power Required 1.95 Watts			
Satellite AMC-4 Location 67 East Saturation ERP 49.00 dBW G/T 3.00 dBK Gain Stop 12.00 dB Reference G/T 0.00 dBK SATELLITE Reference SFD 93.00 dBW/m2 DATA SFD -84.0 dBW/m2 Xponder Bandwidth 36 MHz Agg Input E.O. 7.00 dB Agg Output E.O. 4.00 dB Uplink Frequency 14.260 GHz Downk Frequency 11.940 GHz		LINK PERFORMANCE CI Sky Up Fxdrn Dn Fxdrn Unit Satellite SFD -84.0 -84.0 -84.0 dBW/m2 Agg Input E.O. 7.0 7.0 7.0 dB Input Backoff/Car 33.4 35.3 33.4 dB Car Flux Density 117.4 -119.3 -117.4 dBW/m2 Gain of a Sq meter 44.5 44.5 44.5 dB Uplink Path Losses 207.2 209.1 207.2 dB Carrier Up ERP 45.3 45.3 45.3 dBW Satellite G/T 3.0 3.0 3.0 dBK C/N Uplink 15.6 13.7 15.6 dB Saturation ERP 49.0 49.0 49.0 dBW Agg Output E.O. 4.0 4.0 4.0 dB Output Backoff/Car 30.4 32.3 30.4 dB Carrier Dn ERP 10.6 10.7 10.6 dBW Downk Path Losses 205.2 205.2 207.5 dB Rx Pointing Losses 0.5 0.5 0.5 dB CI Sky E/S G/T 36.9 36.9 36.9 dBK Degradation in G/T 0.0 0.0 2.9 dB C/N Downlink 24.3 22.5 10.7 dB C/N Uplink 15.6 13.7 15.6 dB C/N Downlink 24.3 22.5 10.7 dB			
Antennas Tx Antenna Dia 1.20 meters Tx Antenna Effc 63 % Tx Antenna Gain 43.1 dB Tx Pointing Losses 0.5 dB Tx Polarization 0 deg GROUND Rx Antenna Dia 9.00 meters SEGMENT Rx Antenna Effc 60 % DATA Rx Antenna Gain 50.7 dB Rx Pointing Losses 0.5 dB Pre LNA Losses 0.2 dB LNA Noise Temp 70 K Ant.etc Temp 60 K CI Sky Noise Temp 143 K Rx Polarization 90 deg Rx Ch Sky G/T 36.9 dBK		DOWNLINK BUDGET C/N Downlink 24.3 22.5 10.7 dB C/N Uplink 15.6 13.7 15.6 dB C/N Downlink 24.3 22.5 10.7 dB COMPOSITE LINK C/N Total 15.00 13.1 15.0 dB C/N COMPOSITE 12.0 10.1 11.4 dB Minimum Req'd C/N 10.1 10.1 10.1 dB LINK MARGIN 1.9 0.0 1.2 dB Required Maximum PER 1.00E-05 Expected AGC 1.00 Minimum Req'd EIR/No 7.6 dB Minimum Req'd EIR/No 6.6 dB			
Tx E/S Location Rem Tx E/S Latitude 0.90 N Tx E/S Longitude -80.73 E SITE Tx E/S Elev Angle 73.03 deg GEOGRAPHIC Tx E/S Altitude 3.00 Km DATA Rx E/S Location Hub Rx E/S Latitude -0.23 N Rx E/S Longitude -70.50 E Rx E/S Elev Angle 76.40 deg Rx E/S Altitude 3.00 Km		EARTH STATION HPA Tx Amplifier to Antenna Losses 0.7 dB Tx Antenna Gain 43.1 dB Tx Pointing Losses 0.5 dB E/S ERP/Car Req'd (incl Pt. Loss) 45.3 dBW Power/Car Req'd in dBW 2.9 dBW Power/Car Req'd in Watts 1.95 Watts Number of Tx Carriers 1.0 Uplink Power Control 0.0 dB HPA Output Backoff 0.0 dB HPA Power Required 1.95 Watts			
Uplink Free Sp Loss 206.6 dB BRSC Downk Free Sp Loss 205.1 dB LOSSES Uplink Atmos Attn 0.1 dB Downk Atmos Attn 0.1 dB					

Figura 3. 32. Cálculo del Enlace con FEC 4/5

En la Figura 3.33 se indica el cálculo del enlace basado en el inroute con FEC 1/2 realizado con el programa de Hughes.

BASELINE PARAM Value		Unit	SUMMARY			
Carrier Symbol Rate		256 Kbps	% Avail S/C Power Req'd/Cr 0.03 %			
Carrier Info Rate		256.00 Kbps	% Xpander Bandwidth Req'd/Cr 1.00 %			
FEC Code Rate		1/2	Occupied Bandwidth 0.36096 MHz			
Cr Xmission Rate		512.0 Kbps	Power Equivalent Bandwidth 0.01 MHz			
CARRIER Threshold Ebt/No		1.3 dB	Clear Sky Link Margin 1.2 dB			
DATA No of bits/symbol		2 Bits	Maximum PER 1.0E-05			
Demod EIT Product		1.00	Power/Cr Req'd in Watts 1.92 Watts			
Cr Noise Bandwith		256.0 KHz	HPA Power Required 1.92 Watts			
RS Rate		5/7				
Channel Spacing		1.91				
Carrier Spacing		360.96 KHz				
Satellite		AMC-4				
Location		67 East				
Saturation EIRP		49.00 dBW	Satellite SFD -72.0 -72.0 -72.0 dBW/m2			
G/T		9.00 dBK	Agg Input E.O. 7.0 7.0 7.0 dB			
Gain Step		12.00 dB	Input Backoff/Cr 41.9 43.1 41.9 dB			
Reference G/T		0.00 dBK	Cr Flux Density -113.9 -115.1 -113.9 dBW/m2			
SATELLITE Reference SFD		-93.00 dBW/m2	Gain of a Sq meter 44.5 44.5 44.5 dB			
DATA SFD		-72.0 dBW/m2	Uplink Path Losses 207.3 208.5 207.3 dB			
Xpander Bandwidth		36 MHz	Carrier Up EIRP 48.9 48.9 48.9 dBW			
Agg Input EO		7.00 dB	Satellite G/T -9.0 -9.0 -9.0 dBK			
Agg Output EO		4.00 dB	C/N Uplink 7.1 5.9 7.1 dB			
Uplink Frequency		14.240 GHz				
Downlink Frequency		11.940 GHz				
Tx Antenna Dia		1.00 meters	Saturation EIRP 49.0 49.0 49.0 dBW			
Tx Antenna Effic		66 %	Agg Output E.O. 4.0 4.0 4.0 dB			
Tx Antenna Gain		46.8 dB	Output Backoff/Cr 38.9 40.1 38.9 dB			
Tx Pointing Losses		0.5 dB	Carrier On EIRP 30.1 30.9 30.1 dBW			
Tx Polarization		0 deg	Downlink Path Losses 205.2 205.2 207.9 dB			
GROUND Rx Antenna Dia		9.00 meters	Rx Pointing Losses 0.5 0.5 0.5 dB			
SEGMENT Rx Antenna Effic		50 %	CI Sky E/S G/T 36.9 36.9 36.9 dBK			
DATA Rx Antenna Gain		58.7 dB	Degradation in G/T 0.0 0.0 2.9 dB			
Rx Pointing Losses		0.5 dB	C/N Downlink 15.0 14.7 10.2 dB			
Pre LNA Losses		0.2 dB	C/N Uplink 7.1 5.9 7.1 dB			
LNA Noise Temp		70 K	C/N Downlink 15.0 14.7 10.2 dB			
Ant. etc Temp		60 K				
CI Sky Noise Temp		143 K				
Rx Polarization		90 deg				
Rx Clr Sky G/T		36.9 dBK				
Tx Site Ebt/No Available		89.56 %				
Rx Site Ebt/No Available		89.78 %				
Tx Site Rain Rate		4.09 mm/hr	CI Total 15.00 13.8 15.0 dB			
RAIN Rx Site Rain Rate		28.45 mm/hr	C/N COMPOSITE 6.0 4.8 4.9 dB			
MARGINS Uplink Rain Attn		1.16 dB	Minimum Req'd C/N 4.8 4.8 4.8 dB			
Downlink Rain Attn		2.74 dB	LINK MARGIN 1.2 0.0 0.1 dB			
Uplink Pwr Crdfl		0.0 dB				
Tx E/S Location		From - Galapagos	MODEM Required Maximum PER 1.0E-05			
Tx E/S Latitude		0 66 N	Expected AGC 3dB			
Tx E/S Longitude		90 55 E	Minimum Req'd Ebt/No 4.3 dB			
SITE Tx E/S Elev Angle		62.44 deg	Minimum Req'd Ebt/No 1.3 dB			
GEOGRAPHIC Tx E/S Altitude		3.00 Km				
DATA Rx E/S Location		Hub	Tx Amplifier to Antenna Losses 0.7 dB			
Rx E/S Latitude		-0.23 N	Tx Antenna Gain 46.8 dB			
Rx E/S Longitude		-78 50 E	Tx Pointing Losses 0.5 dB			
Rx E/S Elev Angle		76.48 deg	E/S EIRP/Cr Req'd (incl PL Loss) 48.9 dBW			
Rx E/S Altitude		3.00 Km	Power/Cr Req'd in dBW 2.8 dBW			
			Power/Cr Req'd in Watts 1.92 Watts			
			Number of Tx Carriers 1.0			
			Uplink Power Control 0.0 dB			
			HPA Output Backoff 0.0 dB			
			HPA Power Required 1.92 Watts			
Uplink Free Sp Loss		206.7 dB				
MISC Downlink Free Sp Loss		205.1 dB				
LOSSES Uplink Atmos Attn		0.1 dB				
Downlink Atmos Attn		0.1 dB				

Figura 3. 33. Cálculo del Enlace con FEC 1/2

Las Figuras 3.31, 3.32 y 3.33 tienen el mismo procedimiento para el ingreso de datos. Como se puede apreciar los cálculos efectuados teóricamente y los realizados por el software propietario de HUGHES tienen gran similitud, por lo que queda demostrado que es un diseño de Red válido.

En la Tabla 3.25 se hace un resumen con los parámetros más importantes que se toman en cuenta en el diseño de nuestra red satelital.

	PARAMETER	Value	Unit		PARAMETER	Value	Unit
	CARRIER DATA	CARRIER SYMBOL RATE	11500,0		Ksps	Composite Link	C/N UPLINK
CARRIER INFO RATE		28503,0	Kbps	C/N DNLINK	15,6		dB
FEC CODE RATE		5/6		C/I TOTAL	15,5		dB
OUTROUTE MODE/CODE BLOCK		DVBS 2	NORMAL	C/N COMPOSITE	12,1		dB
CRR XMISSION RATE		34500,0	Kbps	MINIMUM REQD C/N	10,1		dB
TRESHOLD EBT/No		4.8	dB	LINK MARGIN	2,0		dB
SATELLITE DATA	SATELLITE	AMC4		EARTH STATION	Tx Antenna Gain	60,1	dB
	LOCATION	-67	East		E/S PIRE/incl Pt. Losses	67,9	W
	SATURATION PIRE	50,00	dBW		Power/Crr Reqd in dBw	9,3	W
	G/T	4,00	dB/K		Power/Crr Reqd in Watts	8,48	Watts
	GAIN STEP	12,00	dB		HPA Power Required	34,3283	Watts
	SFD	-85,00	dBW/m2			17	ts
	XPONDER BANDWIDTH	36	MHz		% Xponder Bandwith Reqd/Crr	38,33	%
	UPLINK FRECUENCY	14,240	GHz	Occupied Bandwith	13,8	Mhz	
	DOWNLINK FRECUENCY	11,940	GHz	CLEAR SKY LINK MARGIN	2,0	dB	
GROUND SEGMENT DATA	TX ANTENNA DIA	9,00	M	SUMMARY	Margin PER	1.0E-10	
	TX ANTENNA EFFICY	57	%		Power Crr/ Reqd in Watts	8.61	Watts
	TX ANTENNA GAIN	60,1	dBi		HPA Power Required	34.29	Watts
	RX ANTENNA DIA	1,20	M				
	RX ANTENNA EFFICY	64,00	%				
	RX ANTENNA GAIN	41,6	dBi				

Tabla 3. 25. Resumen del diseño definitivo de la red

En la Figura 3.34 se muestra un gráfico de cómo queda el diseño definitivo de nuestra red satelital.

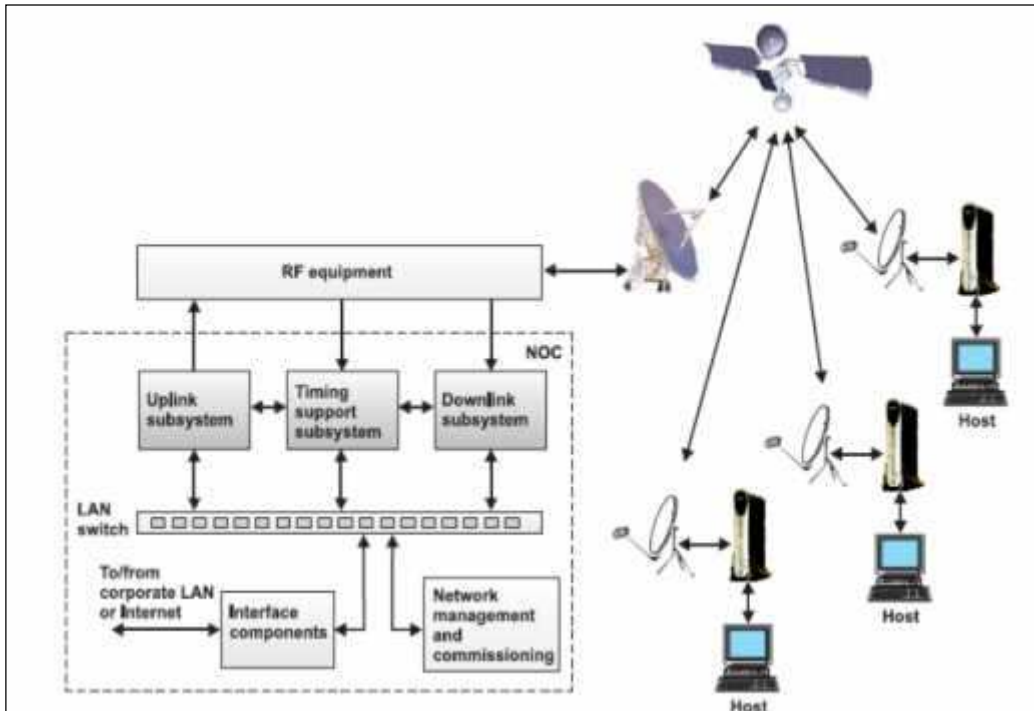


Figura 3. 34. Gráfico del diseño definitivo de la red

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACION Y PRUEBAS

El presente capítulo hace mención de como deberán estar configurados los equipos de la red para poder cumplir con los diferentes cálculos del enlace satelital y de esta forma no sobrepasar las potencias admitidas por el satélite AMC-4.

4.1 CONFIGURACIONES DE EQUIPOS DE RED

Las configuraciones más importantes que demuestran que lo considerado en el Cálculo del Enlace se cumple en la realidad se pueden verificar en este capítulo. Todas las configuraciones se realizarán en el sistema de gestión de HUGHES llamado Vision. En la Figura 4.1 se puede observar el sistema de gestión VISION con los componentes del Hub.



Figura 4. 1. Sistema de gestión Vision

En la Figura 4.2 se presenta las imágenes en el sistema de gestión Vision de cuando las terminales están No Operacionales.

Terminal ID	IP Address	MAC Address	Status	Support	Location	Time
AZ0B0022	10.1.1.59	1952132	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 12:01 PM
AZ0B0024	10.1.1.57	2141811	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:59 AM
AZ0B0025	10.1.1.7	2141033	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:17 AM
AZ0B0027	10.1.2.51	2124272	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 12:00 PM
AZ0B0033	10.1.1.20	2141548	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:57 AM
AZ0B0081	10.1.1.1	2141845	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:59 AM
AZ0B0084	10.1.2.53	2142216	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 12:00 PM

Figura 4. 2. Terminales No Operacionales

En la Figura 4.3 se presenta las imágenes en el sistema de gestión Vision de cuando las terminales están Operacionales.

Terminal ID	IP Address	MAC Address	Status	Support	Location	Time	Lat	Long	Alt
AZ0B0001	10.1.2.191	1938079	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:57 AM	-47.4	ln7740e	1936.1
AZ0B0006	10.1.2.222	2141E1	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:57 AM	-47.4	ln7740e	1936.1
AZ0B0011	10.1.2.247	2142520	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:58 AM	-47.4	ln7740e	1936.1
AZ0B0012	10.1.0.9	2141E31	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:57 AM	-47.4	ln7740e	1936.1
AZ0B0015	10.1.0.8	2142446	Not_Responding	Not_Supported	Unknown	9/29/12 11:57 AM	-47.4	ln7740e	1936.1

Figura 4. 3. Terminales Operacionales

Para poder configurar tanto el Outroute como inroute se debe tener en cuenta el siguiente plan de frecuencias entregado por HUGHES y que se indica en la Tabla 4.1.

Frecuencia TX Ku Band [Mhz] [H]	Frecuencia RX Ku Band [Mhz] [V]	Frecuencia RX L Band [Mhz] [V]	Carrier ID	BW asignado [khz]	BW usado [khz]	Uso
14.188,00	11.888,00	1138,00	149867	13.80	13.80	Outroute
14177,66	11877,66	1127.66	149868	0,36	0,36	Inroute 1
14178,02	11878,02	1128.02	149869	0,36	0,36	Inroute 2
14178,38	11878,38	1128.38	149870	0,36	0,36	Inroute 3

Frecuencia TX Ku Band [Mhz] [H]	Frecuencia RX Ku Band [Mhz] [V]	Frecuencia RX L Band [Mhz] [V]	Carrier ID	BW asignado [khz]	BW usado [khz]	Uso
14178,74	11878,74	1128.74	149871	0,36	0,36	Inroute 4
14179,10	11879,10	1129.10	149872	0,36	0,36	Inroute 5
14179,46	11879,46	1129.46	149873	0,36	0,36	Inroute 6
14179,82	11879,82	1129.82	149874	0,36	0,36	Inroute 7
14180,18	11880,18	1130.18	149875	0,36	0,36	Inroute 8
14180,54	11880,54	1130.54	149876	0,36	0,36	Inroute 9
14180,90	11880,90	1130.90	149877	0,36	0,36	Inroute 10
14195,10	11895,10	1145.10	149878	0,36	0,36	Inroute 11
14195,46	11895,46	1145.46	149879	0,36	0,36	Inroute 12
14195,82	11895,82	1145.82	149880	0,36	0,36	Inroute 13
14196,18	11896,18	1146.18	149881	0,36	0,36	Inroute 14
14196,54	11896,54	1146.54	149882	0,36	0,36	Inroute 15
14196,90	11896,90	1146.90	149883	0,36	0,36	Inroute 16
14197,26	11897,26	1147.26	149884	0,36	0,36	Inroute 17
14197,62	11897,62	1147.62	149885	0,36	0,36	Inroute 18
14197,98	11897,98	1147.98	149886	0,36	0,36	Inroute 19
14198,34	11898,34	1148.34	149887	0,36	0,36	Inroute 20
14198,70	11898,70	1148.70	149888	0,36	0,36	Inroute 21

Tabla 4. 1. Plan de frecuencia para el uso del espacio satelital

4.1.1 CONFIGURACIÓN DEL OUTROUTE

En la Figura 4.4 se muestra la configuración que tendrá la portadora Outroute de 11.5 Msp/s según lo previsto en el diseño de la red y teniendo en cuenta el plan de frecuencias anterior.

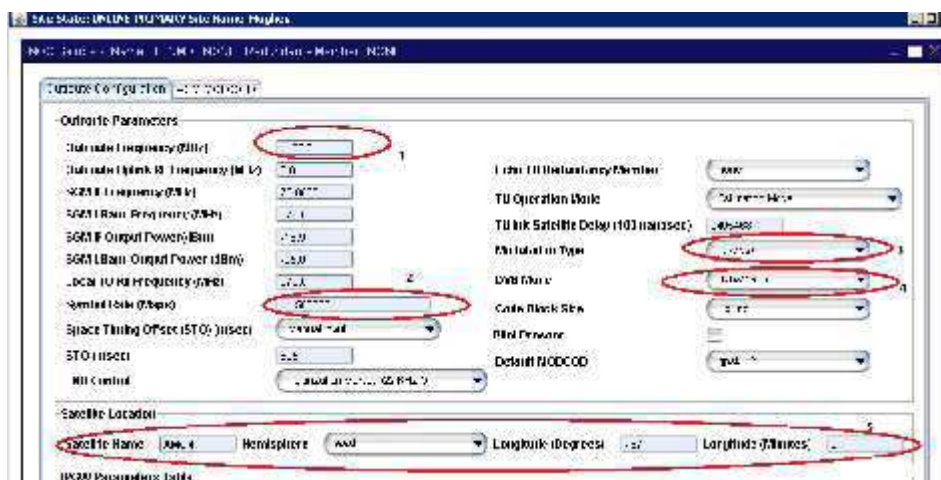


Figura 4. 4. Configuración del Outroute

1. Frecuencia del Outroute (según plan de frecuencias)

2. Outroute de 11.5 Msps
3. Outroute en QPSK
4. Outroute en modo DBVS 2 y ACM
5. Información sobre el Satélite

4.1.2 CONFIGURACIÓN DE LAS 21 INROUTES LOCALIZADAS SEGÚN EL PLAN DE FRECUENCIA:

En la Figura 4.5 se muestra la configuración de las inroutes según el plan de frecuencia.

Number	Downconverter	Group	Modem	Frequency	Type	Symbol	Rate	Altitude	CDSC Name	1-Rate	SHM	DSF	1-DSP	2-DSP	3-DSP	4-Channel	Channel	Downconverter
7	1	1		14179020	Stream	0	0	0	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4	
8	1	1		14180180	Stream	0	0	0	CDSCP_B	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	
9	1	1		14180540	Stream	4	1	1	CDSCP_B	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	
10	1	1		14180900	Stream	0	0	0	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	
11	1	1		14195100	Stream	0	0	0	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	
12	1	1		14195460	Stream	0	0	0	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	
13	1	1		14195820	Stream	0	0	0	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	
14	1	1		14196180	Stream	0	0	0	CDSCP_A	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	
15	1	1		14196540	Stream	0	0	0	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	
16	1	1		14196900	Stream	4	1	1	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	
17	1	1		14197260	Stream	0	0	0	CDSCP_D	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	
18	1	1		14197620	Stream	4	1	1	CDSCP_L	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4	
19	1	1		14197980	Stream	0	0	0	CDSCP_C	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	
20	1	1		14198340	Stream	0	0	0	CDSCP_C	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	
21	1	1		14198700	Stream	0	0	0	CDSCP_A	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8	

Figura 4. 5. Configuración del Inroute

1. Cantidad de Inroutes configuradas
2. Centro de frecuencias en las cuales están configuradas las 21 Inroutes.

4.1.3 CONFIGURACIÓN DE LOS IP GATEWAYS

Los IPGWs son los equipos que se encargan de entregar el tráfico total al Satgw (aproximadamente 31 Mbps) por lo que el tráfico que cursa por los IPGW deberá ser balanceado en cada IPGW para no generar sobrecarga en el tráfico y con esto lentitud en el servicio así como se indica a continuación:

En la Figura 4.6 se muestra la configuración del IPGW 1.

Name: IPGW1
 Description: IPGW1
 IPGW Mode: IPGW

Member	Redundancy	MGMT SNMP	MGM DHCP lease	Enabled
A	192.168.10.100	192.168.10.100	192.168.9.100	<input checked="" type="checkbox"/>
B	192.168.10.101	192.168.10.101	192.168.9.101	<input checked="" type="checkbox"/>

Enable Redundancy Option:
 Redundancy Heartbeat Multicast IP: 229.0.0.1
 Redundancy Heartbeat Port: 3000

MAXIMO TRAFICO CURSADO POR EL IPGW 1: 1000000

Multicast Address List:
 Multicast IP: 224.0.0.1
 Alias IP: 0.0.0.0

Figura 4. 6. Configuración IPGW 1

En la Figura 4.7 se muestra la configuración del IPGW 8.

Name: IPGW2
 Description: IPGW2
 IPGW Mode: IPGW

Member	Redundancy	MGMT SNMP	MGM DHCP lease	Enabled
A	192.168.10.102	192.168.10.102	192.168.9.102	<input checked="" type="checkbox"/>
B	192.168.10.103	192.168.10.103	192.168.9.103	<input checked="" type="checkbox"/>

Enable Redundancy Option:
 Redundancy Heartbeat Multicast IP: 224.0.0.2
 Redundancy Heartbeat Port: 3002

MAXIMO TRAFICO CURSADO POR EL IPGW 2: 1500000

Multicast Address List:
 Multicast IP: 224.0.0.2
 Alias IP: 0.0.0.0

Figura 4. 7. Configuración IPGW 2

4.2 RESULTADOS CON LA RED EN FUNCIONAMIENTO

Es importante señalar que no se pudo obtener mediciones de los niveles de potencia en la estación Terrena (HUB), ya que la misma se encontraba operativa y el medir parámetros de potencia implica un corte total del servicio, por lo que, los resultados que a continuación se presentan son los más accesibles y

relevantes para demostrar que el diseño de la red presentado en el capítulo 3 si funciona en la realidad.

La presente Figura 4.8 muestra una visión total de la Estación Central implementado por HUGHES para esta red satelital:



Figura 4. 8 HUB Satelital HUGHES

Como se puede apreciar en la siguiente figura el ángulo de elevación presupuestado en el cálculo del enlace aproximadamente es el mismo del que fue implementado en la estación Terrena HUB (referirse “SITE GRAPHIC” del capítulo 3.9). En la Figura 4.9 se muestra el ángulo de elevación que tiene la antena de la estación central.



Figura 4. 9 Ángulo de elevación implementado en el HUB

Sumando el tráfico máximo cursada por el IPGW 1 y el IPGW 2 (Ver Configuraciones de los IP gateways) se puede observar que se obtiene aproximadamente los 31 Mbps que requiere la red según lo planificado en la sección del dimensionamiento de la misma. La Figura 4.10 muestra el tráfico entregado por el Satgw que es muy cercano a lo esperado:



Figura 4. 10. Tráfico Entregado por el SATGW

La red puede requerir valores cercanos a los 31 Mbps o inferiores a los mismos dependiendo del nivel de uso de la misma por parte de los usuarios en diferentes horas del día.

Finalmente en la Figura 4.11 se puede observar la forma en que HUGHES llega a determinar si su red está o no operando de manera correcta y cumpliendo con los diferentes valores de potencia considerados en su cálculo de enlace realizado por su software propietario.

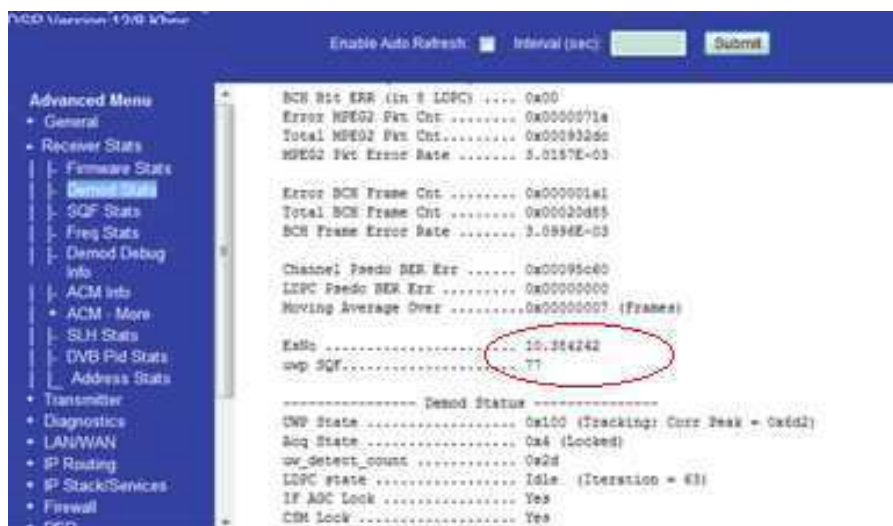


Figura 4. 11 Nivel de operación de la remota

La Tabla 4.2 se basa simplemente en comparar el valor de SQF de la estación remota que está operando en un tiempo cualquiera con el Es/No.

SQF	DVB-S2 Es/No	DVB-S Es/No	SQF	DVB-S2 Es/No	DVB-S Es/No	SQF	DVB-S2 Es/No	DVB-S Es/No
31	10	39	54	76	76	77	103	103
32	14	41	55	77	77	78	104	104
33	18	44	56	78	78	79	105	105
34	22	46	57	79	79	80	107	107
35	26	49	58	80	80	81	108	108
36	30	51	59	81	81	82	109	109
37	34	52	60	82	82	83	111	111
38	38	54	61	84	84	84	113	113
39	41	56	62	85	85	85	114	114
40	44	58	63	86	86	86	116	116
41	47	59	64	87	87	87	117	117
42	50	61	65	88	88	88	119	119
43	53	62	66	89	89	89	121	121
44	56	64	67	90	90	90	123	123
45	59	65	68	91	91	91	128	125
46	62	66	69	93	93	92	132	127
47	65	68	70	94	94	93	138	130
48	68	69	71	95	95	94	145	132
49	70	70	72	96	96	95	153	135
50	71	71	73	97	97	96	162	139
51	72	72	74	99	99	97	170	144
52	74	74	75	100	100	98	180	153
53	75	75	76	101	101	99	190	177

Tabla 4. 2 Tabla que relaciona nivel de SQF y Es/No

En la Figura 4.11 y Tabla 4.2 mostrados anteriormente se puede apreciar que el nivel de operación de la estación remota tiene un nivel de Es/No asociado, los mismos que concuerdan con la tabla proporcionado por HUGHES, por lo que, queda demostrado que el enlace implementado cumple con todo lo presupuestado en el análisis del cálculo del enlace.

4.3 PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACIÓN DE TERMINAL REMOTO HN7740S.

4.3.1 COMISIONAMIENTO DEL TERMINAL REMOTO

A continuación se muestra un manual dirigido al personal técnico de instalaciones para realizar el proceso de comisionamiento del terminal satelital HUGHES una vez de que todo la parte física (cableado, puesta a tierra, etc.), se encuentra lista, con este manual se pretende evitar cualquier contratiempo de equipos por fallas humanas en el proceso de comisionamiento.

1. En la Figura 4.12 se indica cómo se debe conectar el terminal remoto HN7740S en el puerto correspondiente a la LAN1.

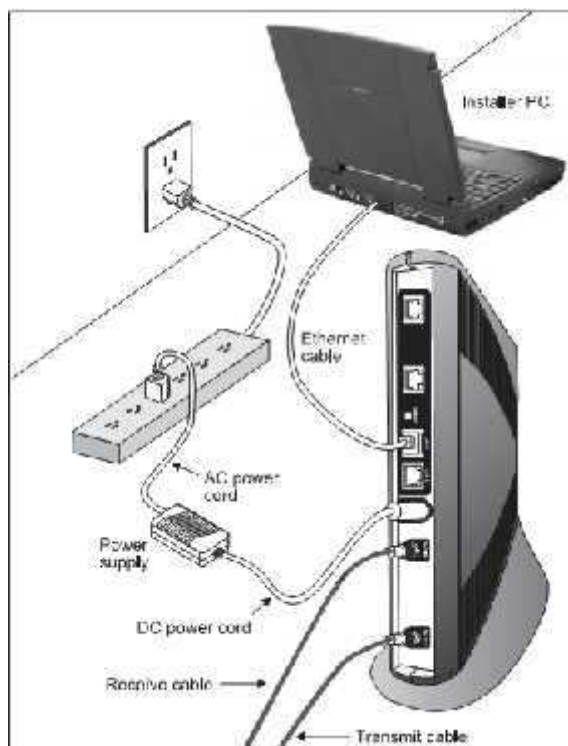


Figura 4. 12. Conexión del terminal remoto

2. Asegurarse de que la computadora conectada al terminal remoto HN7740S, tenga su interface LAN preparada para aceptar direcciones IP (DHCP habilitado). Esta condición se verifica en **PROPIEDADES** del adaptador de red. En el **PANEL DE CONTROL** de WINDOWS, seleccionamos **CENTRO DE REDES Y RECURSOS COMPARTIDOS**. En esta nueva pantalla damos click a la opción **CAMBIAR CONFIGURACIÓN DEL ADAPTADOR** como lo indica la Figura 4.13 y nos aparece la ventana de **CONEXIONES DE RED**.



Figura 4. 13. Cambiar configuración del adaptador

En la ventana de **Conexiones de red**, seleccionamos **Conexión de área local** y con click derecho, entramos a las **propiedades** del adaptador tal como se muestra en la Figura 4.14.

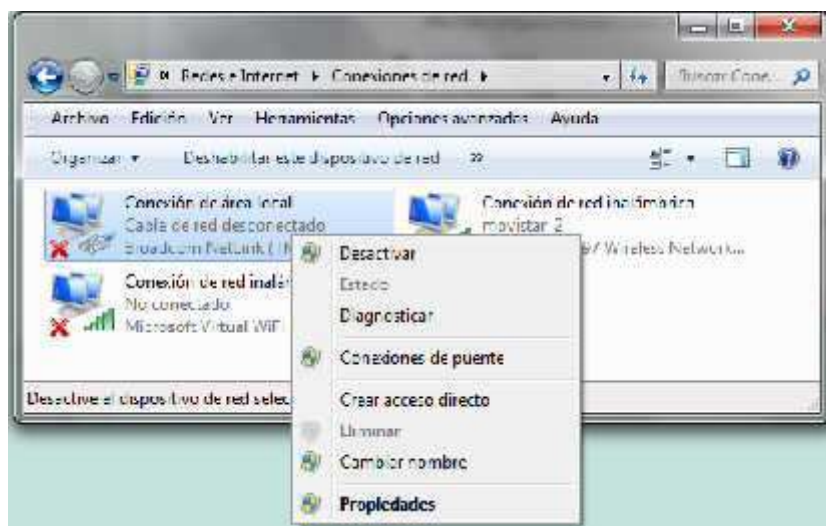


Figura 4. 14. Conexión de área local

En esta pantalla Propiedades, seleccionar **Protocolo de Internet V4** y hacemos click en **Propiedades**, así como se señala en la Figura 4.15.

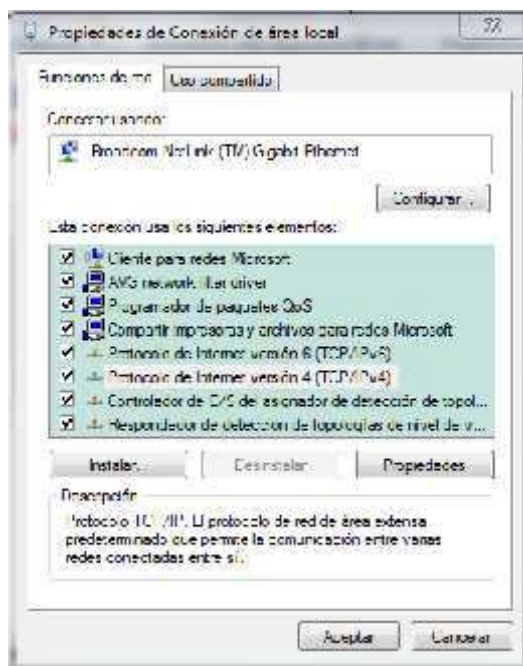


Figura 4. 15. Propiedades

Deben estar señalados **Obtener una dirección IP automáticamente** y **obtener la dirección del servidor DNS automáticamente**. (No debe haber ninguna dirección IP escrita en esta ventana) tal y como se indica en la Figura 4.16.



Figura 4. 16. Configuración tarjeta de red

3. En la pantalla principal de Windows, en la opción **Todos Los Programas**, hacer click en el botón **Ejecutar** así como se ilustra en la Figura 4.17, para abrir una ventana de comandos DOS.

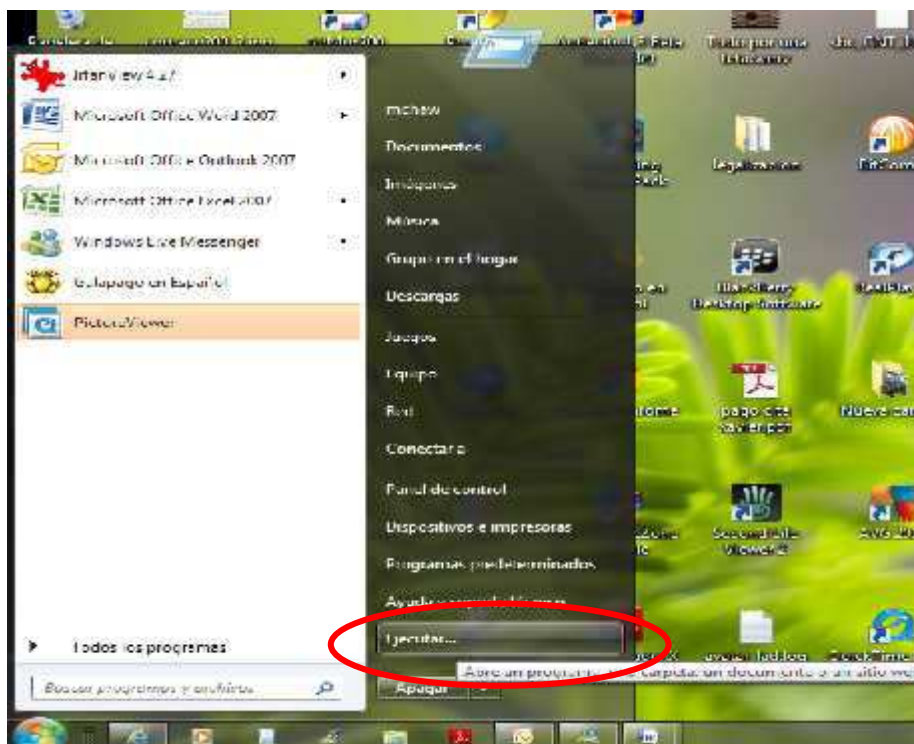


Figura 4. 17. Pantalla todos los programas

4. En la ventana **EJECUTAR**, escribimos el comando **cmd** y presionamos el botón **Aceptar**, para que se abra una ventana de comandos DOS, tal como se indica en la Figura 4.18.

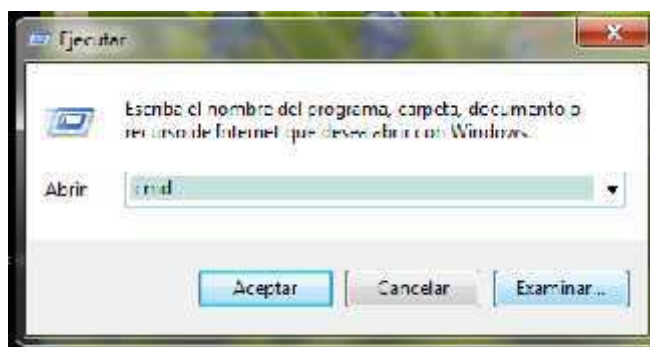


Figura 4. 18. Ejecutar cmd

5. En la ventana de comandos DOS, ejecutamos el comando **ipconfig** y verificamos la dirección IP que adquirió del terminal HN.

La dirección IP por default del terminal HN es **192.168.0.1** y la asignada al PC conectado es la dirección es la IP **192.168.0.2** con máscara 255.255.255.252 así como se ilustra en la Figura 4.19.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . : xyznet.com

Ethernet adapter Local Area Connection:
Connection-specific DNS Suffix . : COM
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::9b55:3153:2b9:3b7a%11
IPv4 Address. . . . . : 192.168.0.2
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1

Tunnel adapter {8065715E-3220-42FD-8B58-B51081D95A02} :
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . :

Tunnel adapter {170F1988-8020-4154-86E3-47602F8220F8} :
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . :

```

Figura 4. 19. Consola de comandos

6. En la Figura 4.20 se indica cómo se ingresa al terminal HN7740S mediante un browser. Una vez confirmadas las direcciones IP, se procede a ingresar al Internet Explorer y se accede a la interfaz gráfica de administración del terminal, con la dirección IP **192.168.0.1**

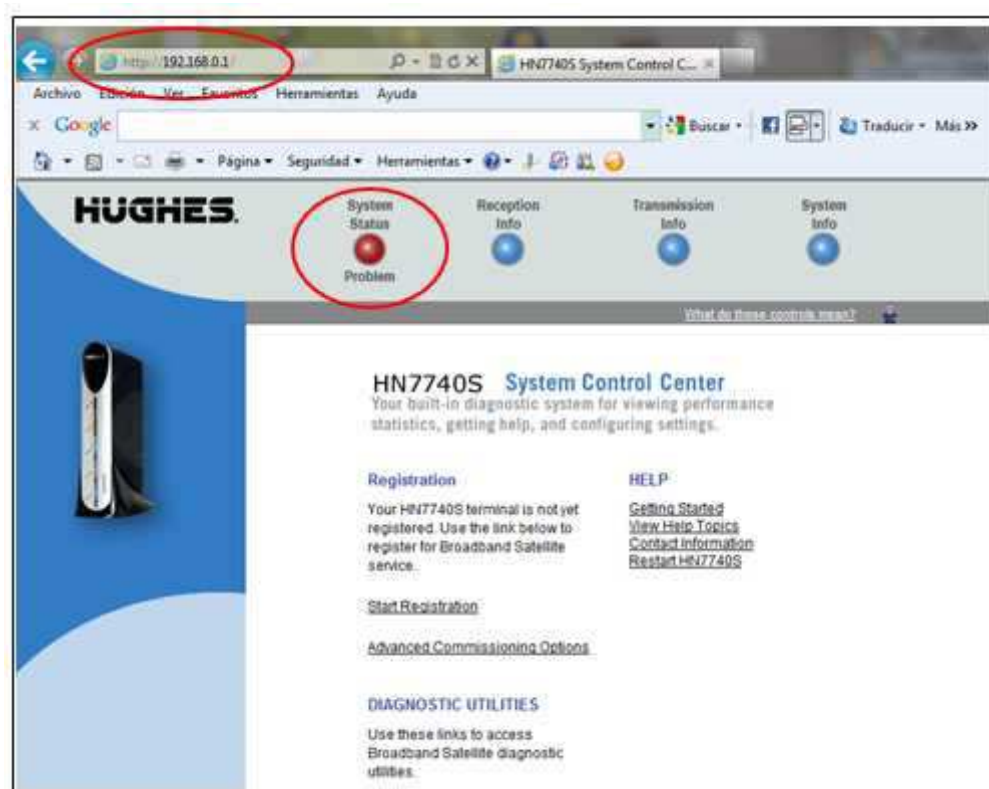


Figura 4. 20. Ingreso al terminal remoto

7. En esta pantalla, presionamos el botón **System Status** ubicado en la parte superior de la ventana para observar la condición inicial del terminal, antes de la programación. O también podemos ingresar a la opción avanzada haciendo click

en el icono del “mago” ubicado debajo de los botones de información. En la Figura 4.21 se muestra la ventana de “System Status” donde nos da un breve resumen del estado en que se encuentra la remota.

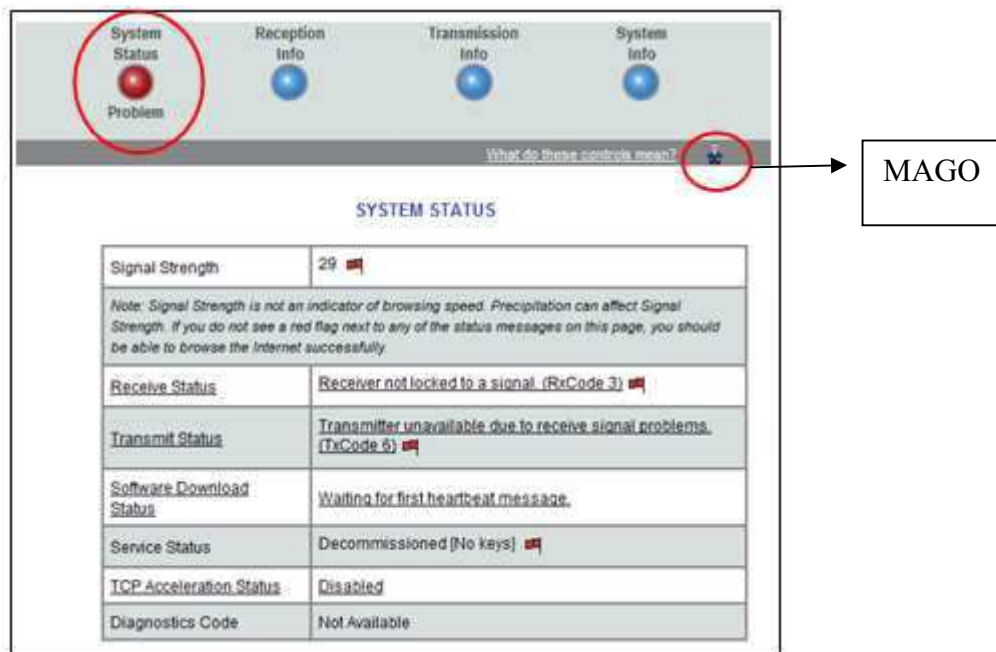


Figura 4. 21. System Status

Se puede observar en el **Receive Status** aparece que el Receptor no está enganchado (RxCode3), esto se debe a que el terminal no tiene los datos de operación del satélite ni la antena está apuntada. El transmisor no va a transmitir a menos que el receptor este enganchado (TxCode 6).

8. En la Figura 4.22 se muestra que en la parte superior podemos ver el número de serie del equipo y la versión de software que está corriendo en el terminal remoto HN7740S.

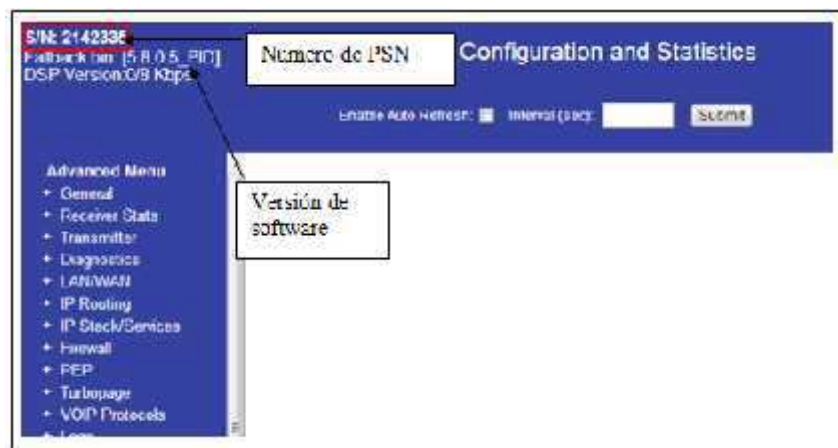


Figura 4. 22. Versión del software

9. En la ventana de configuración avanzada, seleccionamos el menú **Installation** y posteriormente la opción **Setup**, se abre la ventana de programación del terminal y comenzamos a configurar el equipo. Esto se encuentra ilustrado en la Figura 4.23



Figura 4. 23. Opción “Installation”

10. En esta nueva ventana, seleccionamos la opción **Config File Upload**, así como se muestra en la Figura 4.24 para cargar el archivo de configuración entregado para este efecto (tiene como extensión de archivo .cfg, para nuestro caso sbc_CNT_11M.cfg).

Este archivo debe ser guardado dentro de la computadora que va a realizar la programación y comisionamiento del terminal pero también puede ser cargado desde una memoria Flash de ser el caso.

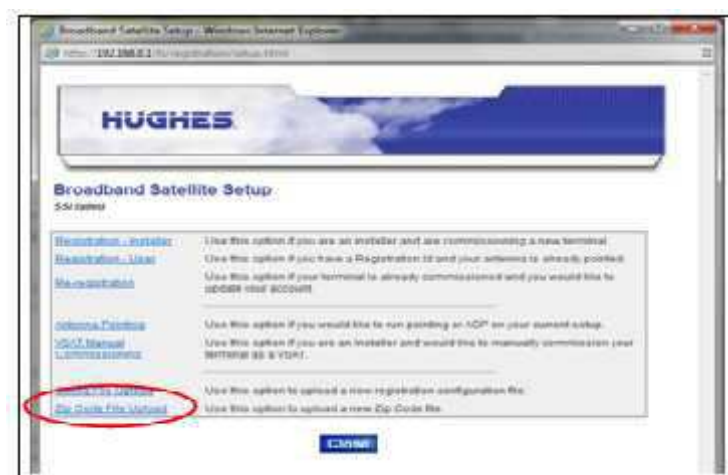


Figura 4. 24. Config File Upload

11. La Figura 4.25 indica la pantalla que se abre luego del paso anterior la misma que nos permite ubicar el directorio donde hemos grabado el archivo de configuración .cfg. Seleccionamos el botón **Examinar** y ubicamos el archivo .cfg dentro de nuestra PC.

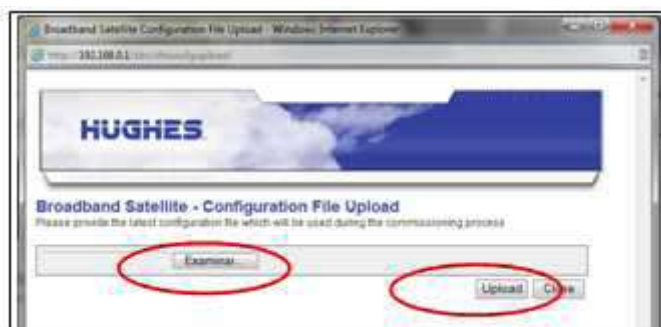


Figura 4. 25. Ubicación del archivo de configuración

La Figura 4.26 es una ilustración del archivo .cfg que debemos seleccionar.

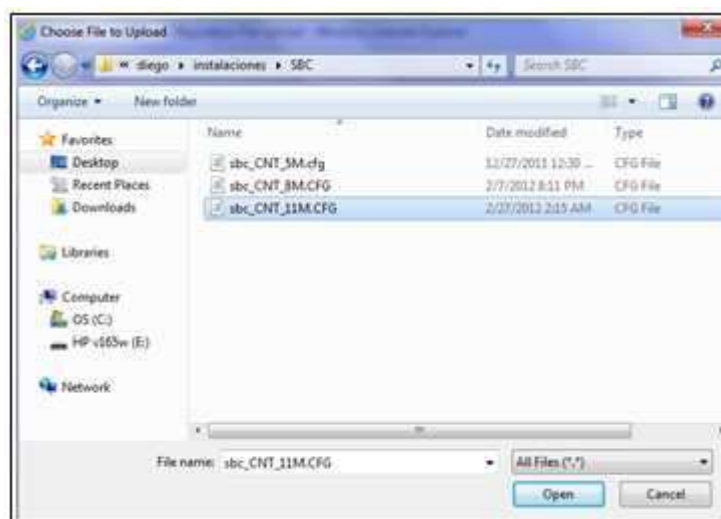


Figura 4. 26. Selección de archivo de configuración

12. Señalamos el archivo y presionamos el botón abrir, el programa está listo par a ser cargado al terminal. Presionamos el botón **UPLOAD** así como indica la Figura 4.27.

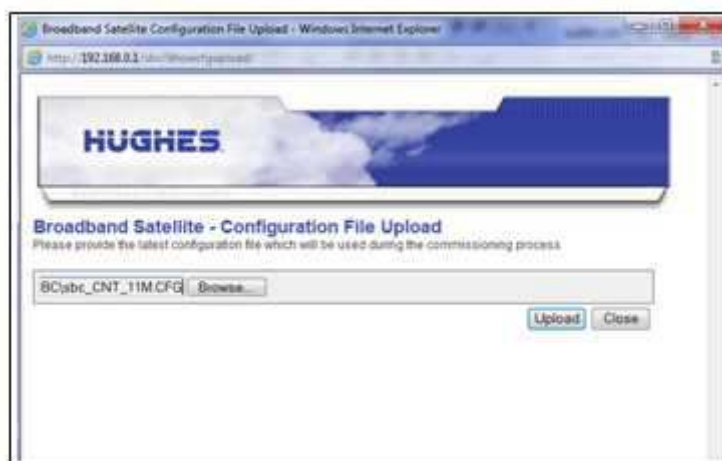


Figura 4. 27. Cargar el archivo

13. Una vez que se carga el archivo de configuración al terminal, aparece la ventana de confirmación de carga exitosa como se muestra en la Figura 4.28.

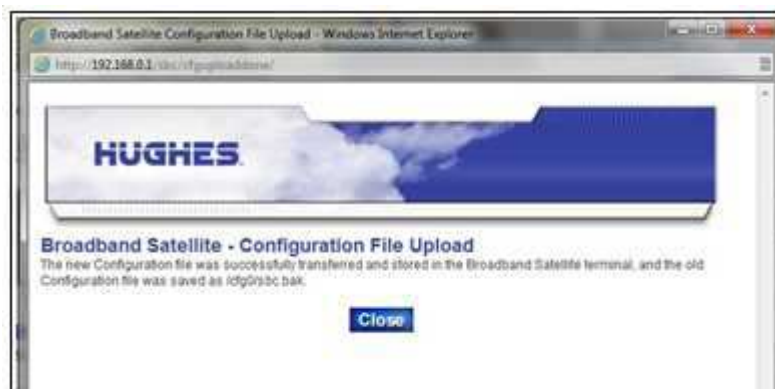


Figura 4. 28. Carga exitosa de archivo .cfg

14. La carga del archivo de configuración no modifica la configuración actual del terminal, es necesario continuar el proceso de programación hasta el final. Para verificar la configuración del terminal entramos a través del comando **TELNET** de Windows a la dirección por default del terminal 192.168.0.1. El comando TELNET está habilitado en el puerto 1953, por lo que ejecutamos el comando de la siguiente manera: **telnet 192.168.0.1 1953**. Así como se ilustra en la Figura 4.29.

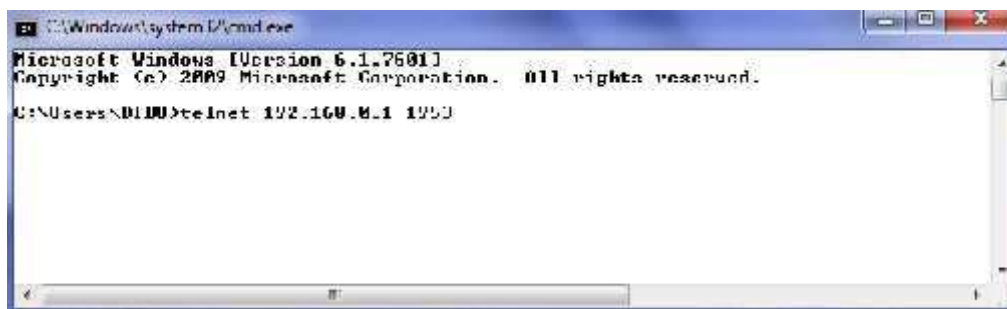


Figura 4. 29. Prueba de Telnet

15. En la Figura 4.30 se muestra la ventana que nos aparecerá después de ingresar con el comando telnet, aquí se ingresa ventana de bienvenida al terminal y damos "Enter"

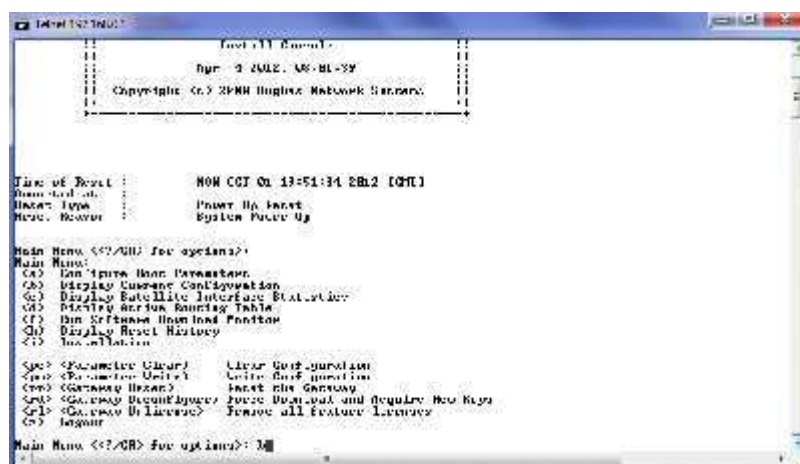


Figura 4. 30. Interfaz de la remota por medio de telnet

16. Ingresamos al menú del terminal. Ponemos la opción **b** para mostrar la configuración actual (configuración por default en este momento) del terminal. Esto se puede observar en la Figura 4.31

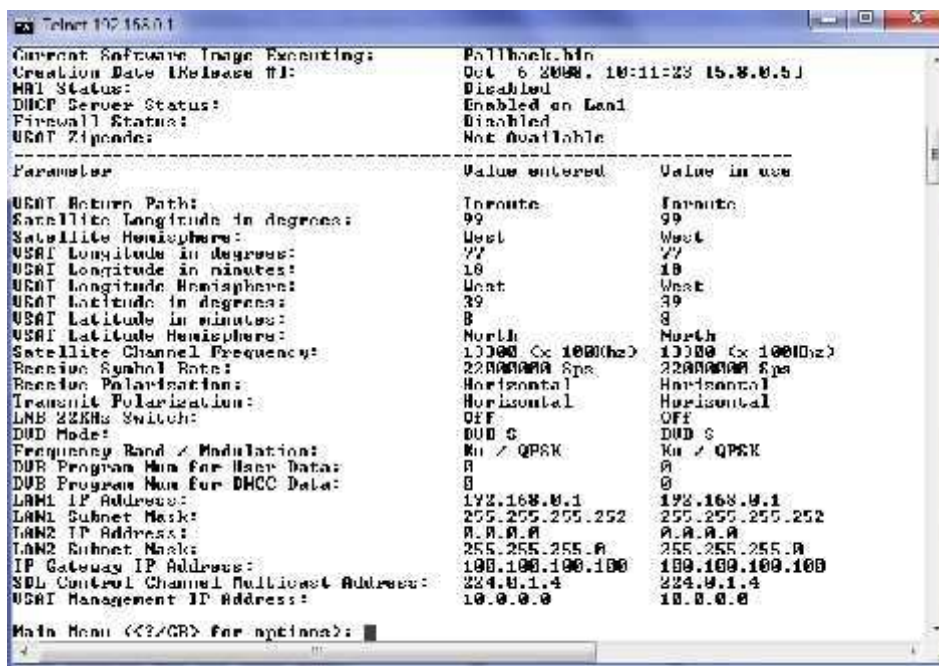


Figura 4. 31. Opciones de comandos

17. Otras opciones son:

-rr = para resetear al terminal desde esta consola.

-rd= para desconfigurar el terminal, volver a cargar llaves de encriptación y archivos descargados desde el HUB.

-rf= para poner el terminal en su configuración de fabrica, borrar todos los archivos descargados desde el HUB, incluyendo el archivo de configuración .cfg y las llaves de encriptación.

18. Volvemos a la pantalla de programación y señalamos la opción: **Registration – Installer** tal como se indica en la Figura 4.32



Figura 4. 32. Inicio de comisionamiento

19. Entramos al proceso de comisionamiento de la antena, marcamos la opción de entrar la localidad manualmente y presionamos **Next** así como lo indica la Figura 4.33.

Figura 4. 33. Opción para hacerlo manualmente

20. En la Figura 4.34 se muestra la ventana de ubicación de antena, ingresamos el valor de Longitud y Latitud en grados solamente y presionamos **Next**

Figura 4. 34. Longitud y Latitud por default

En la Figura 4.35 se indica las coordenadas que debemos ingresar de la estación remota, en este caso son las coordenadas de las instalaciones de la Empresa “Ingenieros González y González” que servirán como laboratorio de los equipos VSAT a despacharse:

$$0^{\circ} 08' 52,34'' \text{ S} = 52,14''/60 = 0.87' + 08' = 08.87/60 = 0.15^{\circ} + 0^{\circ} = 0.15^{\circ} \text{ S}$$

$$78^{\circ} 28' 14,28'' \text{ W} = 14.28''/60 = 0.24' + 28' = 28.24/60 = 0.47^{\circ} + 78^{\circ} = 78.47^{\circ} \text{ W}$$

Broadband Satellite - Manual Entry of Antenna Location
Please enter the Latitude and Longitude information for your antenna installation location. Click **Next** to continue.

Latitude: 0.15 South

Longitude: 78.47 West

Values must be entered in decimal notation.

Back Next Exit

Figura 4. 35. Ingreso de Longitud y Latitud reales

21. Seleccionamos el archivo de configuración para los datos del satélite (ingresados mediante el archivo *.cfg y presionamos **Next**. Para nuestro caso el archivo cfg contiene una lista con valores llamada **GLOBAL CROSSING** así como indica la Figura 4.36.

Broadband Satellite - Satellite Parameters
Please select the Satellite/Transponder combination from the list provided, or check the "Enter satellite parameters manually" box to enter the satellite parameters manually. Click **Next** to continue.

My antenna is pointing to: Satellite Transponders

Enter satellite parameters manually

Satellite Transponders
GLOBAL CROSSING

Back Next Exit

Figura 4. 36. Selección del archivo .cfg

22. La Figura 4.37 nos muestra la opción donde Seleccionamos el tipo de LNB utilizado en el sistema, en este caso el modelo **Invacom** y presionamos **Next**

Broadband Satellite - Receive LNB Selection
Please select the receive LNB from the options listed below. Click **Next** to continue.

Receive LNB: Invacom

Pure
Invacom

Back Next Exit

Figura 4. 37. Selección de LNB

23. Marcamos la casilla del tipo de radio usado, para nuestro caso es de **2 Watt** y presionamos **Next** tal como indica la Figura 4.38.



Figura 4. 38. Selección de radio

24. En la Figura 4.39 se indica cuando el sistema nos da las coordenadas estimadas para iniciar el apuntamiento, presionamos el botón **Display Signal Strength** y nos sale la pantalla de nivel de señal.

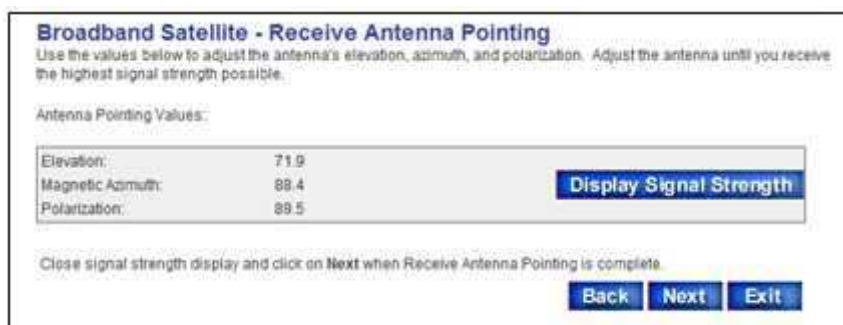


Figura 4. 39. Apuntamiento de la antena

25. Ajustamos el feeder al ángulo de polarización indicado.

26. Procedemos a realizar el apuntamiento de la antena de acuerdo a las coordenadas indicadas por el sistema, al inicio es posible que la antena no esté apuntada y el valor recibido será entre 15 a 29 como se ve en la Figura 4.40.



Figura 4. 40. Nivel de señal Pésima

27. En la Figura 4.41 se muestra el nivel de señal una vez que se apunta correctamente, se deben lograr niveles de señal superiores a 30 para que el satélite reconozca al modem, procurar que el sistema quede operando con un nivel de señal mayor a 50. El máximo valor que el sistema registra es de 100.

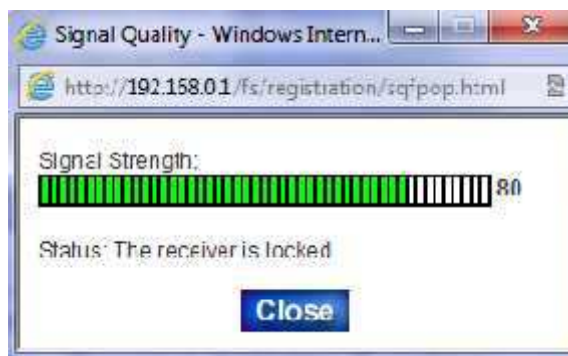


Figura 4. 41. Nivel de señal Optima

28. Para condiciones de cielo despejado o “clear sky” para el satélite usado AMC4, se deben lograr valores de SQF superiores a 75 y para malas condiciones o “bad conditions” valores superiores a 65.

29. En caso de que no se logren estos valores, se debe reapuntar la antena o verificar la instalación para corregir la causa del problema.

30. Cerramos esta ventana de apuntamiento presionando el botón **Close** y adicionalmente continuamos con el procedimiento presionando **Next** en la ventana de apuntamiento de antena.

31. Entramos al registro del equipo en el servidor de registro en la Estación Central, deseleccionamos la opción **Secure HTTP mode** y presionamos **Next** tal como se puede observar en la Figura 4.42.



Figura 4. 42. Registro de equipo en el servidor

32. En la Figura 4.43 nos indica que debemos esperar hasta que se complete el proceso de registro del Terminal y seguimos el proceso de carga de las llaves de encriptación.



Figura 4. 43. Registro en Proceso

En la Figura 4.44 podemos mirar el proceso cuando se están cargando las llaves de encriptación.



Figura 4. 44. Fase de descarga de las Keys

33. Posterior a descargar las llaves, el terminal se autentifica con la Estación Central así como se muestra en la Figura 4.45.



Figura 4. 45. Autenticación del terminal con el satélite

34. Terminado el proceso con éxito, presionamos **Next** para proceder a registrar el número de serie en el terminal (PSN), asociándolo a un nombre de sitio (SITEID) como se aprecia en la Figura 4.46.



Figura 4. 46. Registro del número de serie

35. Nos aparecerá un mensaje de advertencia de registro como se ve en la Figura 4.47. Debemos presionar **Aceptar**.



Figura 4. 47. Mensaje de Advertencia

36. Nos aparece la ventana de Registro e ingresamos el nombre del sitio (SITEID) predefinida para el sitio con anticipación y con el cual se creó el sitio en la Estación Central. En la Figura 4.48 se ilustra la ventana de registro donde ingresar el Site Id.



Figura 4. 48. Ingreso del Site ID

37. En caso de ingresar un mal nombre el sistema le indicará una advertencia, poner el nombre correcto y presionar el botón **Continue**, así como se indica en la Figura 4.49.

NOTA: El sistema discrimina entre mayúsculas y minúsculas.

The screenshot shows a web page titled "Registration". At the top, it says "Please correct the errors listed below and press the Continue button..". Below this, a note states "* Indicates required fields." On the left, there is a VeriSign Secure Site logo with the text "Your information is protected using industry standard SSL technology". The main content area is titled "Customer Info" and displays "Serial Number: 2142335". Below this, a red error message reads "Please ensure that you have the correct Site Name and try again". Underneath the error message, the "Site ID" field contains the text "tesisepn". At the bottom of the form, there are two buttons: "Go Back" and "Continue".

Figura 4. 49. Mensaje de error del Site ID

38. Ingresando el nombre correcto, el sistema registra el terminal asociándolo al sitio y nos entrega las direcciones IP que serán asignadas al terminal al final del proceso tal como muestra la Figura 4.50.

The screenshot shows the "Registration" page with the message "Your account is registered for service." Below this, a green highlighted box contains the instruction: "Please write down the following information about your satellite terminal." This is followed by a table of configuration details:

Site Id:	TESISEPN
LAN Interface 1 IP Address:	10.158.37.41
LAN Interface 1 Subnet Mask:	255.255.255.248
LAN Interface 2 IP Address:	172.6.24.1
LAN Interface 2 Subnet Mask:	255.255.255.0

Below the table, the text reads: "Use the above information to configure IP devices connected to the satellite terminal." and "The default Gateway on each IP device should be set to the Terminal IP Address". At the bottom, there are two buttons: "Print this page" and "Continue".

Figura 4. 50. Confirmación del Registro

39. En la Figura 4.51 nos indica que debemos presionar **Continue** para terminar el proceso de descarga de configuración de servicios y configuración del terminal.

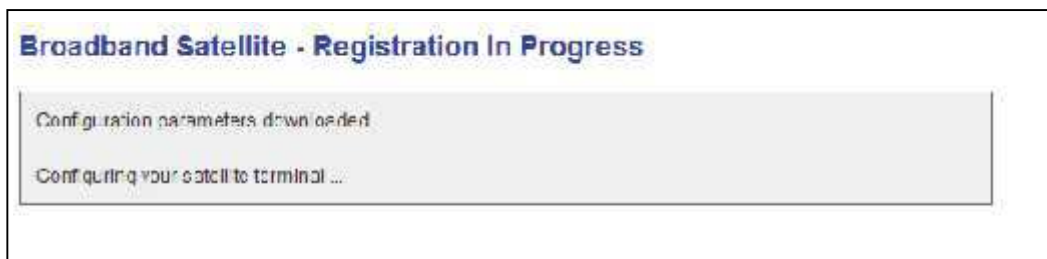


Figura 4. 51. Descarga de Servicios del Satélite

40. Proceder a inicializar el terminal presionando el botón **Restart** y **Close** así como lo indica la Figura 4.52.



Figura 4. 52. Registro completado

En la Figura 4.53 muestra el cierre de la ventana de configuración.



Figura 4. 53. Cierre de ventana de configuración

41. El terminal se procede a inicializar por lo que verificamos que los datos de las direcciones IP hayan sido descargadas correctamente, usando el comando, **Ipconfig** en el puerto LAN 2 del terminal HUGHES tal como se indica en la figura 4.54.

```

Ethernet adapter Local Area Connection:
    Connection-specific DNS Suffix . . . : CNT
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::9055:3153:2b9:307e%11
    IPv4 Address. . . . . : 172.6.24.2
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 172.6.24.1

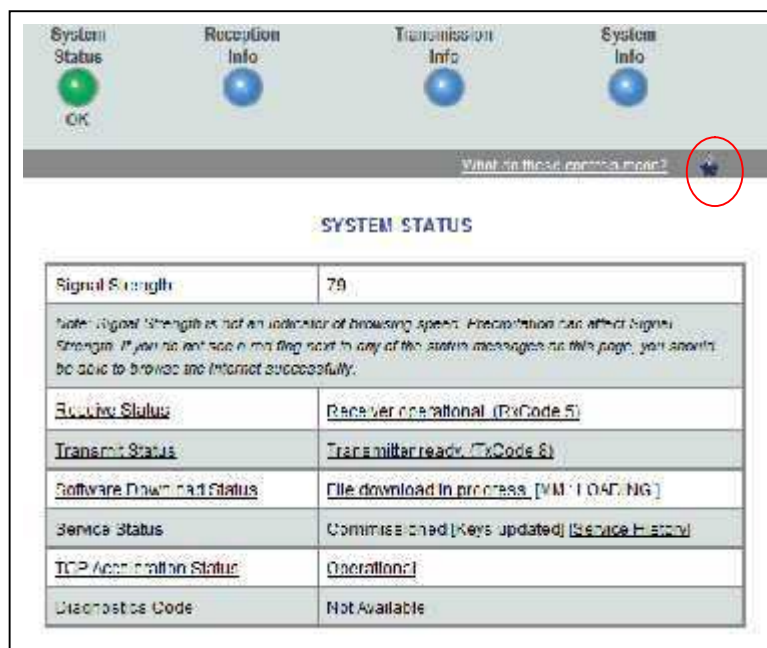
Tunnel adapter 6104 Adapter:
    Connection-specific DNS Suffix . . . : CNT
    IPv6 Address. . . . . : 2002::ac06:1002::ac06:1002
    Default Gateway . . . . . :

Tunnel adapter isatap.{D0671C5E-323C-42FD-AB50-B51DF1015EC2}:

```

Figura 4. 54. Verificar la nueva IP

42. Ingresamos al terminal a través del Internet Explorer usando la nueva dirección cargada, presionamos el botón **System Status** como se observa en la Figura 4.55 para ver el estado del terminal. En estos momentos debería entrar a cargar los archivos de perfiles y servicios desde la Estación Central (File Download in progress).



System Status Reception Info Transmission Info System Info

OK

What do these icons mean?

SYSTEM STATUS

Signal Strength	79
Note: Signal strength is not an indication of browsing speed. Precipitation can affect signal strength. If you do not see a red flag next to any of the status messages on this page, you should be able to browse the Internet successfully.	
Receiver Status	Receiver operational (RxCode 5)
Transmit Status	Transmitter ready (TxCode 8)
Software Download Status	File download in progress [VM: LOADING]
Service Status	Commissioned [Keys updated] [Service History]
TCP Application Status	Operational
Diagnosis Code	Not Available

Figura 4. 55. Ingreso a la remota con la nueva IP

43. Presionando el icono del “mago” y entramos al menú avanzado, entramos nuevamente al menú **Installation** y presionamos el menú **SDL Monitor** para observar el proceso de descarga hasta que todos los archivos hayan sido descargados (estado **Delivered**) así como se muestra en la Figura 4.56.

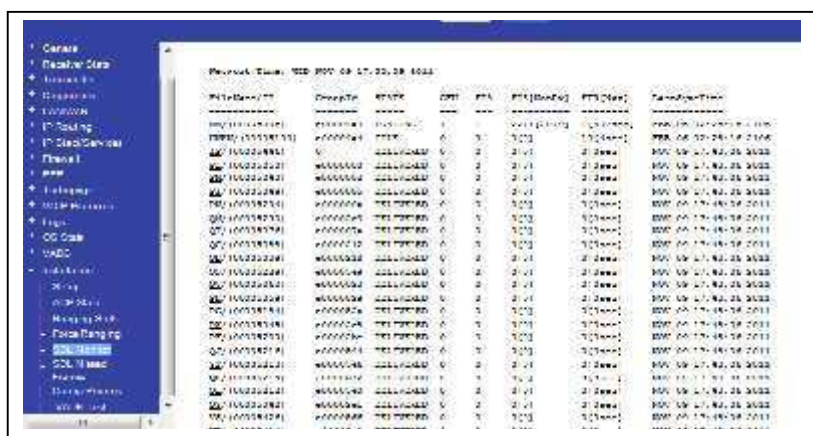


Figura 4. 56. Visualización de descarga de archivos desde el satélite

44. Posterior a la carga, el terminal se reinicia y se podrá observar que todos los LED's están encendidos.

45. Presionamos nuevamente el botón **System Status** y el sistema debe tener los siguientes valores que se indican en la Figura 4.57:

- **Receive Status = Receiver Operational (RxCode5)**
- **Transmit Status = Transmitter Ready (TxCode8)**
- **Software Download Status = All files are up to date**
- **Service Status = Commissioned [Keys updated]**
- **TCP acceleration Status = Operational**



Figura 4. 57. Visualización cuando el terminal ya está listo

46. Para el funcionamiento del servicio no es necesario que este habilitado la aceleración WEB que es la aceleración del servicio internet, solo funciona con las

transacciones que no tienen relación con el servicio telefónico tal como se muestra en la Figura 4.58.

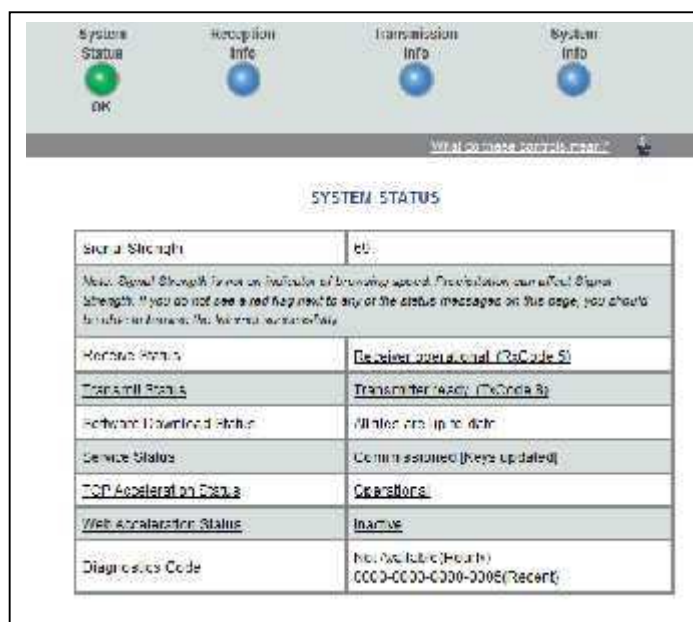


Figura 4. 58. Parámetro “web aceleration” Inactivo

47. En la Figura 4.59 se indica el estado normal del terminal en aceleración WEB es el siguiente:

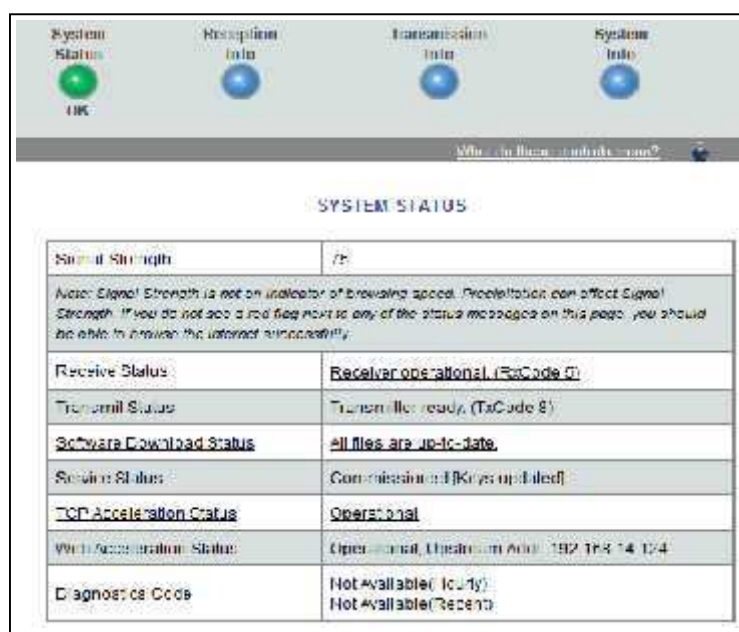


Figura 4. 59. Parámetro “web aceleration” Operacional

48. El personal del NOC guiará al técnico instalador en el ajuste de la polarización y seguirá las instrucciones moviendo el feeder en sentido horario o anti-horario de acuerdo a las indicaciones dadas, hasta que se haya logrado los niveles deseados tal como se muestra en la Figura 4.60.

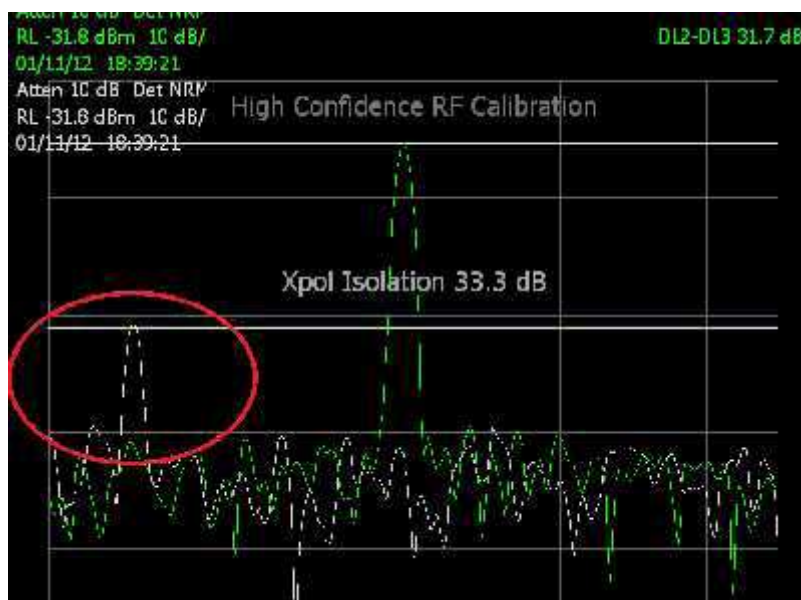


Figura 4. 60. Terminal Remoto antes de mejorar la Polarización

49. Esta labor se puede visualizar en la Figura 4.61 en la cual se muestra la calibración que sólo se puede gestionar desde el NOC por lo que el técnico instalador debe procurar seguir las instrucciones del técnico del NOC.

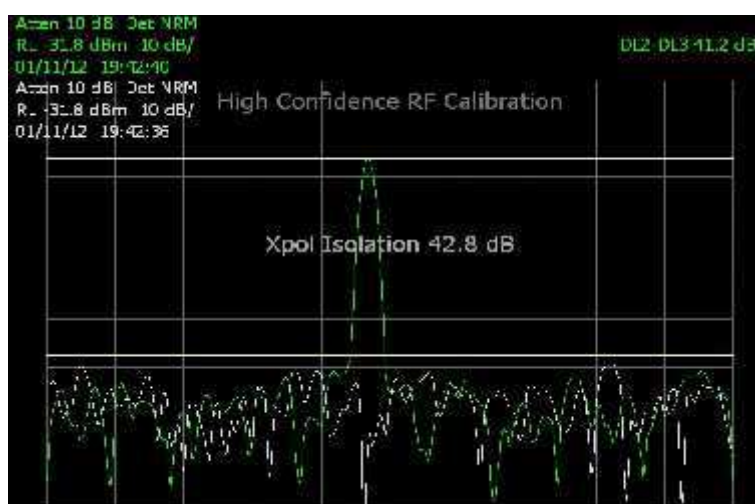


Figura 4. 61. Terminal Remoto luego de mejorar la Polarización.

50. Para comprobar el servicio de conectividad desde el terminal hasta la salida de la Estación Central (router de interconexión) en la página principal de la interface WEB, presionamos el menú **Connectivity Test** y presionamos el botón **Start Test** así como se indica en la Figura 4.62.



Figura 4. 62. Comprobación del servicio de conectividad

51. El resultado correcto se muestra en la Figura 4.63:

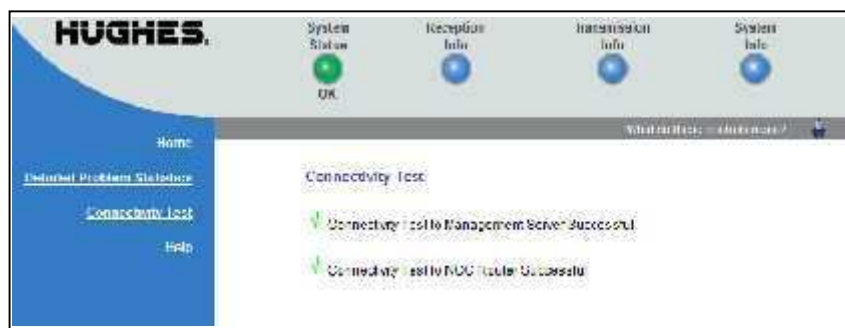


Figura 4. 63. Conectividad Correcta

52. Probamos un ping hasta el ruteador de borde de la Estación Central con paquetes de 500 bytes y 1000 bytes a la dirección IP 192.168.18.131 que es la IP del router tal como se indica en la Figura 4.64.

Para 500 bytes C:\>ping 192.168.18.131 -l 500 -t

Para 1000 bytes C:\>ping 192.168.18.131 -l 1000 -t

```

C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 192.168.18.131 -l 500 -t
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\DIBU>ping 192.168.18.131 -l 500 -t

Pinging 192.168.18.131 with 500 bytes of data:
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1362ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1398ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1378ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1077ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1287ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1429ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1188ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1287ns TTL=254
Reply from 192.168.18.131: bytes=500 time=1378ns TTL=254

```

Figura 4. 64. Prueba de ping

53. Repetimos la prueba de ping al ruteador de borde de CNT con paquetes de 500 bytes y 1000 bytes a la dirección IP 186.146.233.13

54. Para probar la conectividad y velocidad de descarga, usaremos las páginas de medición de tráfico internet www.speedtest.net (Figura 6.65) y www.cnt.com.ec (Figura 4.66) que es para uso menú de Hogares y personas.



Figura 4. 65. Test de velocidad en el speedtest



Figura 4. 66. Test de velocidad en la CNT

55. Ingresamos a una la WEB www.youtube.com y vemos un video

56. Revisamos el parámetro **SQF – Signal Quality Factor**, en el menú avanzado, **Receiver Stats**, en el submenú **Demod Stat**. Igualmente podemos revisar la relación **EsNo** así como se indica en la Figura 4.67.

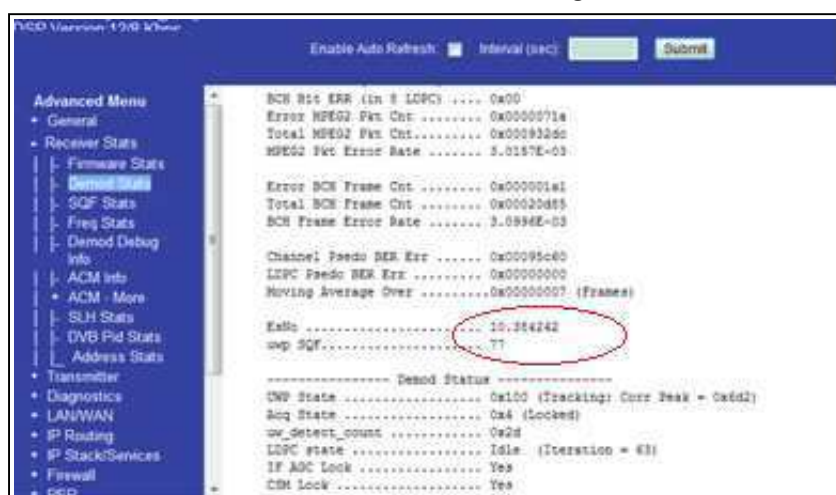


Figura 4. 67. Revisión del SQF y EsNo

La siguiente tabla proporcionada por Hughes provee el Es/No para el SQF ya sea si se usa DVB-S o DVB-S2. Hay que notar que el valor de Es/No está en décimas (0.1) de dBs. Las áreas sombreadas en la tabla indican donde el DVB-S y el DVB-S2 difieren con respecto al Es/No, todo esto se indica en la Figura 4.68.

SQF	DVB-S2 Es/No	DVB-S Es/No	SQF	DVB-S2 Es/No	DVB-S Es/No	SQF	DVB-S2 Es/No	DVB-S Es/No
31	10	39	54	76	76	77	103	103
32	14	41	55	77	77	78	104	104
33	18	44	56	78	78	79	105	105
34	22	46	57	79	79	80	107	107
35	26	49	58	80	80	81	108	108
36	30	51	59	81	81	82	109	109
37	34	52	60	82	82	83	111	111
38	38	54	61	84	84	84	113	113
39	41	56	62	85	85	85	114	114
40	44	58	63	86	86	86	116	116
41	47	59	64	87	87	87	117	117
42	50	61	65	88	88	88	119	119
43	53	62	66	89	89	89	121	121
44	56	64	67	90	90	90	123	123
45	59	65	68	91	91	91	128	125
46	62	66	69	93	93	92	132	127
47	65	68	70	94	94	93	138	130
48	68	69	71	95	95	94	145	132
49	70	70	72	96	96	95	153	135
50	71	71	73	97	97	96	162	139
51	72	72	74	99	99	97	170	144
52	74	74	75	100	100	98	180	153
53	75	75	76	101	101	99	190	177

Tabla 4. 3. Relación de SQF con Es No

La tabla anterior es tomada como referencia por HUGHES para poder determinar la validez o no del enlace basado en los cálculos mostrados en el capítulo 2. Como se puede apreciar el modem instalado cumple con la relación de SQF y Es/No que se muestra en la tabla anterior.

57. Podemos también observar la estadística del SQF para una mejor referencia del funcionamiento del equipo, en el menú **Receiver Stats**, sub menú **SQF stats**. Estos valores estadísticos servirán al técnico de la CNT del NOC para determinar el valor promedio (Average) de SQF para la estación, esto se indica en la Figura 4.68.

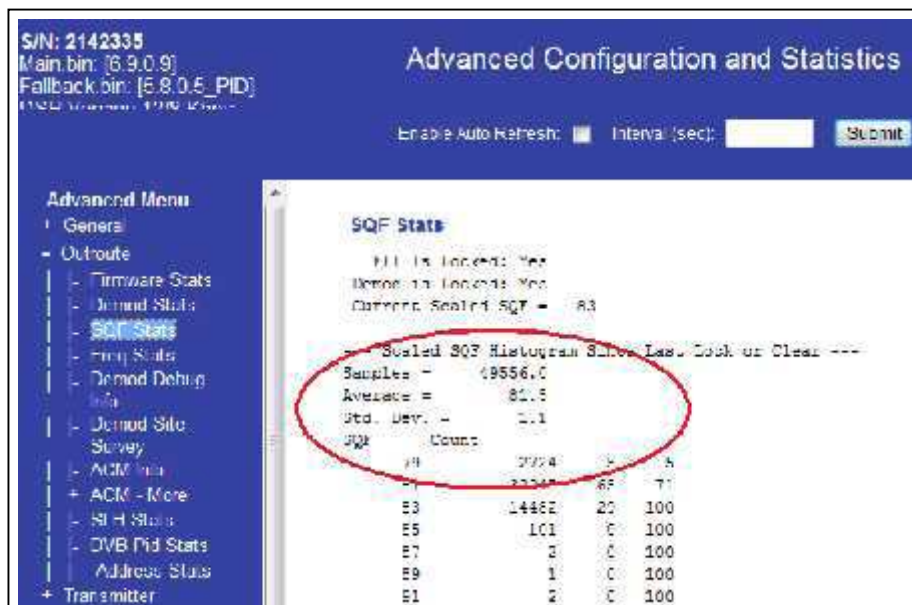


Figura 4. 68. Estadísticas del SQF

58. Este valor varía en el tiempo y con el número de muestras por lo que se puede determinar en base a esta estadística, el valor promedio de SQF que tienen las estaciones en general ubicadas en una zona geográfica determinada.

Este procedimiento es el que se debe seguir para la configuración y el comisionamiento de cada remota que formará parte de la red Satelital de Global Crossing.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el dimensionamiento y diseño para el enlace satelital basado en los requerimientos propuestos por Global Crossing para la red Satelital y observando los resultados de las pruebas obtenidas con la red en funcionamiento y considerando una posible ampliación de la misma, se pueden realizar algunas conclusiones y recomendaciones que se aportan a continuación:

- El Apuntamiento de la Antena, la Temperatura de ruido del LNA, las Pérdidas en guía de onda, el ángulo de Elevación y Ruido terrestre son factores determinantes para cuantificar la calidad de una estación satelital.
- Los equipos con tecnología Direct-IP HN7740S aparte de ser de muy fácil y rápida instalación son muy económicos y de mayor capacidad de transmisión de datos en comparación con los equipos de tecnología anterior como lo era la Directway.
- Se debe tomar en cuenta que los planes de velocidad propuestos por Global Crossing fueron establecidos hace dos años y en ese entonces la demanda del mercado en cuanto a velocidades eran básicas, es por tal razón que se puede apreciar velocidades que en la actualidad no son suficientes para satisfacer los requerimientos del usuario.
- Cuando se contrata una capacidad determinada, lo que se está alquilando no es sólo un ancho de banda determinado (en MHz) sino también la Potencia disponible en ese ancho de banda medida en dBW. El uso de esa capacidad no debe superar, ni el ancho de banda contratado, ni la potencia correspondiente a ese ancho de banda.
- Los enlaces satelitales son uno de los primeros sistemas de comunicación entre puntos distantes utilizados. Por muchos años fue una de las soluciones más atractivas, por su gran cobertura y fácil instalación.

- Es recomendable además ubicar las antenas de pruebas en lugares poco transitados, ya que basta con un movimiento brusco de los cables IFL, para que se introduzcan errores en las pruebas.
- En los equipos Direcway se recomienda realizar las respectivas conexiones IDU –ODU cerciorándose que la IDU no se encuentre energizada ya que se podría producir un corto circuito y quemar ya sea la IDU o también la ODU.
- La demanda de aplicaciones en tiempo Real (videoconferencia, descarga de videos, etc) en el Ecuador ha crecido considerablemente desde el inicio de este proyecto ya que en la actualidad se puede observar varias compañías que brindan el servicio de Internet a bajos costos lo que permite que cada vez mas usuarios tengan acceso a Internet.
- El dimensionamiento de la red fue hecho en base a los planes de velocidades propuestos por Hughes por lo que se recomienda analizar la posibilidad de que estos planes sean modificados tomando en cuenta la actual demanda del usuario final y el uso que el mismo da al Internet.
- Se debe tener cuidado y tomar algunas precauciones cuando se utilizan equipos de comunicación que operen en banda Ku, debido a que esta banda es susceptible a cambios de condiciones climáticas lo que puede provocar una caída de terminales remotos por mal apuntamiento de las antenas por lo que se recomienda capacitar y concientizar al personal técnico de instalación en lo critico que resulta ser su labor en el proceso de instalación de los lugares remotos, ya que el cometer errores en este proceso podría desencadenar gastos extras al regresar al sitio para realizar re apuntamientos de las antenas o cubrir fallas humanas.
- Considerando las condiciones de clima en la Estación Terrena ubicada cerca al valle de los chillos y tomando en cuenta la presencia de fuertes tormentas eléctricas registradas en el sector se recomienda tener a la mano repuestos tanto de la parte de RF como de IF en el Estación Terrena ya que a pesar de que los equipos se encuentran protegidos por un buen sistema de Tierra es normal la avería de los mismos por sobrecargas eléctricas o inducciones de las mismas. Además el soportar a momentos temperaturas altas y a otros lluvias, afecta radicalmente la vida útil de los cables de comunicación y aunque la mayoría de empresas distribuidoras de cables proporciona garantías de diez

años o hasta más se deben considerar tanto las condiciones climáticas del sector como la migración de tecnología para aprovechar y contar en un futuro con conexiones y equipos nuevos que garanticen la comunicación por muchos años más hasta que el avance tecnológico o la ampliación de las redes de comunicaciones ameriten un nuevo cambio de equipos y de conexiones.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Fuentes Web:

- [¹] http://imaginar.org/iicd/index_archivos/TUS1/impsat.pdf
- [²] <http://viasatelital.com/blogs/?p=5>
- [³] http://boards5.melodysoft.com/S4_01/comunicacion-por-satelites-37.html?MAXMSGs=1000&ORDERBY=0
- [⁴] http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=615&Itemid=274
- [⁵] [http://es.wikipedia.org/wiki/Cobertura_\(telecomunicaciones\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Cobertura_(telecomunicaciones))
- [⁶] http://en.wikipedia.org/wiki/Circular_polarization
- [⁷] <http://www.slideshare.net/javieralbarracin/tipos-de-modulacin-1295186>
- [⁸] Hughes Network System, (1998), "General Satellite Communication Overview", Hughes Network System, Germantown-USA, p.31
- [⁹] <http://www.comunidadandina.org/Seccion.aspx?id=166&tipo=TE&title=lista-satelital-andina>
- [¹⁰] http://www.hughes.com/HNS%20Library%20For%20Products%20%20Technology/HN7740S_router_H35328_A4_LR_022811.pdf
- [¹¹] <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9448/1/pfc.pdf>
- [¹²] http://www.satcomresources.com/SATCOM-Technologies-1134-1-2M-Ku_Band-Tx-Rx-Antenna
- [¹³] <http://www.hughes.in/HughesIndiaBrochures/HUGHES%20ODU.pdf>
- [¹⁴] <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/536/1/CD-1036.pdf>
- [¹⁵] <http://intranetdemo.impsat.com.ar/folletos/DIRECTIP.pdf>
- [¹⁶] http://www.hughes.com/HNS%20Library%20For%20Products%20%20Technology/HN-System_H35493_LR_022608.pdf
- [¹⁷] <http://www.infodefensa.com/?noticia=colombia-reactiva-el-satelite-amc-4-para-mejorar-los-servicios-de-sus-programas-sociales>
- [¹⁸] http://space.skyrocket.de/doc_sat/lockheed_a2100.htm
- [¹⁹] <http://www.colvicom.com/pdf/hn7740s.pdf>
- [²⁰] <http://es.scribd.com/doc/20139986/CALCULO-DE-UN-ENLACE-SATELITAL>
- [²¹] <http://www.urbe.edu/publicaciones/telematica/ÍNDICE/pdf-vol6-1/2-calculo-del-parametro-de-radio-atenuacion.pdf>
- [²²] <http://www.HUGHES.com/AboutHUGHES/Pages/default.aspx>

[²³] http://www.hispasat.com/media/FlotaSatelites/Amazonas/dossierHSA_1D.pdf

[²⁴] <http://www.antenna-theory.com/spanish/basics/gain.php>

[²⁵] <http://www.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/antenas.html#3.4>

[²⁷] <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7226/1/memoria.pdf>

[²⁸] http://www.euitt.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web_salud_medioamb/normativas/itu/normaUIT%20K52.pdf

Fuentes de Libros y Publicaciones:

[²⁹] Bruce R. (1999) “Introducción a las Comunicaciones Satelitales”, Artech House, Boston-London, p. 46

[³⁰] R.J. Bates (2002), “Comunicaciones Satelitales”, MC Graw –Hill, New York-Estados Unidos p.60

[³¹] R.J. Bates (2002), “Comunicaciones Satelitales”, MC Graw –Hill, New York-Estados Unidos p.75

[³²] Hughes Network System, (1998), “General Satellite Communication Overview”, Hughes Network System, Germantown-USA

[³³] CODAN, Codan, 5700 series C-Band Transceiver User Manual, tomo 1, primera edición, Codan Pty Ltd, USA 1996

[³⁴] CERAGON NETWORKS INC, FibeAir® 4800 Point-to-Point Wireless Product Family Installation and Operation Guide, tomo 1, version 6.0, CERAGON Networks Inc, USA 2005.

[³⁵] HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc., DIRECWAY User Guide DW6000, tomo 1, revision A03, HUGHES Network Systems, USA 2003, 62p.

GLOSARIO

ACK: (ACKNOWLEDGEMENT) en español acuse de recibo, en comunicaciones entre computadores, es un mensaje que se envía para confirmar que un mensaje o un conjunto de mensajes han llegado. Si el terminal de destino tiene capacidad para detectar errores, el significado de ACK es "ha llegado y además ha llegado correctamente".

ACM: Codificación y Modulación Adaptativa que permite al sistema variar dinámicamente la modulación y códigos en el canal de Outroute para cada transmisión.

AIS: (Adaptive Inroute / Selection) Selección adaptativa de inroute, el mismo que se utiliza para combatir el desvanecimiento debido a la lluvia.

ALOHA: Estos canales son usados por los remotos para transmitir tráfico de usuario por primera vez.

BCH: Factor de ancho de banda del canal

BROADCAST: Transmisión de los paquetes que serán recibidos por todos los dispositivos en una red.

CAC: Control de acceso condicional, generan los key necesarios para la encriptación y des-encriptación de los paquetes IP.

CDS: Sistemas Demoduladores Configurables.

CIR: (Committed Information Rate), o (tasa de Información Comprometida): Tasa a la cual la red se compromete, en condiciones normales de operación, a aceptar datos desde el usuario y transmitirlos hasta el destino. Puede ser distinto en cada sentido.

COMISIONAR: Proceso en el cual la IDU de la estación remota se registra en la base de datos del NOC para poder entrar en funcionamiento.

DHCP: (*Dynamic Host Configuration Protocol*, en español «protocolo de configuración dinámica de *host*») es un protocolo de red que permite a los clientes de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van estando libres, sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después.

DIRECWAY: Es una familia de soluciones de banda ancha por satélite presentadas por Hughes Network Systems, Inc. (HNS), la misma que posee una gran variedad de hardware de alta velocidad multimedia, software y soluciones de servicio.

DNCC: (Direcway Network Control Cluster). Controlador o procesador de las informaciones enviadas a través de los Inroutes.

DNS: (Domain Name System), en español: sistema de nombres de dominio es un sistema de nomenclatura jerárquica para computadoras, servicios o cualquier recurso conectado a Internet o a una red privada. Este sistema asocia información variada con nombres de dominios asignado a cada uno de los participantes. Su función más importante, es traducir (resolver) nombres inteligibles para las personas en identificadores binarios asociados con los equipos conectados a la red, esto con el propósito de poder localizar y direccionar estos equipos mundialmente.

DSCP: (*Differentiated Services Code Point*) hace referencia al segundo byte en la cabecera de los paquetes IP que se utiliza para diferenciar la calidad en la comunicación que quieren los datos que se transportan.

DVB-S: (Digital Video Broadcasting by Satellite) Es un sistema que permite incrementar la capacidad de transmisión de datos y televisión digital a través de un satélite UH11 usando el formato MPEG2. La estructura permite mezclar en una misma trama un gran número de servicios de video, audio y datos.

DVB-S2: (Digital Video Broadcasting by Satellite - Second Generation) es un estándar de transmisión de televisión digital considerado el sucesor del sistema DVB-S, ratificado durante 2005 por el organismo regulador ETSI.

ETHERNET: Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD. CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones.

ETSI: (European Telecommunications Standards Institute) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. El ETSI ha tenido gran éxito al estandarizar el sistema de telefonía móvil GSM.

FEC: (*Forward Error Correction*) La corrección de errores hacia adelante es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original. Se utiliza en sistemas sin retorno o sistemas en tiempo real donde no se puede esperar a la retransmisión para mostrar los datos.

FEED: (Alimentador) en las telecomunicaciones y la electrónica, un alimentador de antena se refiere a los componentes que integran la antena para alimentar las ondas de radio para el resto de la estructura de la antena, o en las antenas receptoras recoger las ondas de radio entrantes, los convierte a corrientes eléctricas y las transmiten al receptor.

FEEDHORN: Es la parte de un sistema de antena que recoge la señal reflejada de la antena y se enfoca hacia el LNB.

FXS: (Foreign Exchange Station) es el conector en una central telefónica o en la pared de nuestro hogar, que permite conectar un teléfono analógico estándar. En otras palabras, es la línea "viva", o con voltaje que permite alimentar nuestros equipos telefónicos. Es la línea que envía en "ring".

H.323: Es una recomendación del ITU-T (International Telecommunication Union), que define los protocolos para proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red. H.323 es utilizado comúnmente para Voz sobre IP (VoIP, Telefonía de Internet o Telefonía IP) y para videoconferencia basada en IP. No garantiza una calidad de servicio, y en el transporte de datos puede, o no, ser fiable; en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Además, es independiente de la topología de la red y admite pasarelas, permitiendo usar más de un canal de cada tipo (voz, vídeo, datos) al mismo tiempo.

HPA: (High Power Amplifier) proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite.

HTTP: (Hypertext Transfer Protocol) Protocolo de transferencia de hipertexto es el método más común de intercambio de información en la world wide web, el método mediante el cual se transfieren las páginas web a un ordenador.

IGMP: (Internet Group Management Protocol) El protocolo de red se utiliza para intercambiar información acerca del estado de pertenencia entre enrutadores IP que admiten la multidifusión y miembros de grupos de multidifusión. Los hosts miembros individuales informan acerca de la pertenencia de hosts al grupo de multidifusión y los enrutadores de multidifusión sondan periódicamente el estado de la pertenencia.

INTRANET: Es una red de ordenadores privados que utiliza tecnología Internet para compartir dentro de una organización parte de sus sistemas de información y sistemas operacionales. El término intranet se utiliza en oposición a *Internet*, una red entre organizaciones, haciendo referencia por contra a una red comprendida en el ámbito de una organización.

ITU: La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

G/T: Factor de merito, es la sensibilidad global de la estación, es el cociente entre la ganancia y la temperatura de ruido equivalente del receptor.

LNA: (Low Noise Amplifier) es el encargado de amplificar la señal recibida.

MAC: (media access control) en español control de acceso al medio") es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red. Se conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo.

MPEG: *Moving Pictures Experts Group*, es un grupo de expertos en imágenes en movimiento), y publicados como estándar ISO 13818.

MPEG-1: Es el nombre de un grupo de estándares de codificación de audio y vídeo normalizados por el grupo MPEG (Moving Pictures Experts Group). *MPEG-1 vídeo* se utiliza en el formato Video CD. La calidad de salida con la tasa de compresión usual usada en VCD es similar a la de un cassette vídeo VHS doméstico. Para el audio, el grupo MPEG definió el *MPEG-1 audio layer 3* más conocido como MP3.

MPEG-2: Es similar a MPEG-1, pero también proporciona soporte para vídeo entrelazado (el formato utilizado por las televisiones.) MPEG-2 vídeo no está optimizado para bajas tasas de bits (menores que 1 Mbit/s), pero supera en desempeño a MPEG-1 a 3 Mbit/s y superiores. MPEG-2 es por lo general usado para codificar audio y vídeo para señales de transmisión, que incluyen Televisión digital terrestre, por satélite o cable. MPEG-2. Con algunas modificaciones, es también el formato de codificación usado por los discos SVCD y DVD comerciales de películas.

MPLS: (*Multiprotocol Label Switching*) es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

MSPS: (Mega Símbolos por Segundo). En la modulación digital, a la relación de cambio a la entrada del modulador se le llama *bit-rate* y tiene como unidad el bit por segundo (bps). A la relación de cambio a la salida del modulador se le llama *baud-rate*. En esencia el *baud-rate* es la velocidad o cantidad de símbolos por segundo.

MULTICAST: Envío a ciertos destinatarios específicos, más de uno.

NAT: (Network Address Translation) Traducción de Dirección de Red, es un mecanismo utilizado por routers IP para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles. Consiste en convertir, en tiempo real, las direcciones utilizadas en los paquetes transportados.

NMS: Permite la configuración, administración, gestión y control de los componentes del NOC HN y las IDUs remotos.

OMT: Es un filtro permite conectar el LNB y el transmisor a la antena satelital.

TCP: (Transmission Control Protocol) *Protocolo de Control de Transmisión*, es uno de los protocolos fundamentales en Internet.

TDM: La *multiplexación por división de tiempo (MDT)* o (*TDM*), del inglés *Time Division Multiplexing*, es el tipo de multiplexación más utilizado en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

TDMA: (*Time Division Multiple Access*) La *multiplexación por división de tiempo* es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del

medio de transmisión. El *Acceso múltiple por división de tiempo* (TDMA) es una de las técnicas de TDM más difundidas.

TELNET: (TELEcommunication NETwork) es el nombre de un protocolo de red a otra máquina para manejarla remotamente como si estuviéramos sentados delante de ella. También es el nombre del programa informático que implementa el cliente. Para que la conexión funcione, como en todos los servicios de Internet, la máquina a la que se acceda debe tener un programa especial que reciba y gestione las conexiones. El puerto que se utiliza generalmente es el 23.

PAT: (Port Address Translation) Es una característica del estándar NAT, que traduce conexiones TCP y UDP hechas por un host y un puerto en una red externa a otra dirección y puerto de la red interna. Permite que una sola dirección IP sea utilizada por varias máquinas de la intranet. Con PAT, una IP externa puede responder hasta a ~64000 direcciones internas.

PLAN DE SERVICIO: Documento que contempla en forma ordenada y coherente las metas, estrategias, políticas, directrices y tácticas en tiempo y espacio, así como los instrumentos, mecanismos y acciones que se utilizarán para llegar a los fines deseados.

PEP: "Performance Enhancing Proxy" es un mecanismo que proporciona aceleración a nivel TCP por medio de la supresión de ACKs, ampliación del tamaño de ventana, etc. de manera transparente al usuario.

PYMES: La pequeña y mediana empresa (conocida también por el acrónimo PYME, lexicalizado como pyme) es una empresa con características distintivas, y tiene dimensiones con ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los Estados o regiones. Las pymes son agentes con lógicas, culturas, intereses y un espíritu emprendedor específicos. Usualmente se ha visto también el término MiPyME (acrónimo de "micro, pequeña y mediana empresa"), que es una expansión del término original, en donde se incluye a la microempresa.

PIRE: O su equivalente en Inglés PIRE (Effective Isotropic Radiated Power), es la potencia aparente transmitida hacia el receptor, si se asume que la señal se irradia igualmente en todas direcciones, tal como una onda esférica que procede de un punto fuente; en otras palabras, el producto aritmético de la potencia suministrada a una antena y su ganancia.

PSK: (Phase Shift Keying) La modulación por desplazamiento de fase es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.

RADIACIÓN ISOTRÓPICA: Tiene la misma intensidad independientemente de la dirección de medición, y un campo isotrópico ejerce la misma acción, independientemente de la forma en la prueba de partícula está orientada. Se irradia uniformemente en todas direcciones desde una fuente puntual a veces llamado un radiador isótropo.

RCD: (Return Channel Demodulator) tarjetas donde se agrupan las inroutes.

RFT: Transmisión de radio Frecuencia

RIP-V2: Son las siglas de **R**outing **I**nformation **P**rotocol Version 2 (Protocolo de Información de Enrutamiento Versión 2).

Es un protocolo de puerta de enlace interna o **IGP** (**I**nternal **G**ateway **P**rotocol) utilizado por los routers (encaminadores), aunque también pueden actuar en equipos, para intercambiar información acerca de redes IP. Es un protocolo de Vector de distancias ya que mide el número de "saltos" como métrica hasta alcanzar la red de destino. El límite máximo de saltos en RIP es de 15, 16 se considera una ruta inalcanzable o no deseable.

SCPC: (Simple Carrier Per Channel) se refiere a usar una sola señal en una frecuencia y ancho de banda dada.

SNMP (*Simple Network Management Protocol*), El Protocolo Simple de Administración de Red o es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Permite a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver sus problemas, y planear su crecimiento.

SSPA: se refiere a un amplificador de potencia de estado sólido que se utilizan en los sistemas de satélites de radiodifusión.

STREAMING: Es la distribución de multimedia a través de una red de computadoras de manera que el usuario consume el producto al mismo tiempo que se descarga. La palabra *streaming* se refiere a que se trata de una corriente continua (sin interrupción). Este tipo de tecnología funciona mediante un búfer de datos que va almacenando lo que se va descargando para luego mostrarse al usuario. Esto se contrapone al mecanismo de descarga de archivos, que requiere que el usuario descargue los archivos por completo para poder acceder a ellos.

TELEMETRÍA: La *telemetría* es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera).

THROUGHPUT: Se llama *throughput* al volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema. Así también se le llama al volumen de información que fluye en las redes de datos.

UDP: User Datagram Protocol es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas (Encapsulado de capa 4 Modelo OSI). Permite el

envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

UEM: Administrador Unificado de Elementos, sistema que permite el comisionamiento de los remotos, proporciona las claves de acceso condicional a los remotos, gestión y descarga de software.

UNICAST: Es el envío de información desde un único emisor a un único receptor.

VPN: Una red privada virtual, RPV, o VPN de las siglas en inglés de *Virtual Private Network*, es una tecnología de red que permite una extensión segura de la red local sobre una red pública o no controlada.

ANEXO 1

ANEXOS

LISTA SATELITAL ANDINA

Operador satelital	Satélite	ROE Oeste	Cobertura de Territorio	Notificación, coordinación y registro de ROE ante UIT	N° Resolución SGCAN	Fecha de aprobación
SES AMERICOM Inc.	AMC-4	101° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: USASAT-351 / Sección Especial: 3373	1296	18/12/2009
	AMC-6	72° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: USASAT-8B / Sección Especial: 221, Clasificación en UIT: USASAT-35W / Sección Especial: 3616	1296	18/12/2009
	AMC-21	125° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: AM-SAT 125 W / Sección Especial: 1450	1296	18/12/2009
NEW SKIES SATELLITES B.V. (SES NEW SKIES)	NSS-806	40.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: INTELSAT 8319.5E / Sección Especial: 868, Clasificación en UIT: NSS-18 / Sección Especial: 1167	1296	18/12/2009
	NSS-5	20° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: NSS-31 / Sección Especial: 1465	1296	18/12/2009
	NSS-7	22° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: NSS-16 / Sección Especial: 1087 MOD 1	1296	18/12/2009
	NSS-10	37.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: USASAT-25A / Sección Especial: 555	1296	18/12/2009
	NSS - 703	47° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: GIBSAT - 8B / Sección Especial: API/A/3191	1390	16/12/2010
	SES-4	22° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación en UIT: NSS-16 / Sección Especial: 1087 MOD 1	1338	26/07/2010
	HISPASAT 1C	30° O	Bol, Col, Ecu y Per	AR11/A/1200	1296	18/12/2009
HISPASAT, S.A. y su subsidiaria HISPAMAR SATELLITES S.A.	HISPASAT 1D	30° O	Bol, Col, Ecu y Per	HISPASAT 2C3 KU - Sección especial: AR11/A/1200, HISPASAT-1D KU - Sección Especial: API/A/1982, HISPASAT-2D KU - Sección Especial: API/A/741	1296	18/12/2009
	HISPASAT 1E	30° O	Bol, Col, Ecu y Per	HISPASAT 2C3 KU N (PARTE I) - Sección Especial: AR11/A/1200, AR11/C/2702, Parte I; N (PARTE II) - Sección Especial: Parte II	1367	20/10/2010
	AMAZONAS-1	61° O	Bol, Col, Ecu y Per	B-SAT-Q - Sección Especial: AR11/A/2079, SBTS-B3 - Sección Especial: AR11/A/368	1296	18/12/2009
	AMAZONAS-2	61° O	Bol, Col, Ecu y Per	B-SAT-Q - Sección Especial: AR11/A/2079, EUTELSAT EXB 64 W - Sección Especial: AP30B/58, EUTELSAT EXB 64 W-C - Sección Especial: AP30B/57	1296	18/12/2009
	AMAZONAS-3	61° O	Bol, Col, Ecu y Per	B-SAT-Q para Banda Ku, SBTS-B3 para Banda C y B-SAT 1Q para la banda Ka	1472	15/05/2012
INMARSAT GLOBAL LIMITED	INMARSAT 3-F4	54° O	Bol, Col, Ecu y Per	INMARSAT-3 AOR WEST-2, AR11/C/2216-2219/2043/08.09.92	1296	18/12/2009
	INMARSAT 4-F3	98° O	Bol, Col, Ecu y Per	INMARSAT-4 98W, CR/C/1530/2553/20.09.05	1296	18/12/2009
	SOLIDARIDAD 2	114.9° O	Bol, Col, Ecu y Per	Sección Especial: CR/C/1296	1296	18/12/2009

MEXICANOS, S.A. DE C.V. (SATMEX)	SATMEX 5	116.8° O	Bol, Col, Ecu y Per	Sección Especial: AR11/A/30, Sección Especial: AR11/C/387	1296	18/12/2009
	SATMEX 6	113° O	Bol, Col, Ecu y Per	Sección Especial: API/A/2645, Sección Especial: CR/C/1283	1296	18/12/2009
	INTELSAT 603 (IS-603)	20° O	Bol, Col, Ecu y Per	N° coordinación: 2165/2164, N° notificación: 2509/2567	1296	18/12/2009
	INTELSAT 705 (IS-705)	50° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT7 310E, N° coordinación: 1976 / N° notificación: 2342	1296	18/12/2009
	INTELSAT 707 (IS-707)	53° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT7 317E, N° coordinación: 1976 / N° notificación: 2585	1296	18/12/2009
	INTELSAT 801 (IS-801)	55.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT8 328.5E, N° coordinación: 2230 / N° notificación: 2531	1296	18/12/2009
	INTELSAT 805 (IS-805)	55.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT8 304.5E	1296	18/12/2009
	INTELSAT 901 (IS-901)	18° O	Bol, Col, Ecu y Per	N° coordinación: 2085/2422, N° notificación: 2596/2604	1296	18/12/2009
	INTELSAT 903 (IS-903)	34.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT6 325.5E, N° coordinación: 1821 / N° notificación: 2105 -- INTELSAT7 325.5E, N° coordinación: 1976 / N° notificación:2568	1296	18/12/2009
	INTELSAT 905 (IS-905)	24.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT7 335.5E, N° coordinación:1977/ N° notificación: 2571 -- INTELSAT7 335.5E, N° coordinación:2200 / N° notificación: 2567	1296	18/12/2009
	INTELSAT 907 (IS-907)	27.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	N° coordinación:1977/2201, N° notificación: 2563/2605	1296	18/12/2009
	INTELSAT 10-02 (IS-10-02)	0.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	N° coordinación:1977/2422, N° notificación: 2262/2604(Parte 1S)	1296	18/12/2009
	GALAXY 28 (G-28)	89° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):USASAT - 24E, N° coordinación: 2016 / N° notificación: 2509	1296	18/12/2009
	INTELSAT 1R (IS-1R)	45° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):USASAT - 13I, N° coordinación: 1736 / N° notificación: 2574 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT - 13I-2, N° coordinación: 2347 / N° notificación: 2577 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT-25D, N° coordinación: 1966/ N° notificación: 2627 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT-13(AP30B), N° notificación: 2582 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT-55G, N° coordinación: 2541 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT60I, N° coordinación: 2534	1296	18/12/2009
	INTELSAT 14 (IS-14)	45° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):USASAT - 13I, N° coordinación: 1736(N° Notificación: 2574 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT-25D, N° coordinación: 1966/ N° notificación: 2627 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT-13(AP30B), N° notificación: 2582 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT-55G, N° coordinación: 2541 -- Referencia UIT (Banda Ku):USASAT60I, N° coordinación: 2534	1296	18/12/2009
	INTELSAT 1R (IS-1R)	50° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT7 - 310E, N° coordinación: 1976 / N° notificación:2342	1296	18/12/2009
	INTELSAT 1R (IS-1R)	50° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT7 - 310E, N° coordinación: 1976 / N° notificación:2342	1296	18/12/2009
	INTELSAT 1R (IS-1R)	50° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku):INTELSAT7 - 310E, N° coordinación: 1976 / N° notificación:2342	1296	18/12/2009

	INTELSAT 9 (IS-9)	58° O	Bol, Col, Ecu y Per	No hay referencia / N° coordinación: 1966/N° notificación: 2561 -- Referencia UIT (Banda Ku);USASAT26G, N° coordinación: 1967 / N° notificación: 2604 -- Referencia UIT (Banda Ku);USASAT-26G-3, N° coordinación: 2525	1296	18/12/2009
	INTELSAT 11 (IS-11)	43° O	Bol, Col, Ecu y Per	No hay referencia / N° coordinación: 1966 / N° notificación: 2576 -- Referencia UIT (Banda Ku);USASAT-26C, N° coordinación: 1967 / N° notificación: 2578 -- No hay referencia / N° coordinación: 2545 -- Referencia UIT (Banda Ku);USASAT-55F, N° coordinación: 2545	1296	18/12/2009
	GALAXY 3C (G-3C)	95° O	Bol, Col, Ecu y Per	Referencia UIT (Banda Ku);USASAT-24L, N° coordinación: 2102 / N° notificación: 2578 -- Referencia UIT (Banda Ku);USASAT-23F, N° coordinación: 2436 / N° notificación 2589 -- Referencia UIT (Banda Ku);USASAT-35L, N° coordinación: 2480 / N° notificación: 2624 -- Referencia UIT (Banda Ku);USASAT-60F, N° coordinación: 2555	1296	18/12/2009
STAR ONE S.A.	STAR ONE C1	65° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: B-SAT R	1296	18/12/2009
	STAR ONE C2	70° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: SBTS-C1	1296	18/12/2009
	STAR ONE C3	75° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: B-SAT S	1473	15/05/2012
TELESAT CANADA	ANIK F1	107.3° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: ANIK F1, Sección Especial # IFIC: CR/C/176 IFIC 2470	1296	18/12/2009
	ANIK G1	107.3° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: ANIK G1, Sección Especial # IFIC: CR/C/1752	1423	06/07/2011
	TELSTAR 11N	37.5° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: USASAT-26A, Sección Especial # IFIC: AR11/C/1832 IFIC 1967	1296	18/12/2009
	TELSTAR 12	15° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: USASAT-14L, Sección Especial # IFIC: CR/C/414 IFIC 2481	1296	18/12/2009
	TELSTAR 14	63° O	Bol, Col, Ecu y Per	Clasificación UIT: B-SAT I, Sección Especial # IFIC: AR11/C/3141 IFIC 2362	1296	18/12/2009

ANEXO 2

1.2M Ku-Band Rx/Tx Antenna

Series 1134

Technical Specifications

Electrical		Series 1134 Ku-Band
Antenna Size		1.2 M (48 in.)
Operating Frequency (GHz)	Receive Transmit	10.95 - 12.75 GHz 14.00 - 14.50 GHz
Midband Gain (+2dB)	Receive Transmit	41.50 dBi 43.00 dBi
Antenna Noise Temperature		
20° Elevation		46 K
30° Elevation		43 K
Sidelobe Envelope, Co-Pol (dBi)		
1° < θ < 20°		29 - 25 Log ₁₀ dBi
20° < θ < 26.3°		-3.5 dBi
26.3° < θ < 48°		32 - 25 Log ₁₀ dBi
48° < θ		-10 dBi (averaged)
Cross-Polarization	Within 1 dB contour Any Angle off Axis	-30 dB Max -25 dB Max
VSWR		1.2:1 Max.
Mechanical		
Reflector Material		Glass Fiber Reinforced Polyester SMC
Antenna Optics		Prime Focus, Offset Feed
Mast Pipe Size		2 1/2" SCH 40 Pipe (2.88" O.D) 73.2mm.
Elevation Adjustment Range		5° to 90° Continuous Fine Adjustment
Azimuth Adjustment Range		+/- 20° Fine, 360° Continuous
Mount Type		Elevation over Azimuth
Shipping Specifications		90 lbs. (41 kg.)
Environmental Performance		
Wind Loading	Operational Survival	50 mph (80 km/h) 125 mph (201 km/h)
Temperature	Operational Survival	-40° to 140° F (-40° to 60° C) -50° to 180° F (-46° to 71° C)
Rain	Operational Survival	1/2"/hr 2"/hr
Ice	Operational Survival	----- 1/2" radial
Atmospheric Conditions		Salt, Pollutants and Contaminants as Encountered in Coastal and Industrial Areas
Solar Radiation		500 BTU/1y/ft ²

BUY NOW

GENERAL DYNAMICS
SATCOM Technologies

1000-041 Rev. 05/11

© 2011 General Dynamics. All rights reserved. General Dynamics reserves the right to make changes to its products and specifications at any time and without notice. All trademarks included in such forms are trademarks of General Dynamics. All other trademarks and service marks are the property of their respective owners. G-Reg. 010, Rev. 04/09, 008



4096-349
April 8, 2002
REVISION II

ASSEMBLY MANUAL

6-1/2 FT. x 6-1/2 FT.
NON-PENETRATING MAST MOUNT

PRODELIN CORPORATION
1500 Prodelin Drive
Newton, NC 28658

6-1/2' x 6-1/2' NPMM INSTALLATION INSTRUCTIONS

H	Revise Angles to 0225-693, 695, & 696	7/12/05	
G	Del 0225-543 add 0225-694	5/9/05	A.Hahn
F	Revised Address	4/8/02	A. Hahn
E	Added Metric Tables	9/26/97	PGW
D	Updated	5-31-97	PGW
C	Revised rubber pads & figures	8-23-96	R Frye
B	Revised Hardware size (item 9 Pg. 6)	07-17-95	R Frye
A	Revised qty & placement of rubber pads per ECN #1678	08/24/94	R Frye
-	ORIGINAL RELEASE	03/09/94	R FRYE
REV.	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMMASSEMBLY MANUALNON-PENETRATING MAST MOUNTTABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>TITLE</u>
I	GENERAL INFORMATION
1.0	GENERAL INFORMATION
1.1	UNPACKING & INSPECTION
1.2	SUGGESTED TOOL LIST
1.3	PARTS LIST
II	ASSEMBLY INSTRUCTIONS
III	BALLAST REQUIREMENTS
3.0	BALLAST REQUIREMENTS TABLE
3.1	BALLAST REQUIREMENTS INFORMATION

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMM

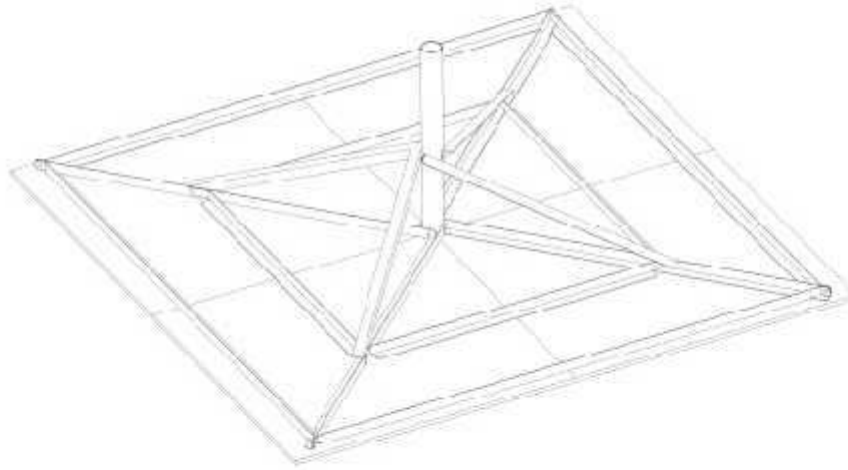


Figure 1

SECTION 1

1.0 GENERAL INFORMATION

1. Prior to installation, verify that the installation site roof material and supporting structure have been investigated and found capable of withstanding all loads imposed by the proposed antenna system. Confirm that the supporting surfaces, anchors, and/or safety cables, if required, have been found to be adequate to resist the reactions from the antenna system and that the installation will be in accordance with all applicable local, state, and federal requirements.
2. All antenna installations should be grounded to meet all applicable codes.
3. Rubber pads are provided to protect the roof surface.
4. All necessary hardware is provided.
5. For assistance in determining ballast requirements refer to chart in section 3.
6. All metal parts are of galvanized construction to help prevent corrosion.

1.1 UNPACKING & INSPECTION

1. **UNPACKING & INSPECTING**
The mount should be unpacked and inspected at the earliest date to ensure that all material has been received and is in good condition. A complete packing list for each major component is supplied.
2. **FREIGHT DAMAGE**
Any damage to materials while in transit should be immediately directed to the freight carrier. He will instruct you on the matters regarding any freight damage claims.
3. **MATERIAL - MISSING OR DAMAGED**
Any questions regarding missing or damaged materials that is not due to freight carrier should be directed to Prodelin's Customer Service Department at:

PRODELIN CORPORATION
1500 Prodelin Drive
Newton, NC 28658
USA
(828) 464-4141

1.2 SUGGESTED TOOL LIST


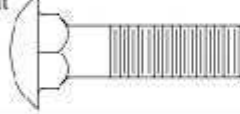



1. **SITE PREPARATION TOOLS**
The following tools are suggested for site preparation.
 1. Shovel (for ground installation)
 2. Broom

2. **SUGGESTED TOOL LIST**
The following tools are suggested for the NPMM installation.
 1. Ratchet
 2. Socket, 9/16"
 3. Wrench, combination 9/16"
 4. Tape measure

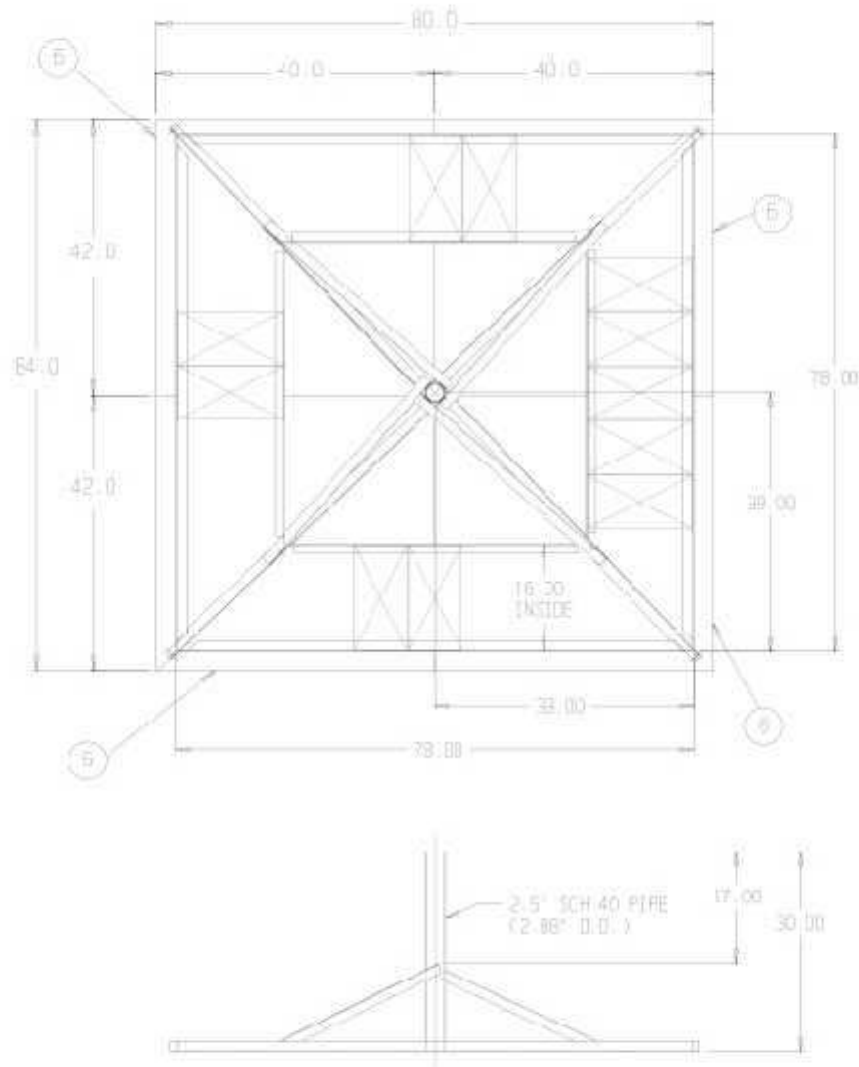
1.3 **PARTS LIST**

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMM

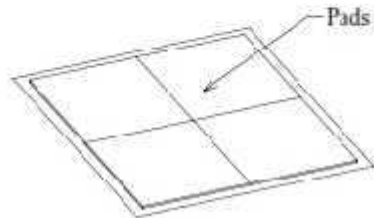
PARTS LIST - 6 1/2' x 6 1/2' NPMM			
ITEM NO.	PART NO.	DESCRIPTION	QTY
1	0184-179	Mast Pipe	1
2	0225-693	Outer Base Angle	4
3	0225-695	Inner Base Angle	4
4	0225-696	Diagonal Base Angle	4
5	0225-694	Mast Brace Angle	4
6	5003-033	40" x 42" Pad	4
7	8032-032	3 / 8" x 4.00" Bolt 	4
8	8039-012	3 / 8" x 1.50" Carriage Bolt 	8
9	8201-042	3 / 8" Flat Washer 	16
10	8202-042	3 / 8" Lock Washer 	12
11	8102-007	3 / 8" Hex Nut 	12

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMM**Figure 2**

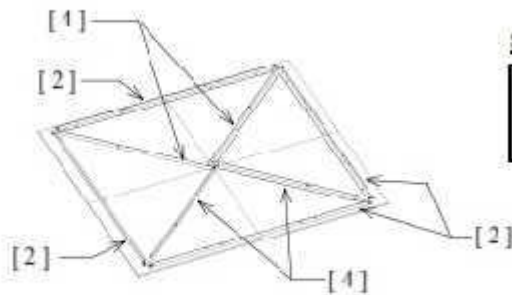
SECTION II

ASSEMBLY INSTRUCTIONS



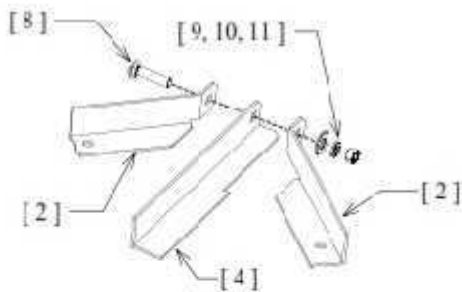
STEP 1:

- A) Locate site of installation and clear an area of 7 x 7 square feet of all debris.
- B) Place rubber pads (item 6) within the cleared area to form a square.
(See Figure 2)



STEP 2:

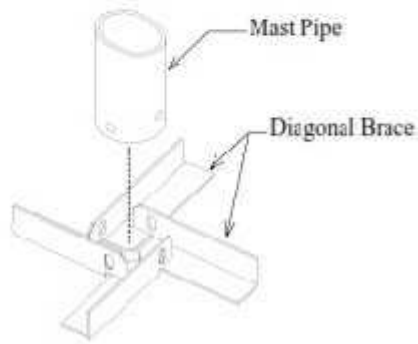
- A) On the rubber pad, layout the (4) outer base angles (item 2) and the (4) diagonal base angles (item 4).



STEP 3:

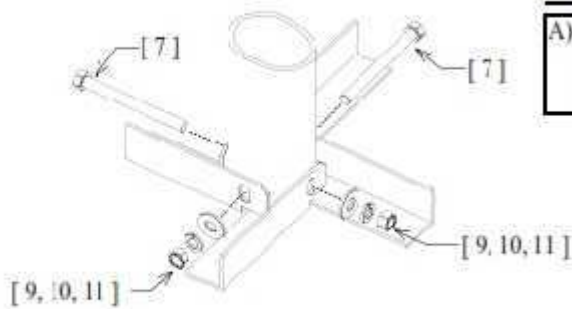
- A) Attach the four outer corners as shown using 3 / 8" hardware (items 8,9,10 & 11) Snug only.

(Note the orientation of the angles)



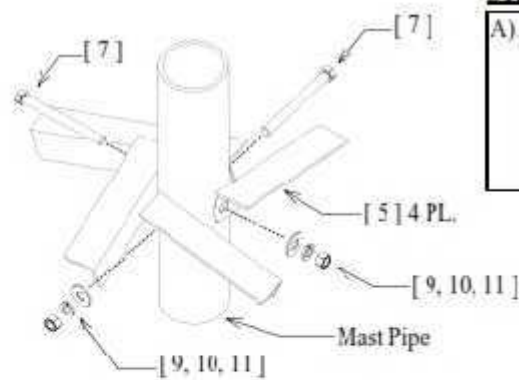
STEP 4:

A) Place the mast pipe (item 1) at the center of the diagonal braces and align holes.
(Note the orientation of diagonal braces)



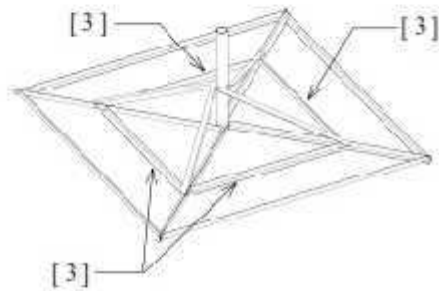
STEP 5:

A) Secure the mast pipe to the diagonal angles with 3 / 8" hardware (items 7, 9, 10, & 11). Snug only.

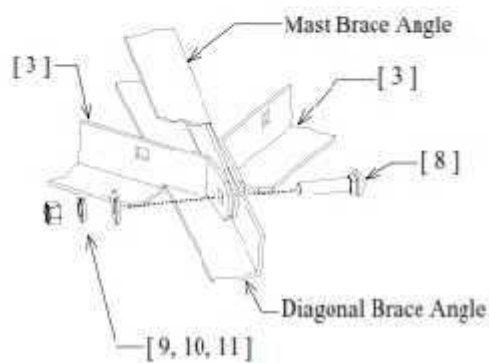


STEP 6:

A) Attach the (4) mast brace angles (item 5) to the mast pipe with 3 / 8" hardware (items 7, 9, 10 & 11). Each brace must attach to the side of the mast pipe opposite its corresponding diagonal brace. Refer figures 1 and 2. Snug only.

**STEP 7:**

- A) Position the (4) inner brace angles (item 3) as shown. Use Step 8 below for reference to the angle orientation.

**STEP 8:**

- A) Attach the inner brace angle (item 3) to the mast brace angle and diagonal base angle with 3 / 8" hardware (items 8, 9, 10 & 11). Note the orientation of the angles.
- B) Tighten all hardware. The suggested torque is 20 ft-lbs dry or 15 ft-lbs lubricated.
- C) Add ballast and then install antenna system. See section 3 for the ballast requirements.

SECTION III**3.0 BALLAST REQUIREMENTS****EXPOSURE:**

1. Exposure B is urban or suburban areas, wooded areas, or other terrain with numerous, closely spaced obstructions having the size of single family dwellings or larger. Obstructions must extend 1500 feet in all directions from the antenna.
2. Exposure C is open terrain with widely scattered obstructions having heights generally less than 30 feet. Includes flat open country and grass lands.

BALLAST:

1. Ballast tables are based on an overturning design with a 1.5 safety factor. Values shown provide sliding resistance to the wind speed shown with a 1.0 safety factor when used with a rubber friction pad (coefficient of friction = .64).
2. Recommended ballast material is concrete cap block, nominal dimensions of 4 x 8 x 16 inches. These blocks will weigh between 25 and 30 lbs each, depending on local variation. Average weight of blocks should be determined for correct ballast amount.
3. Place ballast equally on all frames beginning at opposite corners of each side and working inward. If more than 20 blocks are needed, begin a second layer on top of the first.

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMMTABLE 3.0-1 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 30 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	235	285	385	460	560	710
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	6	7	9	11	13	17
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	160	160	160	160	160	160
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	75	125	225	300	400	550

TABLE 3.0-2 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 50 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	260	335	410	535	610	785
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	6	8	10	12	14	15
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	160	160	160	160	160	160
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	100	175	250	375	450	625

TABLE 3.0-3 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 30 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	335	435	560	685	885	1060
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	8	10	12	16	21	25
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	160	160	160	160	160	160
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	175	275	400	525	725	900

TABLE 3.0-4 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 50 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	410	510	635	810	935	1210
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	10	12	15	19	22	29
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	160	160	160	160	160	160
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	250	350	475	650	775	1050

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMM

TABLE 3.0-5 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 30 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	365	465	615	715	890	1140
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	9	11	15	17	21	27
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	165	165	165	165	165	165
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	200	300	450	550	725	975

TABLE 3.0-6 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 50 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	415	540	690	840	1015	1290
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	10	13	16	20	24	31
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	165	165	165	165	165	165
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	250	375	525	675	850	1125

TABLE 3.0-7 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 30 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	540	740	890	1115	1315	1690
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	13	18	21	26	31	40
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	165	165	165	165	165	165
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	375	575	725	950	1150	1525

TABLE 3.0-8 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 50 FT. ABOVE GROUND

WIND SPEED (M.P.H.)	70	80	90	100	110	125
TOTAL BALLAST (LBS.)	640	840	1065	1290	1515	1990
STATIC ROOF LOAD (LB./FT.2)	15	20	25	31	36	47
ANTENNA & NPMM WT. (LBS.)	165	165	165	165	165	165
NET BALLAST REQUIRED (LBS.)	475	675	900	1125	1350	1825

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMMTABLE 3.0-9 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 9M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	107	179	175	209	254	327
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	29	34	44	54	63	83
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	73	73	73	73	73	73
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	34	57	102	136	181	249

TABLE 3.0-10 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 15M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	118	152	186	243	277	355
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	29	39	45	58	68	92
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	73	73	73	73	73	73
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	45	79	113	170	204	284

TABLE 3.0-11 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 9M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	152	197	251	311	431	491
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	39	49	63	78	102	122
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	73	73	73	73	73	73
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	79	125	181	238	329	408

TABLE 3.0-12 - 1.0M OR SMALLER SHAPED VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 15M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	186	231	283	367	424	549
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	49	58	73	93	107	141
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	73	73	73	73	73	73
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	113	159	210	295	352	476

PRODELIN CORPORATION

4096-349
6-1/2' x 6-1/2' NPMMTABLE 3.0-13 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 9M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	166	211	279	324	404	517
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	44	54	73	83	102	132
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	75	75	75	75	75	75
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	91	136	204	249	329	442

TABLE 3.0-14 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE B - 15M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	188	245	313	381	450	535
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	49	63	78	97	117	151
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	75	75	75	75	75	75
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	113	170	238	306	376	460

TABLE 3.0-15 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 9M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	245	336	404	506	596	767
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	63	88	102	127	151	195
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	75	75	75	75	75	75
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	170	261	329	431	522	692

TABLE 3.0-16 - 1.2M CIRCULAR VSAT ANTENNA
BALLAST REQUIREMENTS - EXPOSURE C - 15M ABOVE GROUND

WIND SPEED (K.P.H.)	113	129	145	161	177	201
TOTAL BALLAST (KG.)	290	381	483	585	687	903
STATIC ROOF LOAD (KG./M ²)	73	97	122	151	175	229
ANTENNA & NPMM WT. (KG.)	75	75	75	75	75	75
NET BALLAST REQUIRED (KG.)	215	306	408	510	612	828

3.1 BALLAST REQUIREMENT INFORMATION

- 3.1-1.** Ballast requirements are provided to assist in determining the applicability of the NPMM for an antenna installation. The ballast data should not be relied upon without competent local professional examination and verification of its accuracy and suitability for a specific site or application.
- 3.1-2.** Specific antenna types may require more strength and ballast requirements and must be investigated for each installation. The load carrying requirements of the supporting surface, the mast, the antenna and the antenna's connection to the mast must also be investigated for each installation.
- 3.1-3.** Roof pads are recommended to prevent damage to roof membranes. Pads should be placed under all ballast and under the mast pipe. When roof pads are utilized, the minimum coefficient of friction between the ballast pans and roof pad or between the roof pads and the supporting surface must be used to calculate the wind speeds resulting in sliding.
- 3.1-4.** When adhesive, sealant or pads are utilized, they must be compatible with the supporting surface. They must also be durable and have adequate strength. Precautions should also be taken to insure that damage to the supporting surface will not occur upon wind loading. Adhesives and sealants must be capable of resisting shear; otherwise, they may act as a lubricant and decrease the effective coefficient of friction between the ballast and the supporting structure.
- 3.1-5.** The installation, roof materials and supporting structure must be capable of withstanding all loads imposed by the antenna system. Supporting structure, anchors and/or safety cables must be sufficient to resist the reactions from the antenna system. The installation must meet all applicable, local, state and federal requirements. ***Due to the many variables involved, Prodelin Corporation does not accept responsibility for verifying the applicability of the NPMM for specific installation.***

ANEXO 3

Hughes VSAT Outdoor Unit (ODU)

HUGHES

Part No.1502122-0221

Description: ASSY,RADIO,ANUBIS-INTL,2W,2M

The HN transceiver is used in the HN® system, which consists of an indoor unit (IDU) connected with an outdoor unit comprising of 2W transmitter and Hughes receiver (LNB part No 15010020-002). The HN transceiver system provides the uplink and downlink capability for the HN VSAT broadband IDU.

The transmitter output and the receiver input are connected to the antenna feedhorn via the TRJA. Two separate IFL cables are used. The first is the TX IFL that carries DC power, the TX signal, and the TX control signals from the IDU to the transmitter. The second is the RX IFL that carries the Rx signals from the receiver to the IDU.



Technical Specifications

Transceiver

Part # HNS 1502122-0221

Transmit

Operating Frequency: 13.75 to 14.5 GHz

Voltage Requirement: 11V to 19Vdc (1.85 A for 2 watt output power)

Receive

Operating Frequency: 10.95 to 12.75 GHz

Voltage Requirement: 10 to 21Vdc (150 mA)

Antenna and IDU Specifications

Antenna: 74cm, 89cm, 98cm, 120cm, 180cm

IDU: HN7000S, HN7700S, HN7740S, HN9200
HN9400, HX50, HX200, HX260

Frequency Range: Ku Band

Operating Temperature: -30° C to +55° C

For additional information, please contact us at marketing@hughes.inwww.hughes.in

HUGHES is a registered trademark of Hughes Network Systems, LLC.
© 2009 Hughes Network Systems, LLC. All rights reserved. All information is subject to change.

VSAT 4011 - RD 2011

HUGHES

Plot No.1, Sector-10, Electronic City, Gurgaon, Haryana India