

Dedicatoria

A mi madre Nancy Marquez, ejemplo de dedicación y lucha, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, y por siempre apoyarme y animarme con palabras sabias.

A mi padre Carlos Ovalles, ejemplo de paciencia y perseverancia, por toda la ayuda prestada en mi desarrollo como persona y en el desarrollo de este tomo.

A mi hermano Carlos David Ovalles, por su amor incondicional y por siempre estar presente.

A mi familia (abuelos, tíos y primos) pues siempre encontré sostén en ellos, sobre todo en los momentos difíciles.

A Joel Arvelo, por su compañía, amor y paciencia, por regalarme siempre una sonrisa en este arduo recorrido.

A mis amigos y compañeros, que de una u otra forma contribuyeron en el alcance de mis metas

Agradecimientos

A mi tutor Mirquel Linares y a Edgar Castro, ambos de la empresa CANTV, por brindarme todas las herramientas, dedicación y el apoyo necesario durante el desarrollo de Este Trabajo.

A la UCAB y a todo su personal, sobre todo a los profesores, por todos los conocimientos compartidos y por brindarnos las herramientas con las cuales nos enfrentaremos al mundo laboral.

Resumen

MEDICIÓN DEL IMPACTO EN LA REINGENIERÍA DEL HUB SATELITAL DVB-RCS EN LOS ENLACES SATELITALES DE LA BANDA KU

CANTV como empresa administradora de los servicios proporcionados por el uso del satélite Simón Bolívar, que funciona bajo la tecnología satelital VSAT, se ha percatado de un gran incremento de requerimientos por parte de los usuarios con respecto a el servicio de Aba satelital. Por esta razón surge la necesidad de llevar a cabo una reingeniería del Hub satelital.

Este proyecto se planteo con la meta de medir el impacto resultante al realizar dicha reingeniería, la cual permitirá incluir más clientes sin afectar la calidad de servicio de quienes ya gozan de internet, gracias a la banda Ku. Para esto se definieron una serie de objetivos, los cuales fueron alcanzados siguiendo una metodología documental y de campo, la cual se dividió en tres fases, iniciando con una investigación documental, que permitió tener los conocimientos necesarios para ejecutar el proyecto, y culminando con el análisis de todos los resultados obtenidos en las pruebas ejecutadas, que permitieron dar solución al problema planteado.

Entre los resultados mas importantes de este proyecto destaca el hecho de que la reingeniería realizada (creación de una segunda cadena del hub), aporta los servicios de Aba satelital a la perfección, garantizando la calidad de servicio al igual que en la cadena uno, e incluyendo algunas mejoras al sistema.

Palabras Claves: Tecnología satelital VSAT, reingeniería, Hub satelital, Aba satelital, calidad de servicio.

Índice General

Dedicatoria	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen	iii
Índice General.....	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tablas	vii
Introducción	1
Capítulo I.....	3
Planteamiento del Proyecto	3
I.1 Planteamiento del Problema.....	3
I.2 Objetivos.....	4
I.2.1 Objetivo General.....	4
I.2.2 Objetivos Específicos	4
I.3 Justificación.....	5
I.4 Limitaciones y alcances.....	6
I.4.1 Limitaciones.....	6
I.4.2 Alcances.....	6
Capítulo II	7
Marco referencial o teórico.....	7
II.1. Historia de los satélites artificiales	7
II.2. Satélites	8
II.2.1 Tipos de Satélites.....	9
II.2.2 Puesta en órbita de un satélite	14
II.2.3 Bandas de Frecuencia	16
II.2.4 Configuración del Sistema de Comunicaciones de un Satélite	19
II.3. Redes VSAT.....	24
II.3.1 Configuración de un sistema VSAT.....	25
II.3.2 Tipos de conexiones VSAT.....	29
II.3.3 Estaciones terrestres de las redes VSAT	29
II.3.4 Aplicaciones de los sistemas VSAT	38
II.4. Estándar DVB-RCS	39
II.5. Servicios satelitales de Internet.....	41

II.6. Satélite Simón Bolívar	43
II.6.1 Características del satélite	44
II.6.2 Carga Útil del satélite	46
II.6.3 Beneficios del Proyecto Satelital	48
Capítulo III.....	51
Metodología	51
III.1 Tipo de Investigación	51
III.2 Diseño de Investigación.....	52
III.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de información	52
III.4 Fases metodológicas	53
III.4.1 Investigación Documental.....	53
III.4.2 Pruebas y Mediciones	53
III.4.3 Análisis de la información obtenida.....	54
Capítulo IV	56
Desarrollo	56
IV.1 Recolección de información	56
IV.2 Pruebas y mediciones	57
IV.2.1 Medición de voltaje.....	58
IV.2.2 Prueba de los módems VSAT	60
IV.2.3 Prueba del comportamiento del servicio.....	63
Capítulo V.....	67
Resultados.....	67
V.1 Resultados de la investigación documental.....	67
V.2 Resultados de la prueba de voltaje	68
V.3 Resultados de los parámetros obtenidos del Menú installer - idu monitoring.....	69
V. 4 Resultados del programa NetPerSec	72
Capitulo VI	75
Conclusiones y Recomendaciones	75
VI.1 Conclusiones.....	75
VI.2 Recomendaciones.....	77
Bibliografía.....	78
Anexos	83

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema de funcionamiento de un satélite pasivo.	10
Figura 2 Apogeo y Perigeo de una trayectoria orbital celeste.	11
Figura 3 Satélite Geoestacionario.	12
Figura 4 Órbita Polar.....	12
Figura 5 Ejemplo de enlaces intersatelitales.	13
Figura 6 Típica red VSAT.....	25
Figura 7 Uplink y Downlink	26
Figura 8 Configuración en estrella con Hub.	28
Figura 9 Red VSAT en malla.....	28
Figura 10 Diagrama de bloques de una estación terrestre.....	30
Figura 11 Fotografía de una ODU de una estación VSAT.	31
Figura 12 Vista frontal de una IDU.	32
Figura 13 Diagrama de un LNB.....	33
Figura 14 Subsistemas del hub.....	35
Figura 15 Ángulos de vista (Azimut y ángulo de elevación).....	38
Figura 16 Arquitectura Unidireccional.	41
Figura 17 Arquitectura bidireccional	42
Figura 18 Lanzamiento del satélite Simón Bolívar	44
Figura 19 Órbita del satélite VENESAT-1	45
Figura 20 Satélite VENESAT-1.....	47
Figura 21 Cobertura satélite VENESAT-1	48
Figura 22 Voltaje de Tx en el modem de la primera cadena	58
Figura 23 Voltaje de Rx en el modem de la primera cadena	59
Figura 24 Voltaje de Tx en el modem de la segunda cadena.....	59
Figura 25 Voltaje de Rx en el modem de la segunda cadena.....	60
Figura 26 Pantalla de inicio en la interfaz del modem.....	61
Figura 27 Installer Menu (cadena 2)	62
Figura 28 <i>Installer Menu</i> (cadena 1).....	63
Figura 29 Primera prueba del modem de la primera cadena en bps	64
Figura 30 Segunda prueba del modem de la primera cadena en bps	65
Figura 31 Primera prueba del modem de la segunda cadena en bps.....	65
Figura 32 Segunda prueba del modem de la segunda cadena en bps.....	66

Índice de Tablas

Tabla 1 Bandas de frecuencias satelitales	19
Tabla 2 Voltaje de los modems de ambas cadenas en transmisión y recepción	68
Tabla 3 Diferencia de parámetros obtenidos del Menú installer de cada modem	70
Tabla 4 Diferencia de parámetros de configuración entre los modems	72
Tabla 5 Velocidad teórica y practica entregada por el modem	73

Introducción

El área de las telecomunicaciones ha llegado a formar parte muy importante en el día a día de los seres humanos a nivel mundial, ya que año tras año se evidencia el incremento de la necesidad que estos tienen por comunicarse, esto ha traído como consecuencia que se realicen grandes cantidades de avances tecnológicos en las últimas décadas, desarrollándose distintos dispositivos y diseñando diversos aparatos para lograr satisfacer en una manera cada vez más eficiente dicha necesidad.

Entre los avances tecnológicos encontramos a los satélites artificiales, que son objetos fabricados por seres humanos para ser puestos en órbita mediante un vehículo de lanzamiento o cohete, con una velocidad específica que los logre mantener en el espacio.

Venezuela aborda la tecnología satelital con el lanzamiento del satélite Simón Bolívar, que tiene como misión cubrir todas las necesidades nacionales que tengan que ver con telefonía, transmisión de información, acceso y transmisión de mensajes por Internet, sobre todo en aquellas áreas que se encuentran apartadas y el servicio de telecomunicaciones es escaso o nulo.

Uno de los servicios aportados por el satélite es el Aba satelital, que tiene como principal objetivo cubrir sectores tan importantes como lo son la educación y la salud. Cubrir estos sectores amerita incluir una gran cantidad de usuarios, que sobre pasan la capacidad de la primera cadena del Hub que es para 3000 clientes, por esta razón se lleva a cabo la reingeniería del Hub, con la cual se creo una segunda cadena que permitirá incluir 3000 clientes mas.

Con el propósito de que CANTV pueda brindar un buen servicio de internet, es necesario medir el impacto de la reingeniería, lo que nos permitirá conocer

mediante mediciones y pruebas si la segunda cadena funciona de manera correcta (garantizándole a los clientes calidad de servicio) y si trae consigo alguna mejora ante la primera cadena.

A continuación se presentan todos los procesos involucrados en la realización de este trabajo, comenzando con un primer capítulo que contiene el planteamiento del problema, los objetivos que se debieron cumplir, la justificación del proyecto, las limitaciones y alcances a tomar en cuenta. Luego se encuentra la investigación documental, la metodología llevada a cabo para cumplir con los objetivos planteados, el desarrollo y resultados obtenidos con sus respectivos análisis, y para finalizar las conclusiones y recomendaciones que surgen al culminar con éxito el proyecto.

Capítulo I

Planteamiento del Proyecto

En este capítulo se presenta la justificación y planteamiento del problema, donde se explica la razón por la cual se llevó a cabo este proyecto. También se presentan los objetivos, que son las metas que se debieron cumplir para culminar el trabajo especial de grado, y los alcances y limitaciones que se debieron tomar en cuenta durante el desarrollo del mismo.

I.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad la necesidad de comunicación en la población venezolana, está en constante crecimiento, sobre todo en aquellos lugares que se hallan distantes a las ciudades principales y donde no se han desarrollado proyectos por parte de empresas especializadas en telecomunicaciones comerciales. Por esta y otras razones Venezuela irrumpe en la tecnología satelital realizando el lanzamiento del satélite “Simón Bolívar”, cuyo principal objetivo es cubrir todas aquellas necesidades nacionales que tienen que ver con telefonía, transmisión de información, acceso y transmisión de mensajes vía Internet.

La institución encargada de operar el satélite “Simón Bolívar” es la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), mientras que CANTV, como ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias, se encarga de administrar los diversos servicios aportados por el Satélite.

Debido al incremento constante de clientes, CANTV debió llevar a cabo una reingeniería al hub satelital (creación de una segunda cadena), con la finalidad de incluir mas usuarios al sistema. Es por esto que surgió la necesidad de comprobar si dicha cadena brinda calidad de servicio y si presenta mejoras ante la primera cadena.

El propósito de este trabajo es determinar el impacto de la reingeniería del hub satelital DVB RCS en los enlaces satelitales de la banda Ku, haciendo distintas mediciones en el laboratorio de CANTV (Caracas).

La realización de este proyecto es de suma importancia, ya que por medio de las mediciones antes mencionadas, se logrará la optimización de los servicios prestados para los usuarios actuales y para los usuarios futuros.

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo General

Medir el impacto en la reingeniería del Hub Satelital DVB-RCS en los enlaces satelitales de la banda Ku.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar la investigación teórica acerca de la conformación y funcionamiento de los sistemas y enlaces satelitales, con el fin de familiarizarnos con términos y definiciones que serán necesarias en el desarrollo del trabajo especial de grado.
- Indagar las bandas en las que opera el satélite “Simón Bolívar”, de manera específica la banda Ku, por ser la de importancia para este trabajo, debido a que es la responsable de prestar los servicios de internet a los usuarios.

- Investigar en que consiste la tecnología satelital VSAT y como están configuradas. Poner en claro el concepto del Hub satelital, los equipos que lo componen y qué función cumple cada uno dentro del sistema.
- Realizar las mediciones de distintos parámetros en un modem VSAT perteneciente a la primera cadena del Hub y un modem VSAT perteneciente a la segunda cadena, con la finalidad de hacer comparaciones en el funcionamiento de ambos.
- Hacer uso del programa NetPerSec para realizar mediciones del comportamiento del servicio de internet en el enlace de bajada (ancho de banda y velocidad) en dos modems, un modem de la cadena uno del Hub y otro modem de la cadena dos del Hub.

I.3 Justificación

Actualmente la plataforma satelital presenta capacidad para 3000 clientes en la primera cadena del Hub, esto en banda Ku (banda utilizada para prestar servicios de internet), y debido a que tanto el Ancho de Banda como la vida útil del satélite son limitadas (siendo la última de 15 años), se realizó la reingeniería de hub satelital.

CANTV espera alcanzar una capacidad de 15.000 usuarios con el fin de satisfacer la creciente demanda que presenta los clientes en servicios de navegación, y lograr prestar estos servicios a la mayor cantidad posible de venezolanos que se encuentran en lugares remotos. Para esto se necesita llevar a cabo la reingeniería, donde cada cadena del Hub satelital puede prestar servicio optimo a 3000 clientes, es decir para llegar a la meta se deben hacer 5 cadenas de Hub.

Con la reingeniería se lograra aprovechar de una manera eficiente los años que le restan al satélite, de no realizarse la misma se saturaría el enlace, se perdería calidad de servicio y no se podrían sumar nuevos clientes.

I.4 Limitaciones y alcances

I.4.1 Limitaciones

- El tiempo del desarrollo del trabajo especial de grado, para realizar todas las actividades pautadas.
- El tiempo disponible de la empresa y del tutor.
- Limitaciones climatológicas para las mediciones en banda Ku, debido a que las señales pueden ser afectadas por la absorción por lluvia.
- Disponibilidad del personal y equipos del laboratorio para realizar las distintas pruebas y mediciones.

I.4.2 Alcances

- Se comprobará la estabilidad de los servicios satelitales haciendo uso de dos modems que corresponden a las dos cadenas del hub existentes actualmente, y se realizarán todas las pruebas necesarias para comprobar el impacto de la reingeniería en los componentes de la VSAT.
- Para llevar a cabo las pruebas se usaran modems satelitales y el programa NetPersec
- Este trabajo Especial de Grado no incluirá configuración de equipos del Hub, así como tampoco se trabajará con los componentes internos del mismo.

Capítulo II

Marco referencial o teórico

El siguiente capítulo reflejara toda la investigación teórica realizada y todos los conocimientos adquiridos, los cuales son necesarios para continuar con las siguientes etapas del proyecto. Todos estos aspectos servirán como soporte de la investigación.

II.1. Historia de los satélites artificiales

Los satélites artificiales nacieron durante la guerra fría, entre los Estados Unidos y La Unión Soviética, que pretendían ambos llegar a la luna y a su vez lanzar un satélite a la órbita espacial (Sarchi, 2011).

El mundo cobro conciencia del primer éxito espacial soviético el 4 de Octubre de 1957, cuando las emisoras de radio retransmitieron los pitidos del primer satélite Sputnik (Priestland, 2010), una esfera de 84kilos, giraba alrededor de la Tierra en una órbita elíptica de 200km de perigeo y 800km de apogeo (Figueiras, 2002). Poco tiempo despues le seguiria Estados Unidos con su Explorer I el 1 de Enero de 1958. Ninguno de estos cohetes transportaban satelites de comunicaciones (Black, 1987).

Luego vendrían más triunfos para la Unión Soviética, casi inmediatamente el primer viaje al espacio de un animal (La perra Laika) y tres años y medio después, el 12 de abril de 1961, algo mucho más impresionante, el primer viaje espacial tripulado por un ser humano, el piloto Iuri Gagarín (Priestland, 2010), a bordo del satellite Vostok, se convertia en el primer cosmonauta de la historia, seguido a penas un mes

después por el norteamericano Alain Shepard a bordo de la capsula Freedom (Figueiras, 2002). Por su parte el Ejército de los Estados Unidos tiene también en su haber el lanzamiento del primer satélite de comunicaciones (SCORE) que data del 18 de Diciembre de 1958 (Black, 1987).

El 29 de Noviembre de 1970, CANTV se incorpora al mundo de las telecomunicaciones satelitales con la puesta en funcionamiento la Estación Terrena Satelital “Andrés Bello”, ubicada en Camatagua, Estado Aragua, y desde entonces los servicios satelitales forman parte importante de la red de telecomunicaciones operada por la empresa (Alcaíno, 2011).

El 29 de Octubre 2008. El satélite venezolano, Simón Bolívar, conocido internacionalmente con las siglas Venesat-1, fue lanzado al espacio a las 12:24 del mediodía (hora de Venezuela), desde el Centro de Satélites de Xichang, ubicado en el suroeste de China (Prensa Web YVKE, 2008).

II.2. Satélites

Los satélites de comunicación constituyen relevos espaciales que devuelven ondas emitidas por una estación terrestre y permiten su retransmisión a grandes distancias.

En la Conferencia Administrativa Mundial de Telecomunicaciones Espaciales (CAMTE) celebrada en Suiza en 1971 se definió al satélite como “un cuerpo que gira alrededor de otro cuerpo de masa preponderante y cuyo movimiento está principalmente determinado de modo permanente por la fuerza de atracción de este último” (Archila, Expósito, & Fiore, 1997).

En esencia, un satélite de comunicaciones es una repetidora de microondas en el cielo, formada por una diversa combinación de uno o más de los siguientes dispositivos: receptor, transmisor, regenerador, filtro, computadora de a bordo, multiplexor, demultiplexor, antena, guía de onda y casi cualquier otro circuito de comunicaciones electrónicas que se haya desarrollado (Tomasí, 2003).

Para (Gaetano, 2009) debemos definir al satélite de comunicaciones como "un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, que recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra". Es decir es un centro de comunicaciones que procesa datos recibidos desde nuestro planeta y los envía de regreso, bien al punto que envió la señal, bien a otro distinto. Los satélites pueden manipular datos, complementándolos con información del espacio exterior, o pueden servir sólo como un espejo que rebota la señal.

II.2.1 Tipos de Satélites

Los satélites tienen una gran división que los agrupa en naturales y artificiales. En el primer grupo, por ejemplo, está la Luna. En el segundo grupo se encuentran todos aquellos satélites en los que el hombre ha intervenido para su creación (Archila, Expósito, & Fiore, 1997).

II.2.1.1 Según sus características

Los satélites pueden ser pasivos y activos:

Los pasivos son únicamente reflectores de las señales que le llegan desde la tierra y la reflejan a otro punto de ella por ejemplo los satélites de televisión y comunicaciones (Sánchez & Fernández , 2004).

Los satélites activos realizan emisiones propias de luz en pulsos de alta intensidad y duración corta, pueden usar repetidores de microondas, así como transmisiones radioeléctricas con diversas modulaciones para observar los tiempos de transmisión, sensores remotos, etc. (Delgado , 2009). Este tipo de satelites son un poco mas costosos, sin embargo los costos se aligeran porque en las estaciones terrenas ya no se hacen necesarios equipos emisores de tanta potencia, ni equipos y antenas receptoras tan sensibles que, por lo general, requieren de grandes inversiones (Archila, Expósito, & Fiore, 1997).

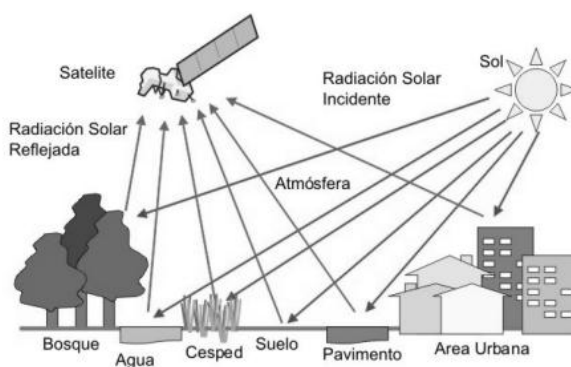


Figura 1 Esquema de funcionamiento de un satélite pasivo.

Fuente: (Delgado , 2009)

II.2.1.2 Según la órbita descrita

Se clasifican en satélites de traslación, polar, geoestacionarios y de órbita baja.

Los satélites de traslación trazan una órbita elíptica alrededor de la tierra. El punto en el que se encuentran más alejados de la tierra se conoce con el nombre de apogeo y en el que están más cercanos a esta se conoce como perigeo. Los satélites de traslación no son síncronos, es decir, no se mueven a la misma velocidad de rotación de la tierra sino a una mayor. Tardan aproximadamente doce horas en completar una órbita. Las antenas receptoras de las estaciones terrenas deben por lo tanto cambiar su

dirección constantemente para poder seguir el recorrido del satélite (Archila, Expósito, & Fiore, 1997).

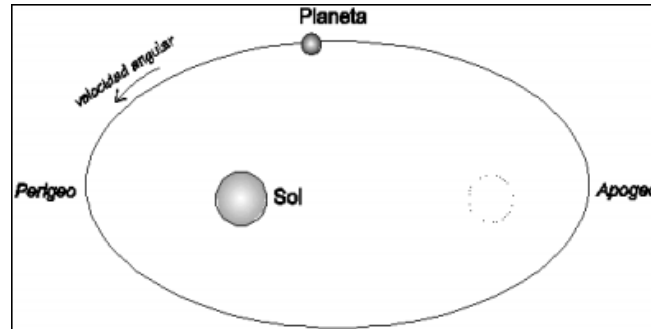


Figura 2 Apogeo y Perigeo de una trayectoria orbital celeste.

Fuente: (Gaetano, 2009)

En el caso de los satélites geoestacionarios, el trayecto de ida y vuelta de las señales, desde que salen de la Tierra hasta que regresan a ella, es aproximadamente de 72 000km, lo cual las atenúa de manera drástica, y solo es posible detectarlas y utilizarlas con unidades de transmisión muy potentes, antenas de alta ganancia y dispositivos de recepción muy sensibles (Neri, 2003). Los satélites geoestacionarios describen una órbita circular cuyo centro se encuentra en la tierra. También se les conoce con el nombre de satélites sincrónicos, pues se mueven a la misma velocidad de rotación de la tierra, tardan 24 horas en completar una órbita.

Se les llama geoestacionario porque aparentan estar siempre fijos en el mismo punto. Las antenas receptoras pueden permanecer fijas sin necesidad de modificar su dirección (Archila, Expósito, & Fiore, 1997).

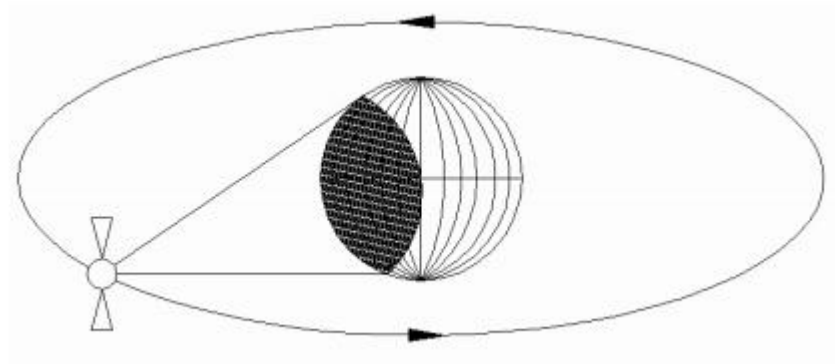


Figura 3 Satélite Geoestacionario.

Fuente: (Barba & Chafila, 2006)

La órbita polar de un satélite se consigue lanzando los satélites aproximadamente a 90 grados del ecuador. Estos satélites orbitan circularmente entre ambos polos terrestres barriendo una amplia zona terrestre (Algunos satélites meteorológicos tienen este tipo de órbita). Son los más utilizados para aplicaciones que impliquen observación de un área del planeta (Sánchez & Fernández , 2004).

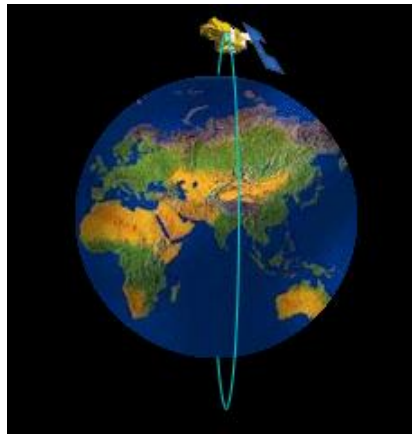


Figura 4 Órbita Polar.

Fuente: Imagen tomada de

<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad3/orbitas.htm>, consultado el 10/02/2012

Las ventajas de los satelites de orbitas bajas y la creciente cogestion de la orbita geostacionaria han traído como consecuencia el desarrollo de las redes o constelaciones de satelites LEO. La desventaja de un solo satelite LEO (duración limitada del tiempo de comunicación y cobertura relativamente pequeña) se pueden eliminar usando una constelación que contenga un gran numero de satélites de orbita baja, conectados entre sí con enlaces intersatelitales y equipados con un medio de conmutacion entre ellos (Neri, 2003).

Los satélites LEO (Low Earth Orbit, que significa órbitas bajas), orbitan la Tierra a una distancia de 160-2000 km y su velocidad les permite dar una vuelta al mundo en 90 minutos. Se usan para proporcionar datos geológicos sobre movimiento de placas terrestres y para la industria de la telefonía satélite (Gaetano, 2009).

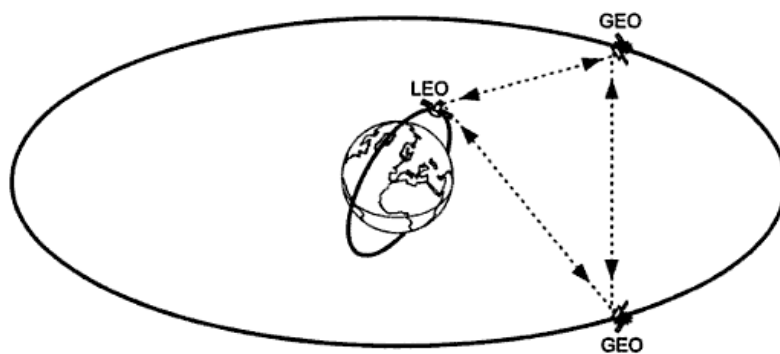


Figura 5 Ejemplo de enlaces intersatelitales.

Fuente: (Neri, 2003)

II.2.1.3 Según su función

Satélites de observación: Diseñados para la recolección, procesamiento y transmisión de datos de y hacia la Tierra (Sarchi, 2011).

Satélites de telecomunicación: Contribuyen a la transmisión de datos entre usuarios, imágenes, conversaciones telefónicas e incluso pueden transmitir programas de televisión que no podrían ser captados sino con equipos que por lo costoso solo podrían ser adquiridos por organizaciones televisivas (Archila, Expósito, & Fiore, 1997).

Satélites de comunicación: Usados para la transmisión, distribución y diseminación de la información desde diversas ubicaciones en la Tierra a otras distintas posiciones (Sarchi, 2011).

II.2.2 Puesta en órbita de un satélite

Antes de disponer de un satélite operando en su posición y orientación correctas son precisas numerosas y complicadas operaciones, algunas críticas, tanto a lo largo del lanzamiento como durante el resto de las maniobras de colocación (García, 1989).

Un satélite gira alrededor de la Tierra en una trayectoria circular o elíptica (Sarchi, 2011). La descripción matemática de la órbita de un satélite y la localización del mismo con relación a la superficie terrestre en cualquier instante son temas correspondientes a un área muy especializada, denominada dinámica orbital (Neri, 2003).

En realidad, el agrandamiento ecuatorial de la Tierra y las fuerzas perturbadoras externas producen desviaciones del movimiento ideal del satélite. Sin embargo, y por fortuna, se pueden calcular y compensar las desviaciones principales. Los satélites con órbita cercana a la Tierra quedan afectados por la resistencia atmosférica y por el campo magnético terrestre. Sin embargo, para los satélites más

alejados, las principales fuerzas perturbadoras son los campos gravitacionales del Sol y la Luna (Tomasí, 2003).

II.2.2.1 Altura del satélite

En órbita circular, la altura es sólo la distancia del satélite a la Tierra. Sin embargo, en cálculos geométricos, la altura en realidad es la distancia entre el centro de la Tierra y el satélite. Cuando el satélite está en órbita elíptica, el centro de la Tierra es uno de los puntos focales de la elipse. En este caso, la distancia del satélite a la Tierra varía según su posición (Sarchi, 2011).

La vida de un satélite de baja altura tiene una duración muy limitada, por lo que hay que imprimirle al inicio una velocidad muy grande (Allègre, 2005).

II.2.2.2 Velocidad de un satélite

Según (Allègre, 2005) para poner en órbita a un satélite hay que llevarlo a una cierta altura mediante un cohete; después, a la altura elegida, hay que impulsarlo dándole una velocidad paralela a la superficie de la Tierra. A partir de este momento, si la velocidad es adecuada, la atracción gravitacional de la Tierra ejercerá sobre el satélite una fuerza que le mantendrá en órbita en torno a nuestro planeta.

En una órbita circular, la velocidad de rotación es constante; sin embargo en órbitas elípticas la velocidad depende de la altura del satélite sobre la Tierra. Es mayor cuando el satélite esta cerca de la Tierra que cuando está más lejos (Tomasí, 2003).

II.2.2.3 Periodo de un satélite

De acuerdo con la ley de Kepler, el periodo orbital de un satélite varía según el radio de la órbita a la $3/2$ potencia. Entre más alto esté el satélite, más largo es el periodo. Cerca de la superficie de la Tierra, el periodo es de aproximadamente 90 minutos. El periodo de un satélite es importante, aunque no es el único punto para determinar dónde colocarlo (Tanenbaum, 2003).

II.2.2.4 Ángulo de inclinación

Según (Tomasí, 2003) es el ángulo que forma el plano ecuatorial terrestre con el plano orbital de un satélite, medido en dirección de las manecillas del reloj, en el punto de la órbita donde cruza el plano ecuatorial yendo de sur a norte. Los ángulos de inclinación varían de 0 a 180° .

II.2.2.5 Ángulo de elevación

El ángulo de elevación de un satélite es el que aparece entre la línea de la antena de la estación terrena del satélite y el horizonte de la Tierra en ese lugar. Esta es una referencia utilizada para indicar la posición del satélite con respecto a un punto geográfico específico y se usa principalmente para apuntar las antenas directamente al satélite (Sarchi, 2011).

II.2.3 Bandas de Frecuencia

Las frecuencias que se utilizan en la radiodifusión vía satélite están en la zona de las microondas dentro del espectro electromagnético. La ventaja de utilizar una banda de frecuencias tan elevada, es que se puede enviar información mucho más rápido que a frecuencias más bajas (Martín, 2010).

La ITU ha asignado bandas de frecuencia específicas a los usuarios de los satélites. La banda C fue la primera que se destino al tráfico comercial por satélite (Tanenbaum, 2003), debido principalmente a sus características favorables de propagación (Pérez & Zamanillo, 2003).

Para el envío de señales desde el emisor terrenal al satélite, se utilizan un rango de frecuencias denominado enlace ascendente (*uplink*), y para el retorno desde el satélite al dispositivo receptor, para el mismo tipo de comunicación se usa un rango de frecuencias diferente, enlace descendente (*downlink*) (Martín, 2010).

Normalmente los satélites comerciales funcionan en tres bandas principales de frecuencias, estas son: Banda C, Banda Ku y la Banda Ka.

La banda C tiene dos intervalos de frecuencia, el más bajo para el tráfico de enlaces descendente y el superior para tráfico de enlaces ascendente. Para una conexión dúplex se requiere un canal en cada sentido. Estas bandas ya están saturadas debido a que las empresas portadoras también las usan para los enlaces de microondas terrestres (Huidobro J. M., 2000). En esta frecuencias la atenuación a causa de la lluvia es pequeña, y la tecnología esta ya asentada y perfeccionada (García, 1989).

La siguiente banda es la banda Ku. Esta banda no está saturada y a estas frecuencias es posible espaciar los satélites a cerca de un grado. No obstante, hay otro problema: la lluvia. El agua es un gran absorbente de estas microondas cortas. La buena noticia es que por lo general las tormentas se confinan a sitios específicos, por lo que el problema se soluciona con la instalación de varias estaciones terrestres con suficiente separación en vez de una sola, al costo de más antenas, cables y aparatos electrónicos que permitan pasar rápidamente de una estación a otra (Tanenbaum,

2003). Esta banda sera la de mayor interes en el desarrollo de este trabajo especial de grado.

Las ventajas de la banda Ka son el amplio espectro de ubicaciones disponible y que las longitudes de onda transportan grandes cantidades de datos. Sus inconvenientes es que son necesarios transmisores muy potentes y presenta sensibilidad a interferencias ambientales (Sarchi, 2011).

La banda C exige antenas superiores que las de la Banda Ku. La Banda C es más confiable bajo condiciones adversas, principalmente lluvia fuerte y granizo ante la banda Ku, pero están más congestionadas y son más vulnerables hacia interferencia terrestre (García, 1989).

En la banda Ku las pérdidas de propagación son mayores que en la banda C, por lo que la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE), debe ser mayor para conseguir la misma calidad de señal que en la banda C, y es necesario emplear antenas de mayor ganancia a bordo del satélite, lo que se facilita gracias a la mayor frecuencia de la banda Ku (Pérez & Zamanillo, 2003). La banda Ku está siendo utilizada para difusión satelital, así como para conexiones a Internet, y en algunos casos para canales de retorno (Sarchi, 2011).

Banda	Enlace descendente	Enlace ascendente	Ancho de banda	Características
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Las más utilizada Problemas de interferencia con enlaces de microondas terrestres, debido a la alta potencia de las estaciones terrenas
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Antenas de recepción terrenas más pequeñas y económicas Problemas de atenuación de la señal por lluvias
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Pocos equipos implementados Problemas de atenuación de la señal por lluvias

Tabla 1 Bandas de frecuencias satelitales

Fuente: (Albornoz & Pérez, 2008)

II.2.4 Configuración del Sistema de Comunicaciones de un Satélite

El sistema satelital puede ser definido como un sistema repetidor activo que tiene la capacidad de recibir, regenerar y retransmitir información, mediante un dispositivo receptor-transmisor denominado transponder. Estos proveen una amplia cobertura, permitiendo acceder a lugares remotos (Silva, 2011). Un sistema satelital consiste en uno o más vehículos espaciales, una estación en la tierra para controlar el funcionamiento del sistema y una red de estaciones usuarias en la Tierra que proporcionan las instalaciones de interfaz para transmitir y recibir el tráfico de comunicaciones terrestres a través del sistema satelital (Tomasí, 2003).

II.2.4.1 Plataforma

Es una estructura encargada de orientar en la dirección correcta, proteger, suministrar energía a la carga útil del satélite, para que esta pueda realizar correctamente sus funciones. Para lograr esto, la plataforma posee los siguientes elementos conocidos como subsistemas (Alcaíno, 2011).

II.2.4.1.1 Subsistema de Comunicación

- Antenas

Estas quizás conformen el subsistema mas importante del satellite, ya que conjuntamente con los transponders se encargan del verdadero proposito de un satellite, como es el de la retransmision de la señal o señales deseadas (Rodrigues, 1995).

Las antenas satelitales proyectan patrones de cobertura a celdas muy bien definidas, haciendo posible el reuso de frecuencias o multiplexores digitales, que permiten dar acceso simultáneo a cientos de usuarios en un simple transponder (Lara, 2002).

Las antenas estan compuestas por dos partes principales: el reflector y el alimentador, tambien llamado el elemento activo. El alimentador es el que recibe la señal del transmisor a través de la guia de onda e irradia las ondas electromagneticas hacia el reflector que las concentra formando el haz. El reflector tiene la forma de un plato cuya curvatura está dada por una ecuacion de segundo grado que recibe el nombre de parábola (Castro & Jorge, 1999).

En un satélite común, podemos encontrar hasta más de 10 antenas para múltiples propósitos; así, tenemos antenas para banda C (6 GHz de transmisión y 4 GHz de recepción) y antenas para banda Ku (14 GHz de transmisión y 11GHz de recepción) (Rodrigues, 1995).

-Transponders

Una radio repetidora satelital se llama transpondedor, y un satélite puede tener muchos de ellos (Tomasí, 2003). Los *transponders* “escuchan” una porción del espectro de frecuencia en busca de información proveniente de una estación terrena, amplifican la señal que reciben y la difunden en otra frecuencia, con destino generalmente a una o varias estaciones terrenas (Phillips, 1998).

Un *transponder*, es un dispositivo repetidor dado que las señales son repetidas o retransmitidas por éste hacia la Tierra. El término surge de la fusión de las palabras *Transmitter* (Transmisor) y *Responder* (Contestador/Respondedor). Un típico *transponder* satelital consta de un filtro pasa-banda o BPF, un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un convertidor de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida (Hernández, 2011).

Una estación satelital típica divide su ancho de banda de 500Mhz en una docena de *transponders*, cada uno de los cuales maneja un ancho de banda de 36 Mhz (Phillips, 1998).

II.2.4.1.2 Subsistema de propulsión

Compuesto por múltiples motores o impulsores de bajo empuje, que sirven al satélite para realizar pequeñas correcciones y cambios de velocidad para controlar su

orientación en el espacio y proporcionar el control adecuado de los parámetros de la órbita (Alcaíno, 2011).

II.2.4.1.3 Subsistema de Telemetría y Control

-Telemetría

En general, el subsistemas de telemetría de un satélite, consiste de varios sensores y transductores, el transmisor, el codificador y la antena de la telemetría. Varios sensores como los de horizonte y luz solar, son usados para tomar información sobre la actitud del satélite en relación a otros cuerpos celestes. Transductores especiales registran mediciones de diversos parámetros en el satélite como temperatura, voltajes de alimentación y nivel de presión de combustible. Toda esta información en forma digital, es codificada para su transmisión (Rodrigues, 1995).

Una de las aplicaciones más útiles, actualmente, de la telemetría satelital es el Sistema de Posicionamiento Global o GPS (por sus siglas en inglés), el cual permite saber la posición de un objeto, persona, vehículo o nave, con una precisión hasta de centímetros. Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, de tal modo que mide la distancia al satélite mediante "triangulación" (Hernández, 2011).

-Comando

Este subsistema, consiste en el comando de las antenas receptora, el receptor de comandos, el decodificador y varios amplificadores que distribuyen la señal de

forma apropiada para la ejecución de las tareas. Un alto grado de redundancia se necesita para asegurar una larga vida de operación. El receptor de comandos recibe y demodula estos comandos desde la tierra, que en muchos casos, y por razones de seguridad vienen codificados, convirtiendo estos en los pulsos apropiados para operar los manejadores del sistema (Rodrigues, 1995).

II.2.4.1.4 Subsistema de potencia

Es la estructura responsable de suministrar energía a los sistemas del satélite. La fuente primaria de energía la constituyen las celdas solares mientras que las baterías se encargan de el suministro de energía secundario (Alcaíno, 2011).

II.2.4.2 Carga Útil

La carga util (payload) del satellite consiste en varios repetidores, conocidos como transpondedores (*transponders*), montados en una plataforma llamada bus, que contiene celdas solares para sistemas de energia, telemetria y control, y pequeños propulsores que se utilizan para ajustar un poco la orbita (Blake, 2004).

La transmisiones de y hacia los satélites se clasifican como de bus y de carga útil. En el bus se incluyen los mecanismos de control que respaldan la operación de carga útil. La carga útil es la información real de usuarios que pasa por el sistema (Tomasí, 2003).

Por carga útil se entiende el conjunto de elementos dedicados directamente a realizar la misión del satélite. Es el subsistema fundamental desde el punto de vista de la utilización del satélite (García, 1989).

II.3. Redes VSAT

Para la transmisión de datos vía satélite se han creado estaciones de emisión-recepción de bajo coste llamadas VSAT (*Very Small Apertura Terminal*). Una estación VSAT típica tiene una antena (Gaetano, 2009), a la cual se conectan, vía satélites, terminales de muy pequeña apertura (Terminales VSAT) (Abad & Beguiristai, 2008). Normalmente las estaciones VSAT no tienen potencia suficiente para comunicarse entre sí a través del satélite (VSAT - satélite - VSAT), por lo que se suele utilizar una estación en tierra llamada hub que actúa como repetidor. De esta forma, la comunicación ocurre con dos saltos tierra-aire (VSAT- satélite - hub - satélite - VSAT). Un solo hub puede dar servicio a múltiples comunicaciones VSAT (Gaetano, 2009).

Es decir, los grandes satélites de comunicaciones se emplean para telecomunicaciones bidireccionales por medio de los sistemas VSAT. El uso de este sistema ha permitido la comunicación muy rápida con nuevas ubicaciones. Los sistemas VSAT se han utilizado y continúan en uso para la provisión de servicios de telecomunicaciones en áreas de difícil acceso, para sistemas de vigilancia y tele - vigilancia (acueductos, oleoductos, niveles de ríos) sistemas de telepuertos de baja y media capacidad, etc. (Abad & Beguiristai, 2008).



Figura 6 Típica red VSAT.

Fuente: (Abad & Beguiristai, 2008)

La principal característica y ventaja de una estación terrestre de VSAT sobre una conexión de red terrestre típica, es que las VSAT no están limitadas por el alcance del cableado subterráneo. Una estación terrestre de VSAT puede instalarse en cualquier parte. Existe otro tipo de ventajas relacionadas con el bajo costo de operación, la mayor facilidad de expansión de la red y sobre la instalación en lugares donde es difícil llegar con instalaciones de cable (Sarchi, 2011).

II.3.1 Configuración de un sistema VSAT

Un sistema VSAT se configura en un segmento terreno (conjunto de estaciones de transmisión/recepción de los usuarios del sistema, a través de los cuales se accede al satélite) y uno espacial (conjunto de elementos en órbita y estaciones de seguimiento y control situadas en la Tierra), pudiendo ser clasificados según la topología de la red que se constituya y según el tipo de servicios que se preste (Huidobro, 2006)

Las VSAT son conectadas por enlaces uplink o enlaces de radiofrecuencia vía satélite desde la estación al satélite y enlaces downlink o enlaces desde el satélite a la estación. El enlace global de una estación a otra, llamado hop (salto), consiste de un uplink y de un downlink (Sarchi, 2011).

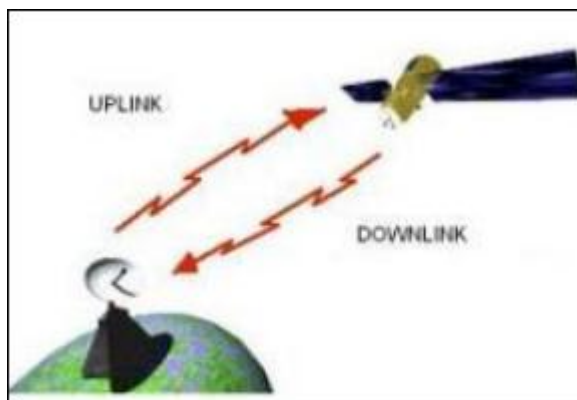


Figura 7 Uplink y Downlink

Fuente: (Sarchi, 2011)

El satélite básicamente, recibe las portadoras del enlace *uplink* desde las estaciones terrenas transmisoras que están dentro del campo de vista de su antena receptora, las amplifica, cambia su frecuencia a una banda mas baja para evitar una posible interferencia de entrada/salida, y las transmite amplificadas a las estaciones localizadas dentro del campo de vista de su antena transmisora (Barba & Chafla, 2006). Las redes VSAT usan satélites geoestacionarios, que son aquellos que orbitan en el plano ecuatorial a una altitud sobre la superficie de la tierra de 35786 metros. Como el satélite se mueve en su órbita en la misma dirección que el giro de la tierra, éste aparece para cualquier estación terrestre como un punto fijo en el cielo (Pardo, 2010).

Debe notarse que la distancia de una estación terrena al satélite geoestacionario induce una atenuación en la potencia de la portadora de radiofrecuencia, típicamente de 200dB en los enlaces, *uplink* y *downlink*; y un

retardo de propagación entre estaciones terrenas (*hop delay*) de aproximadamente 0.25 segundos (Barba & Chafla, 2006).

El satélite puede usarse las 24 horas del día como un relay permanente de portadoras de radiofrecuencia del enlace uplink, debido a su aparente posición fija en el cielo. Estas portadoras son enviadas por el enlace downlink a todas las estaciones terrenas visibles desde el satélite (Sarchi, 2011).

II.3.1.1 Configuración en estrella

La configuración en estrella es habitual, y en ella la emisión hacia el satélite se hace por una antena de dimensión mucho más grande que la de los receptores; la estación principal se denomina maestra (HUB) y puede servir de enlace (dos saltos) para la comunicación entre estaciones secundarias (Huidobro J. M., 2000). La estación hub tiene una antena más grande que la de una VSAT, generalmente de 4 a 11 metros, resultando esto en una mayor ganancia. Además, está provista con un transmisor más potente (Pardo, 2010).

Como resultado de su capacidad mejorada, la estación hub puede recibir adecuadamente todas las portadoras transmitidas por las VSAT, y transmitir la información deseada a todas las VSAT por medio de sus propias portadoras (Barba & Chafla, 2006).

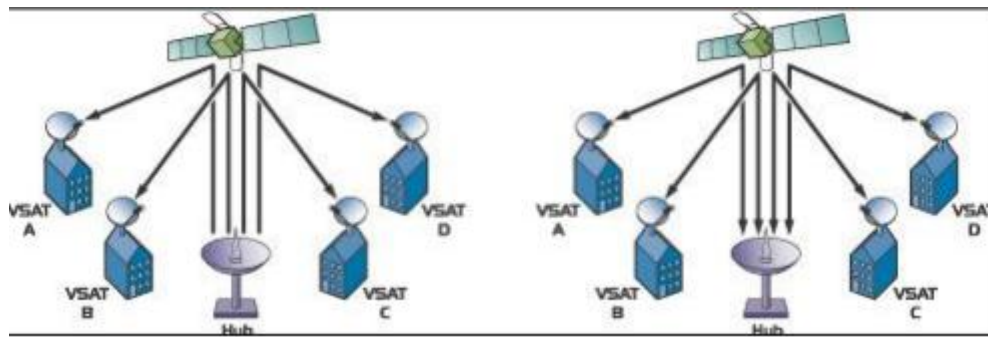


Figura 8 Configuración en estrella con Hub.

Fuente: (Pardo, 2010)

II.3.1.2 Configuración en malla

La configuración en malla, consiste de estaciones de igual rango, con antenas de un tamaño mayor, para poder comunicarse entre si sin necesidad de una estación intermedia, aunque si existen las estaciones de control y supervisión (Huidobro J. M., 2000). En este caso las portadoras de una VSAT pueden ser compartidas con cualquier otra estación dentro de la red, ya que todas son visibles desde el satélite (Pardo, 2010).

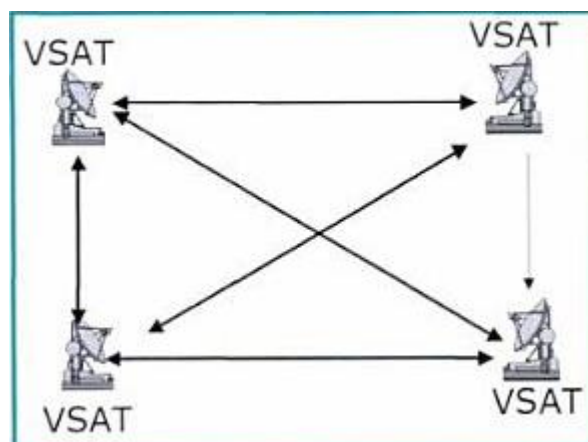


Figura 9 Red VSAT en malla.

Fuente: (Huidobro J. M., 2000)

II.3.2 Tipos de conexiones VSAT

Según (Andreu, 2010) existen tres tipos de conexiones VSAT:

- Punto-punto: sistemas unidireccionales de datos. Existe una estación emisora principal HUB, que emite hacia el satélite, y un gran número de estaciones receptoras.
- Punto-multipunto: usa el Acceso Múltiple por División en el tiempo (AMDT).
- Interactiva: para redes corporativas o privadas. Alcanza los 34 Mbps.

II.3.3 Estaciones terrestres de las redes VSAT

II.3.3.1 Estación VSAT

Una estación VSAT está compuesta de dos conjuntos de equipos separados: la unidad externa (ODU *OutdoorUnit*) y la unidad interna (IDU *IndoorUnit*). La ODU es el interfaz de la VSAT al satélite, mientras que la IDU es el interfaz a los terminales del cliente o a la red de área local (LAN) (Pardo, 2010).

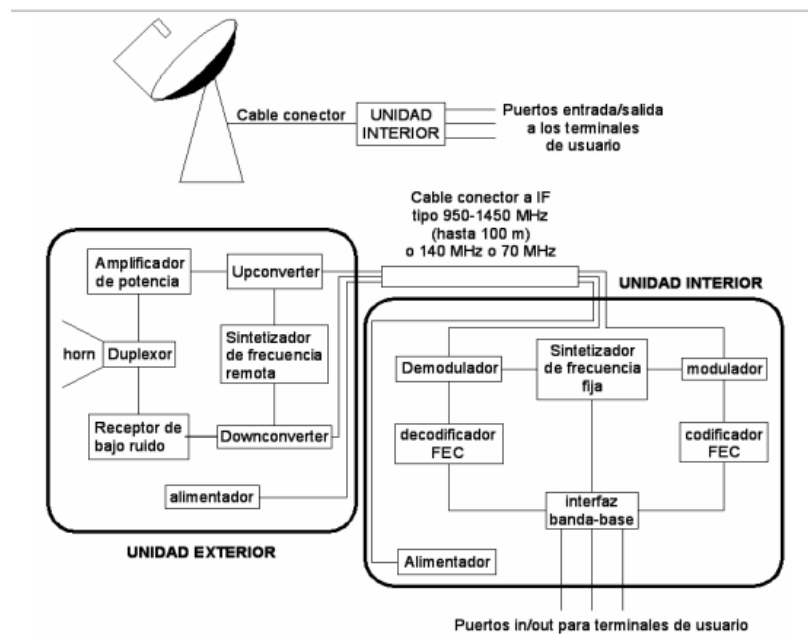


Figura 10 Diagrama de bloques de una estación terrestre.

Fuente: (Sarchi, 2011)

La unidad externa (ODU)

La unidad externa de una VSAT posee elementos como una antena, el contenedor electrónico que empaqueta el amplificador transmisor, el receptor de bajo ruido, los convertidores de subida y de bajada y el sintetizador de frecuencia (Sarchi, 2011).

Según (Pardo, 2010) se deben tomar los siguientes parámetros para poder obtener una apropiada especificación de la ODU como un interfaz al satélite:

- Las bandas de frecuencia de transmisión y recepción.
- La resolución del transmisor y receptor para ajustar la frecuencia de la portadora transmitida o para sintonizar la frecuencia de la portadora recibida.

- La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) que determina el desempeño del enlace de radiofrecuencia de la estación hacia el satélite. Depende del valor de la ganancia de la antena, de su tamaño, frecuencia de transmisión y potencia de salida del amplificador de transmisión.
- La relación G/T (dB/°K) que determina el desempeño del uplink. Esta depende del valor de la ganancia de la antena, de su tamaño, frecuencia de recepción y de la temperatura de ruido del receptor.
- La variación de la ganancia de los lóbulos de la antena al ponerla fuera del eje que la direcciona hacia el satélite, con lo cual se controla la PIRE y G/T bajo estas condiciones, determinando así, los niveles de interferencia producidos y recibidos.

También serán considerados parámetros como el rango de temperatura de funcionamiento, lluvia, humedad, etc.



Figura 11 Fotografía de una ODU de una estación VSAT.

Fuente: (Barba & Chafra, 2006)

La unidad interna (IDU)

Para conectar sus terminales a la VSAT, el usuario debe acceder a los puertos instalados en el tablero posterior de la IDU (Sarchi, 2011). Según (Barba & Chafla, 2006) para una especificación apropiada de la IDU, como una interfaz a los terminales de usuario o a una red de área local (LAN), se deben considerar los siguientes parámetros:

- Número de puertos.
- Tipo de puertos: interfaz mecánica, eléctrica, funcional y de procedimiento.
- Velocidad del puerto: Ésta es la velocidad máxima a la que pueden intercambiarse los datos entre el terminal del usuario y la IDU en un puerto dado. La velocidad de transmisión real puede ser más baja.



Figura 12 Vista frontal de una IDU.

Fuente: (Pardo, 2010)

II.3.3.2 LNB (*Low Noise Block Downconverter*)

LNB cuyas siglas en español significan Bloque de Bajo Ruido, consiste en un circuito electrónico, encerrado en una caja estanca, en el que se realiza la amplificación y la conversión a una frecuencia más baja de las débiles señales (Ruiz, 1999). En estas frecuencias más bajas, las señales viajan a través de los cables con menor atenuación (Alcaíno, 2011).

Estos dispositivos se encargan de convertir en bloque las señales en las bandas 10.95-11.7 Ghz, 11.7-12.5 Ghz o 12.5-12.75 Ghz a una frecuencia intermedia situada entre 950 y 1750 Mhz con un bajo factor de ruido al retransmitirse por el cable hacia el IDU. Estos dispositivos tienen una elevada ganancia (Bozzeta, 2011).

El LNB está formado por un LNA (*LowNoiseAmplifier*) y un LNC (*LowNoiseConverter*).

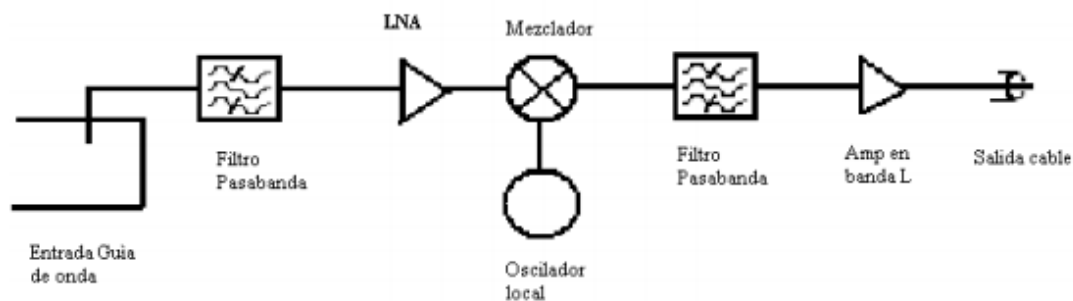


Figura 13 Diagrama de un LNB.

Fuente: (Alcaíno, 2011)

II.3.3.2.1 LNA (*LowNoiseAmplifier*)

Los amplificadores de bajo ruido (LNA), como su nombre lo indica, son aquellos que por su factor de ruido muy bajo y amplia anchura de banda son sumamente convenientes para usarlos como la primera etapa de una estación terrena receptora de telecomunicaciones por satélite (Rodrigues, 1995). Es una parte del LNB, concretamente la que amplifica la débil señal de radiofrecuencia captada por la sonda (Ruiz, 1999).

Es necesario, que el LNA eleve el nivel de la señal deseada, mientras agregue la mínima cantidad ruido y distorsión posibles; esto para que dicha señal pueda ser regenerada en las etapas posteriores (Alcaíno, 2011). El LNA, por lo general, va montado lo más cerca posible del alimentador de la antena, a fin de mantener al mínimo las pérdidas en las líneas de transmisión (Ruiz, 1999).

II.3.3.2 LNC (Low Noise Converter)

Es un dispositivo que recibe señales a frecuencias por el orden de los Ghz desde el LNA y las lleva a frecuencias intermedias (70 – 140 Mhz) o a frecuencias entre 1,5 y 2,4 Ghz (Alcaíno, 2011).

II.3.3.3 Estación Hub

La estación hub se ubica en un telepuerto. Se dispone de una sala de equipos que contiene los componentes de banda base, modulador IF y equipo RF. Una red LAN permite efectuar los procesos de gestión. Desde el Hub hacia el VSAT se efectúa una multiplexación TDM, en tanto que del VSAT hacia el Hub se aplica el sistema de uno a varios canales TDM por portadora, con acceso pre-asignado o por demanda. El acceso permite efectuar la función de control de flujo típica de redes de datos. Generalmente los equipos en la estación Hub se disponen duplicados para mantener una disponibilidad por fallas de equipo del 99,99% del tiempo (Mejías, 2011).

Aparte del tamaño y el número de subsistemas, la diferencia funcional entre un hub y una VSAT es mínima (Pardo, 2010). La estación hub está provista de un sistema de administración de red denominado NMS (Network Management System). El NMS es un mini computador o una estación de trabajo equipada con un software especializado, usado para realizar funciones operacionales y administrativas. Este

mini computador esta conectado a cada VSAT en la red por medio de circuitos virtuales permanentes. Constantemente se intercambian mensajes de administración entre el NMS y las VSAT, y contienen con el trafico normal para acceder a los recursos de la red (Barba & Chafila, 2006).

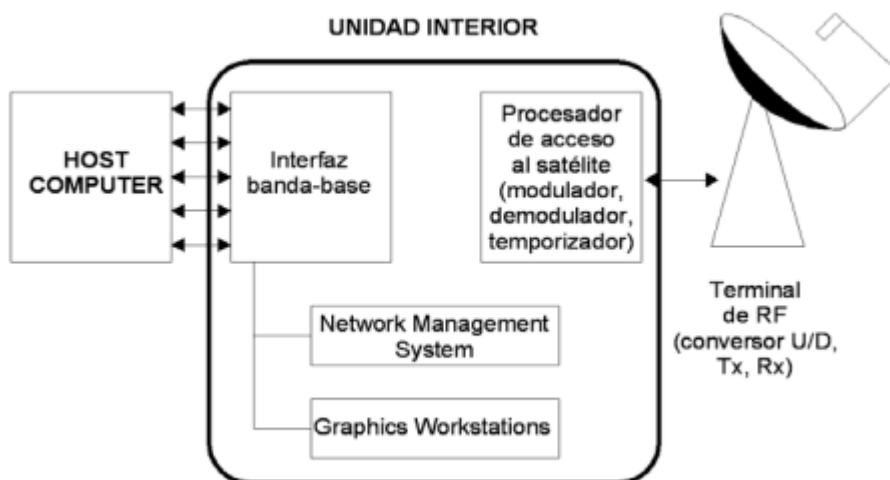


Figura14 Subsistemas del hub.

Fuente: (Barba & Chafila, 2006)

I.3.3.3.1 Equipos que conforman el Hub satelital

Según (Castro E. , 2012) el hub satelital está compuesto por los siguientes equipos:

- Encapsulador IP: Es un equipo que funciona para la transmisión de datos, encapsulando paquetes y proporcionando la capacidad de integrar direcciones IP a través de la tecnología satelital.
- Switches: Equipos que proporciona el acceso a Internet a los elementos que componen las plataformas, interconectándolos y pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino.

- Firewall: Encargado de filtrar el tráfico entrante y saliente de la plataforma, garantiza el nivel de seguridad haciendo a la red confiable.
- Servidor: Encargado de garantizar el mantenimiento de las ventanas deslizantes TCP/http desde el HUB a la remota y viceversa, para garantizarla velocidad en kbps de los enlaces.
- Rack: es un gabinete donde van ubicados los equipos del HUB satelital SCPC.
- Modulador: funciona para la transmisión de estándar digital de video y para las aplicaciones de difusión.
- CMS (Control and Monitoring System - Sistema de control y monitorio): Se encarga de ejercer control y monitoreo de todos los componentes de los Racks SCPC (Switchs, servidores, moduladores, demoduladores, *firewall*, encapsuladores IP).
- Modem satelital: Es una unidad que alimenta las unidades externas de transmisión y recepción de los equipos satelitales. Proporciona conectividad punto a multipunto IP y permite el uso optimizado de ancho de banda.

II.3.3.4 Ángulos de vista

Para orientar una antena desde una estación terrena hacia un satélite es necesario conocer el ángulo de elevación y azimut. Estos se llaman ángulos de vista, (Chacón, 2002) y son medidos tomando como referencia a la línea sobre la cual tiene ganancia máxima. Tanto el ángulo de elevación, como el Azimut, dependen de las coordenadas geográficas de la estación terrena y de la posición orbital del satélite (Hernández, 2011).

II.3.3.4.1 Elevación

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la Tierra (Hernández, 2011). Como con cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la tierra sufre absorción y también puede contaminarse severamente por el ruido. Consecuentemente, si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda que este dentro de la atmósfera de la tierra es demasiado larga, la onda puede deteriorarse hasta el grado que proporcione una transmisión inadecuada (Chacón, 2002).

II.3.3.4.2 Azimut

Se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Normalmente se mide en una dirección, según las manecillas del reloj, en grados del norte verdadero (Chacón, 2002). Se toma como referencia el Norte como cero grados, y si continuamos girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el Este, llegaremos a los 90° de Azimut. Hacia el Sur tendremos los 180° de Azimut, hacia el Oeste los 270° y por último llegaremos al punto inicial donde los 360° coinciden con los 0° del Norte (Hernández, 2011).

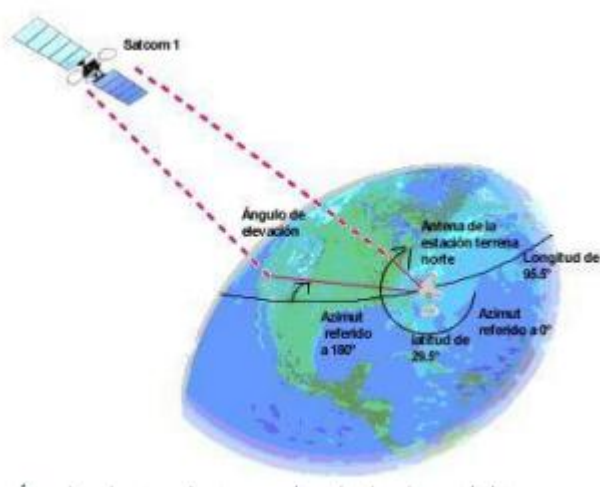


Figura15 Ángulos de vista (Azimut y ángulo de elevación).

Fuente: Imagen tomada de

<http://hosting.udlap.mx/profesores/luisg.guerrero/Cursos/IE445/Apuntesie445/capitulo5home.htm>, consultado el 21/01/2012

II.3.4 Aplicaciones de los sistemas VSAT

Algunas de las aplicaciones soportadas sobre una red VSAT son: telefonía móvil, videoconferencia, telemetría, transmisión de datos, difusión de información, autorización de transacciones y reserva de plazas, etc. (Huidobro, 2006).

Las redes VSAT permiten asignar fácil y progresivamente más recursos a medida que aumenta el número de conexiones o de una necesidad de mayor ancho de banda (Infoweeek, 2009).

Los VSATs son un paso intermedio en la búsqueda de la reducción del tamaño de las estaciones terrenas las mismas que han evolucionado desde antenas de 30 metros de ancho, hasta estaciones con antenas de 60 centímetros, para la recepción

directa de televisión transmitida por satélites de difusión o terminales de mano para radio localización como los receptores GPS (Sarchi, 2011).

II.4. Estándar DVB-RCS

El DVB-RCS es un estándar que regula la interfaz entre los Hub (nodo central de la red VSAT) y las VSAT (estaciones remotas satelitales), es un estándar abierto para comunicaciones Interactivas, de doble vía, multimedia. El Hub cuenta con modulador DVB-S/S2 y demoduladores RCS, y las VSAT tienen demodulador DVB-S/S2 y modulador RCS (Rapp, 2009).

Un aspecto que ha marcado un punto de inflexión en la industria VSAT en los últimos años, ha sido la amplia aceptación del estándar de difusión de vídeo digital para satélite DVB-S (Barba & Chafla, 2006).

El sistema europeo DVB-S es un conjunto de normas pensadas, en principio, para regular la transmisión de televisión digital. Es por eso que, inicialmente, a través de los sistemas DVB-S se ofrecieron servicios de difusión de canales de televisión digital, pero posteriormente, y como consecuencia de la evolución de los requerimientos del usuario, se contempló la posibilidad de soportar servicios multimedia y de acceso a Internet dentro del mismo sistema (Pardo, 2010). La especificación del DVB-S permite la construcción de sistemas en principio unidireccionales. Sin embargo, ha surgido la necesidad de transformar estos sistemas satelitales unidireccionales en sistemas de comunicación bidireccionales, por lo que el desarrollo tecnológico ha sido continuado hasta alcanzar la aprobación de la especificación del canal de retorno DVB-RCS (Barba & Chafla, 2006).

Tanto el IP como la banda ancha se han unido con el DVB y algunos desarrollos adicionales, para crear la última tecnología en comunicaciones de banda ancha satelital con estándar abierto: DVB-RCS. Por su compatibilidad con el DVB-S (estándar mundial de distribución de video vía satélite), el DVB-RCS es la mejor tecnología para desarrollar redes multimediales, que integren video, voz y datos / Internet, también conocido como Triple Play. El término “Standard” se refiere a que la interfaz de comunicación entre el Hub central y las terminales remotas tienen un “lenguaje” común. Cualquier empresa que fabrique terminales “Standard” podrán conectarse con cualquier fabricante que utilice DVB-RCS en sus Hubs (Rapp, 2009)

El estándar DVB-RCS fue adoptado en el año 2002, este sistema opera con dos enlaces: uno de subida (*outbound*) y otro de retorno (*inbound*). El enlace de subida transmite desde el Hub hacia las VSAT y está conformado por una única portadora TDMA con codificación QPSK, lo que lo hace idéntico al canal de transmisión de un sistema DVB-S (Alcaíno, 2011). Utiliza tecnología de estándar abierto DVB-S/S2, empleada para transmisión de video digital (DVB-S quiere decir *Digital Video Broadcast*), aunque el *framing* de video se utiliza para transporte de Voz, Datos y Video de una forma muy eficiente (Rapp, 2009).

Por su parte el enlace de retorno está conformado por un conjunto de portadoras codificadas en QPSK, cada una de las cuales está dividida en múltiples ranuras de tiempo (Alcaíno, 2011). La ETSI (entidad internacional dedicada a la estandarización de normas para promover el desarrollo de las telecomunicaciones) definió especialmente para ésta tecnología un paquete de normas que especifican el estándar que regula el canal de retorno de las VSAT hacia el Hub, el RCS (*Return Channelover Satellite*) (Rapp, 2009).

II.5. Servicios satelitales de Internet

El servicio de Internet vía satélite es un medio para distribuir un acceso a Internet asimétrico de alta velocidad siempre activo al emitir señales desde y hacia un plato satelital. En muchas áreas rurales, el servicio de Internet vía satélite es la única alternativa debido a la lejanía de la zona (Jamrichoja & Oja, 2008).

Gracias a su gran ancho de banda, las comunicaciones, vía satélite son capaces de soportar acceso a Internet y a las aplicaciones corporativas. La primera de las topologías de acceso a Internet por satélite son las redes unidireccional, en las que el satélite envía contenidos a los usuarios sin que estos tengan posibilidad de escoger las páginas web que desean visualizar, pero una arquitectura unidireccional no resulta adecuada para llevar Internet a los hogares, puesto que no soportan la interactividad (Huidobro J. M., 2000).

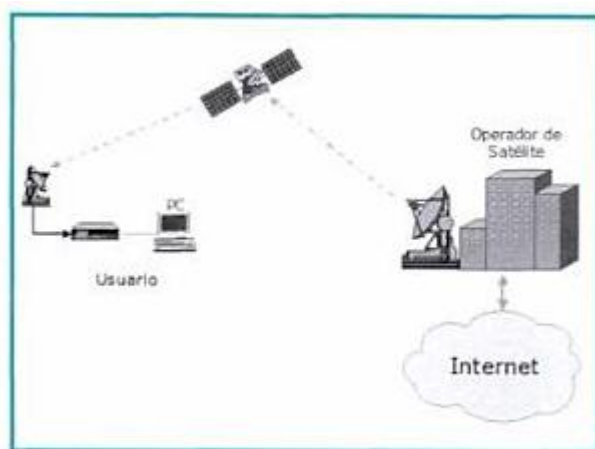


Figura 16 Arquitectura Unidireccional.

Fuente: (Huidobro J. M., 2000)

También existe la posibilidad de conexiones bidireccionales, en las que la señal usuario a Internet también va por el satélite, aunque son bastantes más caras que las unidireccionales (AulaClic, 2011). En este caso se ofrece una conexión de alta

velocidad de recepción y emisión vía satélite mediante una antena parabólica especial (capaz de recibir y transmitir simultáneamente). El flujo de tráfico es similar al modo unidireccional, salvo que en este caso el canal de retorno también se realiza vía satélite (Huidobro J, 2002).

El servicio de Internet emplea un satélite geoestacionario para transmitir los datos de la computadora directamente hacia y desde un plato satelital. El transporte de datos está sujeto a retrasos en la latencia de un segundo o más, lo cual transcurre mientras sus datos viajan entre computadora y un satélite. La latencia no plantea mucho problema para la navegación general en la Web y la descarga de archivos, pero resulta molesta para los juegos interactivos que requieren de acciones rápidas y para la voz sobre IP (Jamrichoja & Oja, 2008).



Figura 17 Arquitectura bidireccional

Fuente: (Huidobro J, 2002)

Para este tipo de acceso bidireccional, existe el estándar DVB-RCS (*Digital Video Broadcast – Return Channel System*), que especifica las características técnicas mínimas que ha de cumplir el canal de retorno vía satélite, facilitando un modelo de referencia para el canal, detallando métodos de acceso y técnicas de modulación. Por otro lado también define el terminal de usuario RCST (*Return Channel Satellite Terminal*), especificando una serie de parámetros entre los cuales hay uno

especialmente importante, y es que debe de ser un terminal de muy bajo coste (Huidobro J, 2002).

Igual que con el servicio de Internet por cable, las velocidades de transporte de datos vía satélite parecen disminuir cuando otros usuarios se conectan al servicio, porque el ancho de banda del satélite es compartido entre todos los usuarios (Jamrichoja & Oja, 2008).

Según (Huidobro J, 2002) este tipo de acceso es muy adecuado para:

- Áreas con una baja densidad de población, en las que las soluciones terrestres no llegan porque su despliegue no es económicamente viable.
- Áreas pobladas en las que no es técnicamente viable una solución de banda ancha de tipo ADSL o de Cable Módem por distancia al proveedor o por carencia de infraestructura.
- Proporcionar los servicios de difusión (la misma información se envía a un grupo numeroso de usuarios) en banda ancha.
- Grandes áreas de cobertura con alta disponibilidad y facilidad de instalación en casa del usuario.

II.6. Satélite Simón Bolívar

Los servicios satelitales que se habían prestado en el país hasta la actualidad, habían sido brindados mediante el alquiler de transpondedores en satélites pertenecientes a compañías extranjeras (INTELSAT, PANAMSAT); lo que se ha traducido en costos muy altos para las operadoras locales y en el compromiso de las comunicaciones de la Nación hechas por esta vía. Esta situación creó una dependencia con estas empresas debiendo amoldarnos a sus tarifas y disponibilidad lo

que ha sido de alguna manera, un obstáculo para llevar las telecomunicaciones a aquellos lugares de difícil acceso a través de redes convencionales (Alcaíno, 2011).

El 29 de octubre 2008, el satélite venezolano, Simón Bolívar, conocido internacionalmente con las siglas Venesat-1, fue lanzado al espacio a las 12:24 del mediodía (hora de Venezuela), desde el Centro de Satélites de Xichang, ubicado en el suroeste de China. Venesat-1 fue lanzado a bordo de un Larga Marcha 3B: un cohete de tres etapas y 54,8 metros de altura, capaz de llevar al satélite a la órbita de transferencia geoestacionaria (punto definitivo del satélite, 36.500 kilómetros de altura) (Prensa Web YVKE, 2008).



Figura 18 Lanzamiento del satélite Simón Bolívar

Fuente: (ABAE, 2009)

II.6.1 Características del satélite

El satélite está ubicado en una posición orbital de 0° Latitud, 78° Oeste, cedida en 2006 por Uruguay a cambio del 10% de la capacidad, tiene un peso de 5.100 Kg y sus dimensiones son, longitud (2,36m), ancho (2,10m) y altura (3,6m), sin desplegar los paneles solares, los cuales tienen una longitud de 12,16 metros a cada lado. Su vida útil es de 15 años (Albornoz & Pérez, 2008).

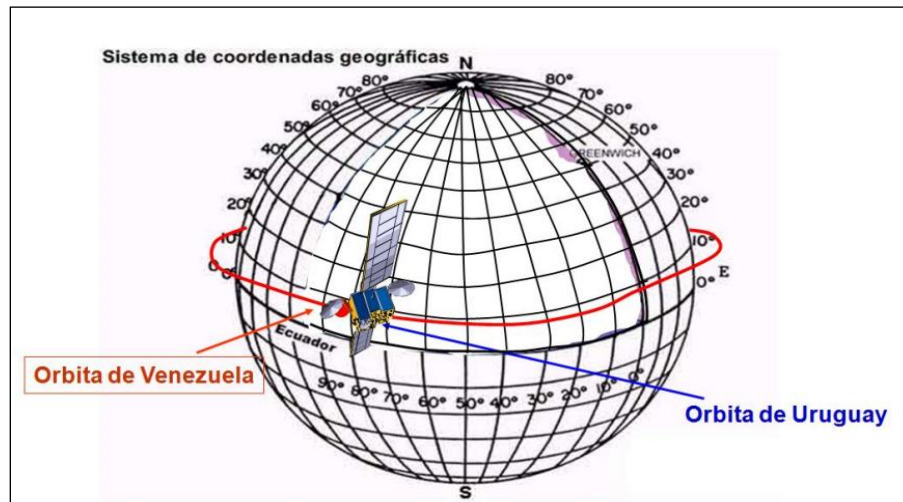


Figura 19 Órbita del satélite VENESAT-1

Fuente: (Cabrera, 2012)

Las frecuencias exactas de algunas de las portadoras con la que trabaja el satélite “Simón Bolívar” para brindar el servicio de aba satelital son las siguientes:

Banda Ka:

Up Link: 29025 MHz

Down Link: 19225 MHz

Banda Ku:

Up Link: 14450 MHz

Down Link: 11650 MHz

Banda C:

Up Link: 6150 MHz

Down Link: 3925 MHz

Las estaciones terrena de control en el satélite “Simón Bolívar” están basadas en el diseño satelital, el Sistema de Control Terreno (de sus siglas en inglés GCS, *Ground Control System*) del Segmento espacial del VENESAT-1 incluye dos estaciones de seguimiento, teledirigida y teledirigida, (de sus siglas en inglés TT&C, *Telemetry, tracking and command*): la Estación Terrena de Control Principal ubicada en El Sombrero, Edo. Guárico y la Estación Terrena de Control de Respaldo ubicada en Luepa, Edo. Bolívar, completamente dedicadas al control del VENESAT-1, el cual puede conmutar cualquier actividad desde una a otra, más otros subsistemas auxiliares (ABAE, 2009).

II.6.2 Carga Útil del satélite

Según (Cabrera, 2012) el satélite VENESAT-1 se encuentra equipado con la siguiente carga útil, 28 Transpondedores divididos en:

- 14 Transpondedores en la Banda C con un ancho de banda de 36 Mhz c/u para un total de 504 Mhz, donde se pueden prestar servicios de TV y radio.
- 12 Transpondedores en la Banda Ku con un ancho de banda de 54 Mhz c/u para un total de 648 Mhz, donde se pueden prestar servicios de TV, radio, Internet, entre otros.
- 2 Transpondedores en la Banda Ka con un ancho de banda de 120Mhz c/u para un total de 240Mhz, donde se pueden prestar servicios de datos.

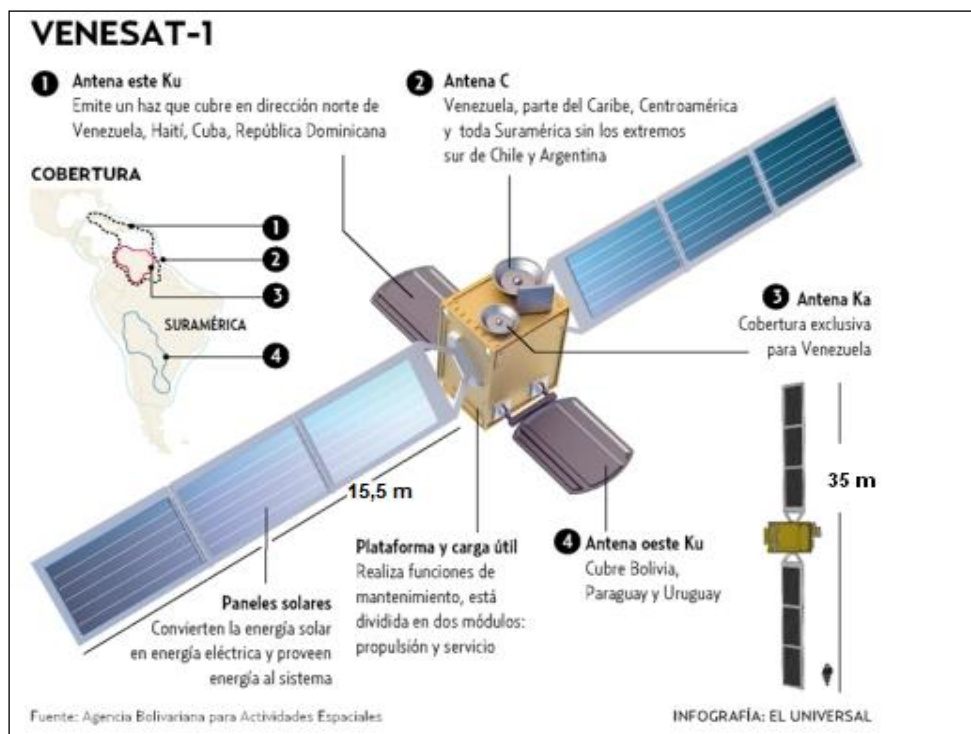


Figura 20 Satélite VENESAT-1

Figura: (Cabrera, 2012)

La cobertura en Suramérica del satélite según sus bandas de frecuencia es la siguiente:

- Banda C: Venezuela, Cuba, República Dominicana, Haití, Centro América (sin México), Jamaica, Sur América (sin los extremos sur de Chile y Argentina).
- Banda Ku: Venezuela, Cuba, República Dominicana, Haití, Bolivia, Paraguay, Argentina y Uruguay.
- Banda Ka: se reserva exclusivamente para Venezuela. (Albornoz & Pérez, 2008)



Figura 21 Cobertura satélite VENESAT-1

Fuente: (Albornoz & Pérez, 2008)

II.6.3 Beneficios del Proyecto Satelital

Según (Fundacite Zulia, 2010) se dividen en 3:

Sociales

-Teleeducación: cualquier ciudadano puede tener acceso a programas educacionales sin necesidad de estar físicamente en un salón de clases, llegando a un gran número de estudiantes a la vez, mediante tecnologías de telecomunicación por satélite.

-Telemedicina: se puede transmitir y recibir radiografías, ultrasonidos, resonancias magnéticas, mamografías, etc., de personas que se encuentran muy lejanas de los centros primarios de atención en salud. De tal forma que el tratamiento de una persona que se encuentra en un pueblito de Delta Amacuro puede realizarse en forma inmediata y no se debe esperar que el paciente se desplace desde su lugar hasta la ciudad.

- Mejoras en los servicios de telefonía, fax e Internet en las poblaciones lejanas y desasistidas.
- Mayor cobertura de la movilización de tráfico de telecomunicaciones digitales.
- El uso pacífico de los medios de transmisión para el servicio de comunicación social transparente que necesitan los pueblos.
- Mejor conexión a Internet en los Infocentros, centros parroquiales de comunicación y Cebit.
- Mejor y más óptima transmisión de información y comunicación de los organismos públicos gubernamentales, centros productivos, organizaciones sociales
- Disminución de las tarifas de los servicios de telecomunicaciones.

Políticos

- Control pleno y soberano de una plataforma satelital.
- Utilización soberana del espectro electromagnético y las órbitas terrestres.

Geopolíticos

- Servicios de telecomunicaciones que permitan la conectividad a otros países Latinoamericanos.
- Potenciar las acciones integracionistas, unionistas dentro de este mundo multipolar y especialmente con la mirada puesta hacia el sur.

De tal forma, Venezuela se inició con pasos exitosos en la carrera espacial, con el firme propósito de beneficiar a sectores excluidos que no pueden pagar servicios de telefonía e Internet. Y a quienes no pueden detectar a tiempo

diagnósticos médicos o todavía se mantienen al margen del sistema educativo, además de ir consolidando la independencia tecnológica de la nación.

Capítulo III

Metodología

En este capítulo se presentan los procedimientos usados para desarrollar y cumplir satisfactoriamente con cada uno de los objetivos planteados al iniciar el Trabajo Especial de Grado, dichas metas están descritas en el Capítulo I de este proyecto. También se reflejan el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron necesarios para lograr el cumplimiento del proyecto propuesto.

III.1 Tipo de Investigación

Esta investigación se desarrolla con criterio y características de un proyecto factible. Según (Dubs, 2002) un proyecto factible consiste en un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener una institución o grupo social en un momento determinado. Es decir, la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema o necesidad previamente detectada en el medio.

El Proyecto Factible comprende las siguientes etapas generales: diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta; procedimiento metodológico, actividades y recursos necesarios para su ejecución; análisis y conclusiones sobre la viabilidad y realización del Proyecto; y en caso de su desarrollo, la ejecución de la propuesta y la evaluación tanto del proceso como de sus resultados (UPEL, 2002).

III.2 Diseño de Investigación

La estrategia para llevar a cabo este trabajo, es una Investigación combinada entre: Investigación Documental e Investigación de Campo.

La investigación documental depende fundamentalmente de la información que se obtiene o se consulta en documentos, entendiendo por esto, todo material al que se puede acudir como fuente de referencia, sin que se altere su naturaleza o sentido, los cuales aportan información o dan testimonio de una realidad o acontecimiento (Cazares, 2000).

En la ejecución de los trabajos de campo, tanto el levantamiento de información como el análisis, comprobaciones, aplicaciones prácticas, conocimientos y métodos utilizados para obtener conclusiones, se realizan en el medio en el que se desenvuelve el fenómeno o hecho de estudio. La presentación de resultado se complementa con un breve análisis documental (Benassini & Muñoz, 1998).

III.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de información

De acuerdo a los objetivos de esta investigación se emplean como técnicas e instrumentos de recolección los siguientes métodos:

- Revisión Documental
- Observación Directa

III.4 Fases metodológicas

III.4.1 Investigación Documental

Se realizó la revisión bibliográfica acerca de los sistemas satelitales y de su constitución, debido a que se requiere de una amplia investigación y estudio para la comprensión del funcionamiento básico de los sistemas de comunicación satelital.

Se revisaron las diferentes bandas a las que opera el satélite Simón Bolívar, haciendo énfasis en la banda Ku. Luego se llevó a cabo una investigación profunda acerca del funcionamiento de las redes VSAT.

Finalmente se realizó la búsqueda referente al Hub satelital, su funcionamiento y equipos que los componen.

III.4.2 Pruebas y Mediciones

Las pruebas necesarias para justificar y dar respuesta al proyecto planteado fueron divididas en tres etapas:

- 1) Se tomaron dos módems VSAT, uno de la primera cadena del Hub y otro de la segunda cadena del Hub, con la finalidad de hacer mediciones de sus voltajes de transmisión y recepción, de esta manera se comprobaron que los equipos tuvieran las condiciones necesarias de funcionamiento.
- 2) Con los mismos módems se llevó a cabo la siguiente etapa de pruebas, accediendo a la configuración de los mismos en forma separada, para esto se necesita llevar a cabo ciertos procedimientos importantes.

Ya dentro de la interfaz gráfica se ingresa en el *Installer Menu* con la finalidad de apreciar ciertos parámetros significativos que son distintos dependiendo de la cadena del modem, dichos parámetros fueron importantes para demostrar el objetivo del proyecto.

- 3) Finalmente para la última prueba se hizo uso de un programa llamado NetPerSec, con la finalidad de verificar el comportamiento del servicio de internet en cada uno de los módems. Para esto se procedió a navegar en varias páginas de internet y se abrieron varios videos, con el fin de cargar lo más que se pudiera al enlace.

Mientras los videos se reproducían el programa permitió ver, valores importantes como el ancho de banda, la velocidad en bits y los picos de la señal.

Al igual que en la etapa anterior todos los parámetros obtenidos en el modem de la primera cadena del Hub y de la segunda cadena del Hub eran importantes para medir el impacto de la reingeniería.

Todas las pruebas y mediciones llevadas a cabo en esta fase fueron realizadas en los Laboratorios de CANTV, con la asistencia de personal calificado y experto en el tema satelital.

III.4.3 Análisis de la información obtenida

Esta etapa se basó en realizar un profundo análisis acerca de la calidad del servicio prestado a los usuarios de internet satelital, todo en base a las mediciones y pruebas realizadas en la fase anterior.

Se realizaron comparaciones de los resultados obtenidos con el modem satelital VSAT perteneciente a la primera cadena del Hub, contra todos los resultados derivados de las pruebas del modem de la segunda cadena del Hub (reingeniería). Esto permitió marcar diferencias importantes entre ciertos parámetros, y analizar el comportamiento del servicio en cada modem, permitiendo conocer si la reingeniería realizada ha dado resultados positivos en el servicio prestado por la empresa CANTV y el satélite Simón Bolívar.

Finalmente se organizó toda la información recopilada, de forma puntual y concisa, para permitir a los lectores y personas ajenas a este proyecto, la comprensión de todos los procesos y actividades que se llevaron a cabo para lograr la medición del impacto en la reingeniería.

Capítulo IV

Desarrollo

En este capítulo se describen de forma detallada todas las actividades mencionadas en el Capítulo III, las cuales fueron llevadas a cabo para alcanzar con éxito cada uno de los objetivos planteados. Primeramente se efectuó la revisión y búsqueda de documentación, para tener claro todos los conocimientos que se deberían tener presente al momento de realizar las diferentes pruebas y mediciones, las cuales lograrían determinar el impacto de la reingeniería del Hub satelital en los enlaces satelitales de la banda Ku.

En algunas de las etapas se tuvo un poco de retraso en el tiempo definido de ejecución, pero esto no afectó el proceso y la culminación del proyecto.

IV.1 Recolección de información

La investigación bibliográfica y documental era de gran importancia pues cubriría la mayor parte del trabajo, ya que se tenían que adquirir muchos conocimientos y tener claro muchos conceptos antes de realizar cualquier tipo de prueba o medición. Dentro de los conceptos claves se investigó lo siguiente: satélite, satélites geoestacionarios, altura, velocidad, periodo, elevación, azimut, etc.

Seguidamente nos adentramos en una investigación más profunda pertinente al proyecto, donde la búsqueda se concentró en la conformación y funcionamiento de los sistemas y enlaces satelitales, la configuración del sistema de comunicación de un satélite, las diferentes bandas de frecuencia a las que operan los satélites (haciendo

énfasis en la banda Ku por ser la de interés para el trabajo), la tecnología VSAT, el estándar DVB – RCS, el Hub satelital, los servicios satelitales de Internet y las características específicas del satélite Simón Bolívar.

Toda la información recabada fue obtenida haciendo consultas en páginas de internet de alta confiabilidad y en libros encontrados mediante este medio. En bibliotecas públicas se logró obtener documentación muy importante y útil gracias a bibliografías y otros trabajos especiales de grado que allí se encontraron. En el caso específico de la investigación de los equipos que conforman el Hub satelital, se realizó una entrevista a un trabajador del área satelital de CANTV.

IV.2 Pruebas y mediciones

Con la red Satelital de la empresa CANTV se están brindando actualmente servicios de transmisión y recepción de datos, específicamente en la banda Ku (banda con la cual se prestan servicios de internet), haciendo uso de equipos surtidos por la compañía Advantech.

Al finalizar toda la documentación se procedió a realizar las diferentes pruebas que fueron divididas en tres grupos:

- Medición de voltaje
- Prueba de los modems VSAT
- Prueba del comportamiento del servicio.

IV.2.1 Medición de voltaje

Para la primera etapa de mediciones se tomó un modem de la primera cadena del hub y con un multímetro se realizó la medición del voltaje en transmisión y recepción, esta prueba permitió saber si el modem estaba en óptimas condiciones y configurado correctamente por el proveedor, pues el voltaje en DC que debe retornar el transmisor es de 24 voltios y el receptor por ser una antena de polarización horizontal debe tener un valor DC de 18 voltios. Esta prueba fue repetida con el modem de la segunda cadena, pues debía presentar los mismos valores del voltaje para considerarlo optimo.

A continuación se muestran las imágenes de las diferentes mediciones realizadas.



Figura 22 Voltaje de Tx en el modem de la primera cadena

Fuente: Elaboración propia



Figura 23 Voltaje de Rx en el modem de la primera cadena

Fuente: Elaboración propia

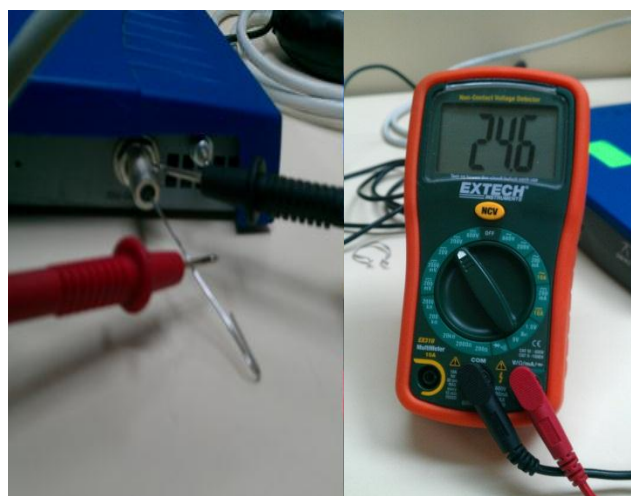


Figura 24 Voltaje de Tx en el modem de la segunda cadena

Fuente: Elaboración propia

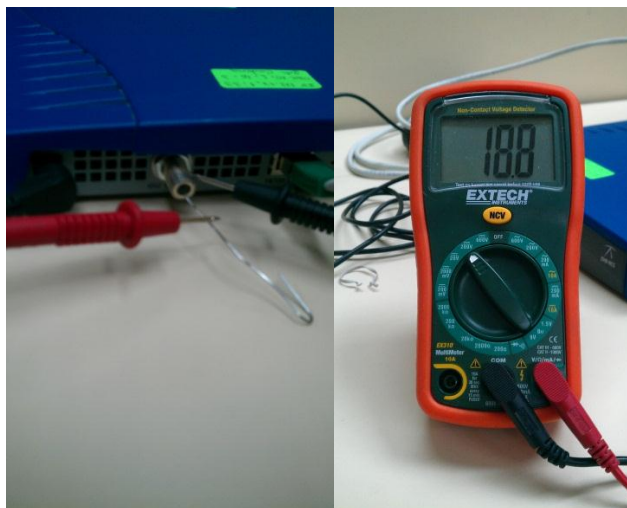


Figura 25 Voltaje de Rx en el modem de la segunda cadena

Fuente: Elaboración propia

IV.2.2 Prueba de los módems VSAT

En la segunda etapa de pruebas se accedió a la configuración de un modem VSAT perteneciente a la segunda cadena del hub (cliente 3001 al 6000), esta cadena surge al llevar a cabo la reingeniería. Para entrar en la interfaz grafica del modem, el transmisor debe ser conectado al BUC de la remota satelital de banda Ku y el receptor al LNB, estas conexiones se realizan gracias al uso de cables coaxiales. El modem también debe estar conectado a una computadora mediante un cable Ethernet.

La estación terrena a la que el modem se conecta, debe estar previamente apuntada (azimut y elevación) para lograr ver el satélite, de esta forma el modem procederá a recibir permanentemente las señales provenientes del satélite. El siguiente paso es que el modem comience a transmitir señales desde la remota hacia el satélite, con lo cual el sistema comenzará a interactuar obteniendo así una conexión a Internet de banda ancha que permite la transmisión de datos.

Luego de tener todas las conexiones necesarias se abrió un explorador de internet y se escribió la dirección IP que fue asignada por el telepuerto para el modem usado en la prueba, que en este caso es 172.17.1.33. Al culminar el procedimiento se abrió la pantalla principal de la interfaz del modem como se muestra en la figura 26.

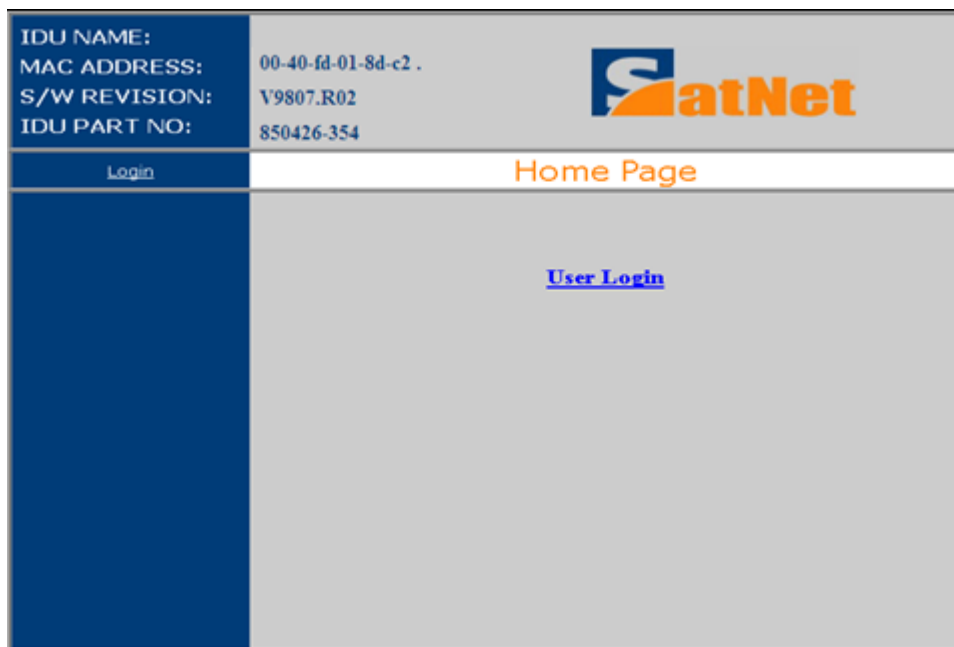


Figura 26 Pantalla de inicio en la interfaz del modem

Fuente: Elaboración propia

Una vez dentro de la interfaz del modem, para ingresar a la pantalla encargada de mostrar los valores del sistema, se hizo click en *User Login*, luego se colocó un usuario y una clave, al anotar las mismas se abrió la pantalla que se muestra en la figura 27.



Figura 27 Installer Menu (cadena 2)

Fuente: Elaboración propia

Este tipo de modem es configurado con un archivo suministrado por el proveedor, el mismo debe ser compatible con la versión de configuración utilizada por el HUB, adicionalmente también se debe cargar una imagen.

Para medir el impacto de la reingeniería, se tenía que hacer la comparación de varios parámetros entre un modem perteneciente a la primera cadena del hub y otro perteneciente a la segunda cadena (reingeniería). Es por esto que el procedimiento anterior fue repetido pero cambiando de modem.

Se accedió a la configuración de un modem VSAT perteneciente a la primera cadena del hub (cliente 0 al 3000), esta cadena es la original, es decir no presenta reingeniería. Para entrar en la interfaz grafica del modem se repitieron los pasos que

se siguieron con el primero, con la diferencia que al abrir el explorador se escribió la dirección IP 172.16.130.129.

Para evidenciar los valores del sistema se debió escribir el mismo usuario y la misma clave anterior, al anotar las mismas se abrirá la interfaz que se muestra en la figura 28.



Figura 28 *Installer Menu* (cadena 1)

Fuente: Elaboración propia

IV.2.3 Prueba del comportamiento del servicio

Para la tercera parte de las pruebas estando dentro de la configuración de cada uno de los modems, se inició la navegación de internet, cargando varias páginas de videos con el fin de saturar el enlace. Mientras dichos videos se reproducían se abrió el programa NetPerSec.

NetPerSec es un software que permite el monitoreo en tiempo real de la velocidad efectiva de envío y recepción de datos directamente de la tarjeta de red del computador. El NetPerSec utiliza para la medición de la velocidad de conexión el protocolo estándar de Internet SNMP (*Simple Network Management Protocol* o Protocolo Simple de Administración de Red).

El programa permitió ver el comportamiento del sistema y varios parámetros, como el ancho de banda y velocidad en las que estaba funcionando cada modem, así como los picos de la señales como se ven en las siguientes figuras.

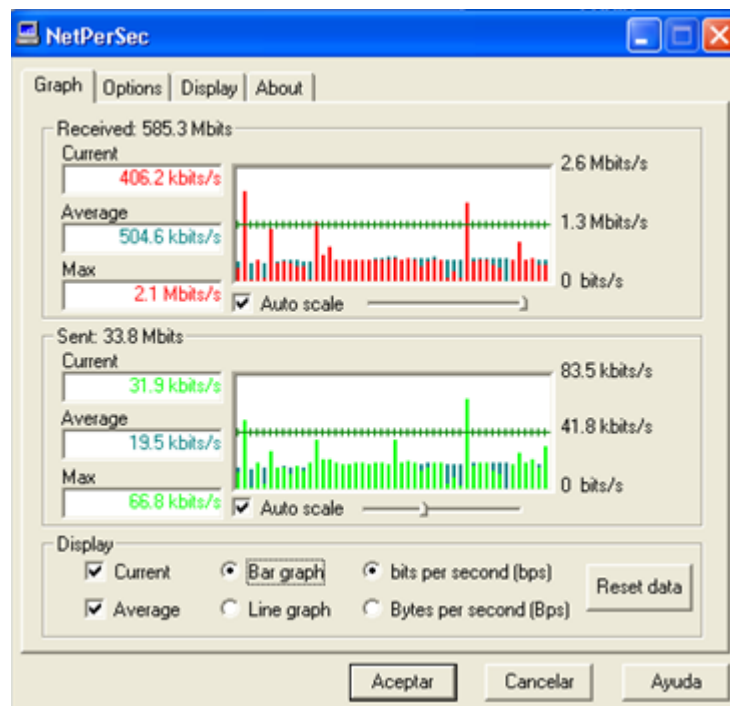


Figura 29 Primera prueba del modem de la primera cadena en bps

Fuente: Elaboración propia

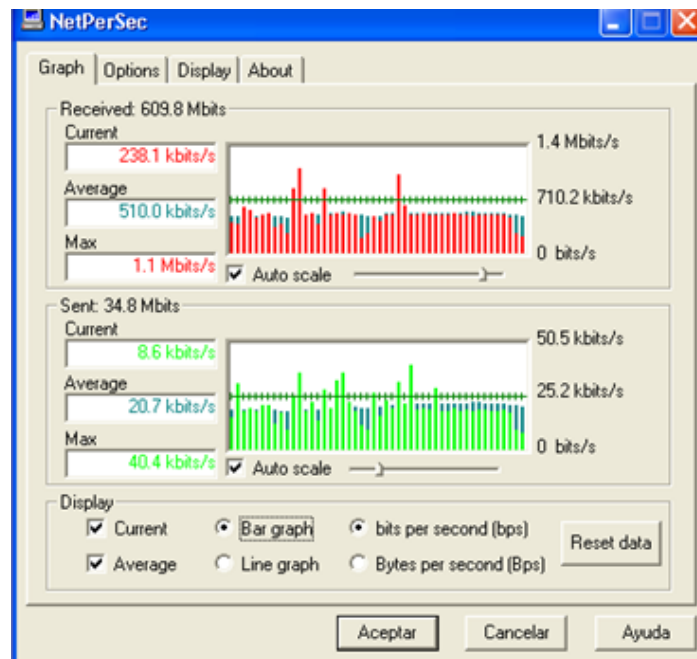


Figura 30 Segunda prueba del modem de la primera cadena en bps

Fuente: Elaboración propia

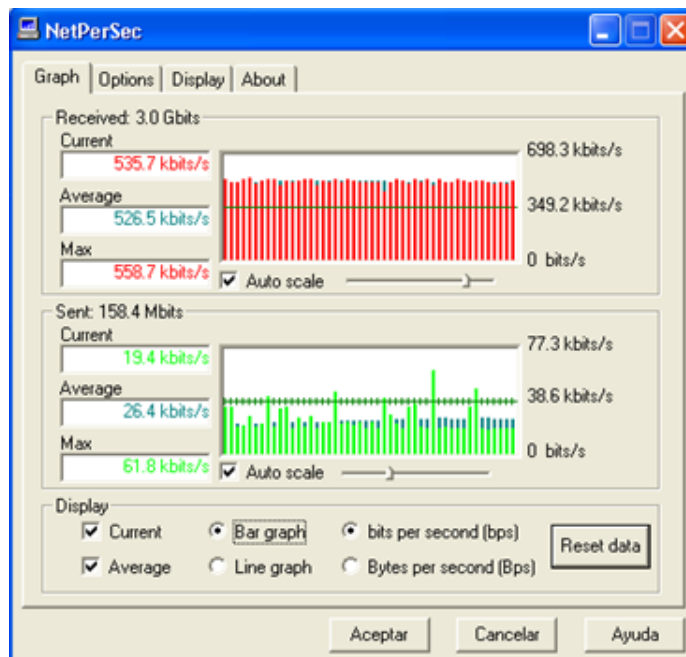


Figura 31 Primera prueba del modem de la segunda cadena en bps

Fuente: Elaboración propia

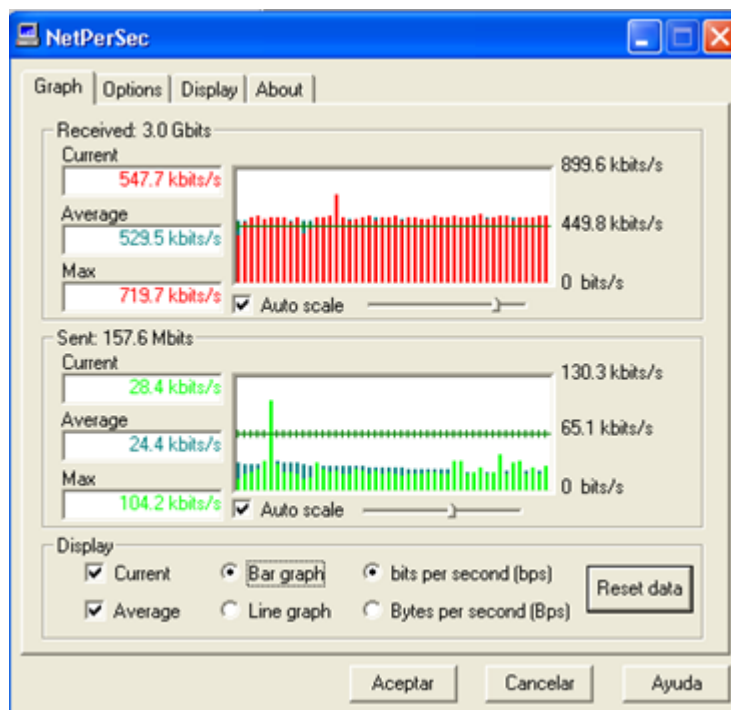


Figura 32 Segunda prueba del modem de la segunda cadena en bps

Fuente: Elaboración propia

Capítulo V

Resultados

En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos al llevar a cabo todos los pasos descritos en el desarrollo. Se observan cada uno de los entregables que corresponden a cada uno de los objetivos específicos anteriormente planteados.

Todos los resultados obtenidos al realizar las mediciones van acompañados de sus respectivos análisis y comparaciones, lo que permite dar respuesta al planteamiento del proyecto.

V.1 Resultados de la investigación documental

En esta primera fase se recolectó todos los datos teóricos referentes al tema de estudio, de forma particular se hizo énfasis en la búsqueda de ciertos aspectos y definiciones que fueron planteados como objetivos importantes.

Los conceptos significativos en torno a los cuales se desarrolla la documentación son: la conformación y funcionamiento de los sistemas y enlaces satelitales, bandas de frecuencia a la que opera los satélites, la tecnología satelital VSAT, definición del Hub Satelital y los equipos que lo componen.

Los resultados de esta fase se ven reflejados en el Capítulo II del trabajo de grado, dicho capítulo corresponde al marco teórico o referencial, donde se ve manifestada toda investigación realizada para comprender y sentar bases acerca del tema del proyecto. Esta documentación es necesaria para llevar a cabo los procesos de pruebas de manera exitosa y sin mayores inconvenientes.

V.2 Resultados de la prueba de voltaje

Como se observa en la tabla 2, el resultado arrojado por el multímetro al medir los voltajes DC de cada modem (cadena 1 y 2), se aproximan al valor correcto de funcionamiento tanto en transmisión, como en recepción. Que el valor resultante no sea exactamente 24 voltios (Tx) y 18 voltios (Rx) se debe a que estos aparatos están compuestos por varios componentes electrónicos, donde cada uno posee un margen de error admisible (tolerancia), que afectan el resultado final. Sin embargo estos valores están dentro de un rango aceptable.

	Transmisión	Recepción
Modem de la primera cadena	24.6	18.7
Modem de la segunda cadena	24.6	18.8

Tabla 2 Voltaje de los modems de ambas cadenas en transmisión y recepción

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba nos permite confirmar que los equipos están en óptimas condiciones en cuanto a la configuración por parte del proveedor, confirmado esto se continuara con las siguientes pruebas, haciendo uso de los mismos modems.

V.3 Resultados de los parámetros obtenidos del Menú *installer - idu monitoring*

Al ingresar al Menú *installer - idu monitoring* se obtienen varios parámetros entre los cuales están:

- *SIT Operational State (Active)*: Indica que el modem posee la permisología necesaria para entrar al sistema satelital.
- *FL Status (Acquired)*: Indica que el modem se encuentra recibiendo y entendiendo la señal proveniente del satélite.
- *RL Status (Ready Mode)*: Indica que el modem satelital se encuentra capacitado para transmitir información hacia el satélite en cualquier momento.
- *IDU Power Level*: Indica la potencia utilizada por el modem para la transmisión en ese momento (este valor puede ser variable y depende tanto de factores climáticos como del HUB).
- *IDU TX Status (Enabled)*: Indica que el puerto de transmisión del modem está habilitado
- *RL Measured Es/No*: Indica la relación señal ruido perteneciente a la etapa de transmisión.

Los parámetros restantes, que son los más significativos se presentan en la tabla 3, donde se hace la comparación entre los resultados arrojados en las pruebas de la cadena uno y los resultados de la cadena dos.

TX Frequency (in 100 Hz): indica la frecuencia utilizada por el modem para transmitir la información.

La frecuencia de transmisión en el modem perteneciente a la primera cadena es de 14.256.593.600 Hz y el valor para el modem de la segunda cadena es de 14.382.202.400 Hz, de esta manera se evidencia que la frecuencia de transmisión es un poco mayor en el modem perteneciente a la reingeniería. Que este valor sea mayor indica que el ancho de banda disponible es más grande, lo que trae un beneficio pues al dividir el ancho de banda en varios canales entrara una mayor cantidad de remotas,

comparado con los modems de la primera cadena. Esta frecuencia es asignada por el telepuerto.

FL Measured Power Level: Indica los niveles de potencia en dBm censados en la etapa de recepción.

En el caso de la potencia de recepción para el modem de la primera cadena el valor es de -46.73dbm, un poco mayor que la del modem de la segunda cadena que es de -46.91dbm. Este valor tiene que ver con el medio de transmisión (cable coaxial) que transporta una cantidad de señales que poseen ruido, el último afecta la potencia de recepción de distinta forma para cada modem.

El FL (*foward link*) medido en términos de relación señal a ruido (SNR), es un parámetro de suma importancia. Observamos que el valor para el modem de la segunda cadena es de 9.86db, menor al valor del modem de la primera cadena que es de 14.29db. Esto es un indicativo de que la reingeniería ha traído mejoras al sistema, pues un menor valor en la relación señal a ruido del FL, significa una mejor recepción de la señal por parte de la remota.

	Frecuencia de Tx	Potencia de Rx	FL medido en SNR
Modem de la primera cadena	14.256.593.600Hz	-46.73dbm	14.29db
Modem de la segunda cadena	14.382.202.400 Hz	-46.91dbm	9.86db

Tabla 3 Diferencia de parámetros obtenidos del Menú installer de cada modem

Fuente: Elaboración propia

La diferencia más importante en la configuración de los modems corresponde al archivo de configuración que se le carga. Este archivo contiene una cantidad de códigos mediante los cuales el modem queda configurado con los parámetros necesarios dependiendo de la cadena a la que pertenece; dicho archivo es proporcionado por la compañía que produce el modem.

Como se aprecia en la tabla 4 las IP de los modems no pertenecen al mismo bloque de direcciones, esto se debe a que cada cadena es independiente de la otra. A los modems de la cadena uno se le asigna direcciones que estén en el bloque 172.16.71.XX, mientras que el bloque de direcciones a los cuales pertenecen los modems de la cadena dos es 172.17.1.XX. A cada modem se le configura un DHCP, que es un protocolo de capa tres que toma la dirección IP asignada por el telepuerto, y genera una cantidad de direcciones a cada dispositivo que se conectará mediante esta red, por lo tanto la diferencia del DHCP aun cuando el protocolo tenga la misma configuración, viene dada por la dirección que se le asigne al modem, que es diferente para cadena uno y cadena dos como se explicó anteriormente.

Al igual que la dirección IP, la dirección de la OAM se diferencia entre las dos cadenas pues pertenecen a bloques de direcciones distintas. La OAM es una IP asignada por el telepuerto, para que el último pueda acceder a los modems configurados y realizar labores de operación y mantenimiento (actualizaciones, configuraciones, etc.) sin necesitar la autorización del usuario.

La MAC de cada equipo, independientemente de que sea de la cadena uno o dos, es asignada por el telepuerto, ya sea el de Camatagua o el de Bamari. Los dos telepuertos manejan las asignaciones de mac a los distintos equipos pertenecientes a ambas cadenas.

	Archivo de configuración	Ip	OAM	Mac
Modem de la primera cadena	IDU	172.16.130.129	10.1.9.25	00-40-fd-01-9e-23
Modem de la segunda cadena	IDU 2	172.17.1.33	10.1.16.3	00-40-fd-01-8d-c2

Tabla 4 Diferencia de parámetros de configuración entre los modems

Fuente: Elaboración propia

V. 4 Resultados del programa NetPerSec

Se elije el programa NetPerSec y no otra herramienta de medición de velocidad, como la de la empresa CANTV u otra, por razones simplemente de preferencia en la interfaz grafica. Pues con NetPerSec se obtiene mucha mas información en el comportamiento del servicio desde punto de vista visual.

Los servicios de internet aportados por la empresa CANTV son del tipo 4 a 1, es decir la velocidad de bajada es cuatro veces mayor con respecto a velocidad de subida, es decir: 2048/512Kbps, 1024/256Kbps, 512/128Kbps y 256/64Kbps.

Las pruebas de los modems de 512Kbps de bajada con la herramienta NetPerSec fueron realizadas a las 2pm. Se saturó el enlace abriendo varias páginas de video haciendo uso de internet, con la finalidad de ver su comportamiento.

Con respecto a las dos pruebas referentes a la primera cadena se aprecia que la velocidad medida mediante el programa es muy cercana al valor ideal, en primer lugar es de 504,6Kbps y luego el enlace logra otorgar una velocidad de 510Kbps, esto quiere decir que existe una calidad de servicio en el uso de Internet.

Para la segunda cadena apreciamos que en la primera prueba la velocidad de bajada media es de 526,5Kbps y en la segunda prueba se alcanza una velocidad de 529,5Kbps, siendo ambos valores mayores a 512Kbps, que es la velocidad teórica del servicio aportado. Esto ocurre debido a que la segunda cadena está menos copada que la primera, por ende no hay una gran cantidad de usuarios que compitan por el ancho de banda existente, lo que se deriva en que los pocos clientes que se encuentren gozando del servicio de Internet ubicados en la segunda cadena del Hub, eventualmente podrán gozar velocidades mayores a lo que se considera la calidad de servicio, situación que ira cambiando a medida que se incrementen la demanda.

	Velocidad media de bajada (teórica)	Velocidad media de bajada (práctica)
Modem primera cadena (prueba1)	512Kbps	504,6Kbps
Modem primera cadena (prueba 2)	512Kbps	510Kbps
Modem segunda cadena (prueba 1)	512Kbps	526,5Kbps
Modem segunda cadena (prueba 2)	512Kbps	529,5Kbps

Tabla 5 Velocidad teórica y practica entregada por el modem

Fuente: Elaboración propia

El servicio de internet prestado por la empresa CANTV es bajo demanda, es decir el usuario compite por el ancho de banda, lo que trae como consecuencia que dependiendo de la hora se puede tener más o menos tráfico por parte de los usuarios, y por lo tanto la calidad de servicio puede variar.

La velocidad a la que navega un modem es aprobado y asignado por el telepuerto, y depende de la prioridad del servicio con respecto al cliente, el sector y otros parámetros que se deben considerar.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas al finalizar cada uno de los procesos que se llevaron a cabo para conseguir la culminación del trabajo especial de grado con éxito. Además se incluyen ciertas recomendaciones relevantes para este tipo de proyectos.

VI.1 Conclusiones

Cada uno de los objetivos planteados al inicio de este proyecto, fueron cumplidos en su totalidad, en algunos casos se presentaron retrasos, pero estos no afectaron el resultado final. Gracias a las pruebas presentes en los capítulos anteriores se logro hacer la medición del impacto en la reingeniería del Hub satelital DVB-RCS en los enlaces satelitales de la banda Ku.

La investigación teórica resulto de gran utilidad y relevancia a la hora realizar cada una de las pruebas, pues permitió entender cada paso realizado y ayudo a analizar cada uno de los resultados obtenidos. Además que gracias a esta documentación se comprendió el sistema satelital y todos los procesos que están involucrados en el mismo.

De esta investigación se concluyó que la banda Ku es ideal para prestar servicios de internet, ya que presenta ventajas ante otras bandas. La banda C ya se encuentra muy congestionada y usa antenas de mayor diámetro que la banda Ku, lo que deriva en un beneficio económico. Por otro lado no existen muchos equipos de banda Ka implementados actualmente, a diferencia de los equipos existentes en banda Ku. Estas

ventajas económicas opacan el hecho de que por las frecuencias en las que opera esta banda, la misma es propensa a lluvias.

Gracias a la documentación acerca de la tecnología VSAT pudimos comprender que es ideal para conexiones del tipo bidireccional, y que es un sistema utilizado comúnmente para prestar servicios en áreas de difícil acceso, pues las remotas al ser tan pequeñas pueden instalarse en cualquier parte y no están limitadas por el alcance del cableado

Se determinó que el modem satelital VSAT es un equipo indispensable para la realización de pruebas, ya que brinda una interfaz, con la que el usuario o el administrador del servicio pueden interactuar, permitiéndole así chequear los valores que indican el sistema.

Se demostró que la reingeniería (la creación de una segunda cadena del Hub), presenta mejoras en el servicio en cuanto a dos parámetros importantes como la frecuencia de transmisión y relación señal a ruido en recepción.

En cuanto a los valores de la frecuencia de transmisión se concluyó que en la segunda cadena se pueden tener más usuarios por medio de la división del ancho de banda. En el caso del valor de la relación señal a ruido (SNR), se mostró una mejora en la segunda cadena, ya que el valor arrojado deriva en una mejor recepción de la señal.

Las pruebas efectuadas haciendo uso del programa NetPerSec lograron demostrar que ambas cadenas garantizan la calidad del servicio. En la primera cadena se aprecia que la velocidad medida mediante el programa es muy cercana al valor ideal (512Kbps). Mientras que para la segunda cadena apreciamos que las

velocidades medias prácticas son mayores a 512Kbps. Esto se debe a que el servicio de internet ofrecido por CANTV es bajo demanda, lo que beneficia a los usuarios que se están ubicando en la segunda cadena pues está esta menos copada, es decir no hay una gran cantidad de usuarios que compitan por el ancho de banda existente, caso que si esta presente para los usuarios ubicados en la cadena uno.

Se demostró que la reingeniería es de suma importancia ya que se incluyeron más clientes que gozarán del servicio de aba satelital, manteniendo la calidad de servicio. Este es uno de los objetivos más importantes para la empresa CANTV y el satélite Simón Bolívar, cuya misión principal es llevar esta tecnología a los lugares más remotos del país.

VI.2 Recomendaciones

Se recomienda tener cuidado al momento de realizar pruebas con modems VSAT pertenecientes a la banda Ku, pues su comportamiento se ve afectado por fenómenos meteorológicos como la lluvia.

Para lograr la conexión a nivel nacional que se desea será necesario llevar a cabo otras reingenierías, donde se amplíen las cadenas de los Hubs existentes tanto en la estación terrena de Bamari, como la estación terrena de Camatagua, es por esto que se le recomienda a la empresa CANTV realizar las mediciones y pruebas anteriormente descritas con la finalidad de medir el impacto de las próximas reingenierías antes de ponerlas en funcionamiento. Situando especial atención a la calidad del servicio para evitar inconvenientes en el servicio prestado.

Bibliografía

Abad, C., & Beguiristai, J. (2008). *Todo Programas*. Recuperado el 18 de Octubre de 2010, de <http://www.todoprogramas.com/manuales/ficheros/2008/1.430.835.pdf>

ABAE. (2009). *ABAE*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2010, de http://www.abae.gob.ve/paginas/satelite_simon_bolivar.html

Albornoz, J., & Pérez, N. (2008). *Satélite Simón Bolívar: Nueva Era de las Telecomunicaciones en Venezuela*. Mérida.

Alcaíno, M. (2011). *Dimensionamiento de la estación terrena de respaldo de servicios para operación del satélite Simón Bolívar*. Caracas.

Allègre, C. (2005). *Un poco de ciencia para todo el mundo*. Barcelona: Paidós Ibérica, S.A.

Andreu, J. (2010). *Servicios en Red*. Editex.

Archila, V., Expósito, R., & Fiore, M. (1997). *Mientras el universo exista: las telecomunicaciones por satélite en Venezuela*. Caracas: Fundación Carlos Eduardo Frías.

AulaClic. (2011). *Curso de Internet*. AulaClic S.L.

Barba, H. V., & Chafra, J. F. (2006). *Simulación de una red VSAT Full-Duplex para acceso a internet usando la plataforma DVB-S y DVB-RCS*. Quito.

- Benassini, M., & Muñoz, C. (1998). *Còmo Elaborar Y Asesorar Una Investigaciòn de Tesis*. México: Prentice Hall Hispanoamerica, S.A.
- Black, U. (1987). *Redes de transmisión de datos y proceso distribuido*. Madrid: Díaz de Santos, S.A.
- Blake, R. (2004). *Sistemas electrónicos de comunicaciones*. México D.F: International Thomson Editores S.A.
- Bozzeta, G. S. (2011). *Diseño de un sistema receptor de televisión vía satélite para zonas rurales en el departamento de Cajamarca*. Lima.
- Cabrera, C. (2012). *DISEÑO DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES PERTENECIENTES A LAS INSTALACIONES SATELITALES VSAT DE CANTV*. Caracas.
- Castro, A., & Jorge, R. (1999). *Teleinformática para ingenieros en sistemas de información*. Barcelona: Reverté, S.A.
- Castro, E. (10 de Agosto de 2012). Equipos del Hub satelital. (K. Ovalles, Entrevistador)
- Cazares, L. (2000). *Técnicas Actuales de Investigación Documental*. México: Trillas.
- Chacón, R. J. (2002). *Manual para la puesta en servicio de estaciones VSAT spaceweb*. Caracas.
- Delgado , E. (2009). *El GPS en la construcción*. Barcelona: Ceac.

Dubs, R. (2002). *El proyecto factible: una modalidad de investigación*. Caracas.

Figueiras, A. (2002). *Una panorámica de las telecomunicaciones*. Madrid: Pearson Educacion, S.A.

Fundacite Zulia. (2010). *Fundacite Zulia*. Recuperado el 24 de Enero de 2012, de http://www.fundacite-zulia.gov.ve/fnd/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=16&Itemid=86

Gaetano, O. (3 de Octubre de 2009). *Los Satélites de Comunicaciones*. Santiago de Cuba.

García, J. J. (1989). *Los satélites de comunicaciones*. Barcelona: Marcombo, S.A.

Hernández, M. A. (2011). *Instrumentación de un sistema de monitoreo y transmisión satelital de la precipitación y el nivel del río La Antigua*. Veracruz.

Huidobro, J. (2002). *Los ingenieros de telecomunicación y el día de internet*. Madrid.

Huidobro, J. (2006). *Redes y servicios de telecomunicaciones*. Madrid: Paraninfo.

Huidobro, J. M. (2000). *Sistemas telemáticos*. Madrid: Paraninfo.

Infoweek. (2009). Negocios Satelitales. *Infoweek*, 14.

Jamrichoja, J., & Oja, D. (2008). *Conceptos de Computación: Nuevas Perspectivas*. México, D.F : Cengage Learning, Inc.

- Lara, D. (2002). *Sistemas inalámbricos de comunicación personal*. México: Alfaomega grupo editor, S.A.
- Martín, J. C. (2010). *Infraestructura comunes de telecomunicaciones en viviendas y edificios*. Editex.
- Mejías, J. C. (2011). *Implementación de servicios de voz y datos en los "NUDETEL" (Núcleos de Desarrollo de Telecomunicaciones) a través de la red de proxima generación NGN TELECOM Venezuela*. Caracas.
- Neri, R. (2003). *Comunicaciones por satélite*. México D.F: International Thomson Editores, S.A.
- Pardo, S. (2010). *Estudio de algoritmos basados en DAMA para la distribución de ancho de banda en redes DVB-RCS*. Cataluña.
- Pérez, C., & Zamanillo, J. (2003). *Fundamentos de televisión analógica y digital*. Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Phillips, J. (1998). *Sistema de inventario y titulación de tierras del INDA*. Quito.
- Prensa Web YVKE. (29 de Octubre de 2008). *Aporrea*. Recuperado el 16 de Enero de 2012, de <http://www.aporrea.org/tecno/n123152.html>
- Priestland, D. (2010). *Bandera Roja*. Barcelona: Crítica, S.L.
- Rapp, F. (2009). *DVB-RCS - ARGUMENTACION*.

- Rodriguez, F. (1995). *Diseño del enlace satelital e integración de equipos en la estación terrena de la empresa TELEVEN*. Caracas.
- Ruiz, F. (1999). *Antenas parabólicas*. Barcelona: Grupo Editorial Ceac.
- Sánchez , M., & Fernández , L. (2004). El uso de satélites en las ciencias de la tierra y de la vida. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 249.
- Sarchi, F. (2011). *Voz sobre IP (VOIP) en redes satelitales (VSAT)*. Quito.
- Silva, Z. (2011). *Propuesta de alimentadores de antenas parabolicas en bandas C Y Ku*. Caracas.
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de computadoras*. México: Pearson Educación.
- Tomasí, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. México: Pearson Educación.
- UPEL. (2002). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas: FEDUPEL.

Anexos

Anexo 1: Glosario de términos o Acrónimos

BUC: Bloque Convertidor De Subida / Block Up Converter.

CANTV: Compañía Anónima Nacional Teléfonos De Venezuela

GEO: Órbita Terrestre Geoestacionaria / Geostationary Earth Orbit

HUB: Concentrador Satelital.

IDU: Unidad Interna / Indoor Unit.

IP: Protocolo de Internet / Internet Protocol.

LEO: Órbita Terrestre Baja/ Low Earth Orbit.

LNA: Amplificador De Bajo Ruido / Low Noise Amplifier.

LNB: Bloque De Bajo Ruido / Low Noise Block.

NMS: Sistema De Monitoreo y Control De La Red / Network Management System.

ODU: Unidad Externa / Outdoor Unit.

SNMP: Protocolo Simple de Administración de Red/*Simple Network Management Protocol*.

TCP: Potrocolo De Control De Transmisión / Transmission Control Protocol.

VSAT: Terminal de Apertura Muy Pequeña / Very Small Apertura Terminal