

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES PERTENECIENTES A LAS INSTALACIONES SATELITALES VSAT DE CANTV.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central De Venezuela
Por el Br. Cabrera A., Carlos E.
Para optar por el título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES PERTENECIENTES A LAS INSTALACIONES SATELITALES VSAT DE CANTV.

Prof. Guía: Ing. William Jota.
Tutor Industrial: Ing. Jean Pyert Oropeza.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central De Venezuela
Por el Br. Cabrera A., Carlos E.
Para optar por el título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012.

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 08 de junio de 2012

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Cabrera A. Carlos E., titulado:

“DISEÑO DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES PERTENECIENTES A LAS INSTALACIONES SATELITALES VSAT DE CANTV”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Lorena Núñez
Jurado



Prof. María Lejed
Jurado



Prof. William Jota
Prof. Guía

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primero que nada a Dios Todopoderoso, quien me ha cuidado durante este largo recorrido hacia la adquisición del conocimiento y me ha brindado la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera, siendo mi guía en todo momento y abriendo todos los caminos.

A mis padres Sandra Altuna de Cabrera y Ovidio Cabrera quienes con su empeño y dedicación me han llevado hasta este punto de la vida de manera exitosa, por lo que espero que se encuentren tan orgullosos de mí como Yo de ellos.

A mis hermanos Carlos Daniel Cabrera y Andreina Cabrera quienes con su amor incondicional hacen que cada día me esfuerce aun más, para ser un buen ejemplo para ellos y una buena guía en sus vidas.

A mis abuelos, abuelas, tíos y tías, así como a todos mis seres amados a los que quiero enormemente y espero enorgullecer con este trabajo.

A Marisela Verónica Berroterán Rodríguez quien ha sido pieza fundamental en el alcance de este logro, con su ayuda, paciencia, dedicación, amor y compañía, y por quien me siento eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor académico William Jota por su amistad y ayuda incondicional.

A mi tutor industrial Jean Pyert Oropeza, quien me brindo su ayuda incondicional, así como también numerosas oportunidades de aprendizaje durante mi estadía en el proyecto.

A mis compañeros de trabajo quienes hicieron de mi estadía en su proyecto más agradable y placentera, con su entera ayuda y disposición.

A María Auxiliadora Rojas por su dedicación, esfuerzo, trabajo arduo y el gran amor que le tiene a los estudiantes y a la escuela, eres una persona muy especial y tienes nuestra eterna gratitud y cariño.

A cada uno de mis amigos, quienes me acompañaron en este largo camino copado de grandes obstáculos, pero que de una u otra forma logramos sortear, con nuestras largas horas, y días de estudios, sin ustedes posiblemente las dificultades hubieran sido mayores.

A cada uno de los profesores y empleados que conforman la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela, ya que cada uno de ustedes marcan la diferencia en nuestras vidas y sin ustedes todo esto no fuera posible.

Cabrera A. Carlos E.

**DISEÑO DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA
EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES PERTENECIENTES A
LAS INSTALACIONES SATELITALES VSAT DE CANTV.**

Prof. Guía: Ing. William Jota. Tutor Industrial: Ing. Jean Pyert Oropeza. Tesis. Caracas. UCV Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Empresa: CANTV. U.C.V 66 h + anexos.

Palabras claves: Tecnología satelital VSAT, Remotas satelitales, Manual de procedimientos.

Resumen: Con la finalidad de diseñar correctamente el manual de procedimientos para la evaluación de los componentes pertenecientes a las instalaciones satelitales VSAT de CANTV y con la intención de reducir el tiempo utilizado en la solución de las averías presentadas por las remotas satelitales, fue necesario dividir el trabajo en cuatro fases. La primera fase consistió en realizar un estudio documental referente a los sistemas satelitales geoestacionarios, la tecnología satelital VSAT, así como también los pasos necesarios para diseñar un manual de procedimientos. En la segunda fase se realizaron pruebas con cada uno de los componentes pertenecientes a las remotas satelitales de tecnología VSAT durante condiciones de avería, para así observar su comportamiento y obtener la información necesaria para generar el manual de procedimientos. En la tercera fase se diseñó y generó el manual de procedimientos. En la cuarta fase se realizó el informe final con el fin de documentar el trabajo de investigación y se obtuvo como resultado que el manual de procedimientos disminuye la cantidad de horas hombres utilizadas para la solución de averías en las remotas satelitales y a su vez trae grandes ahorros económicos para CANTV, optimizando así el uso de los recursos disponibles.

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
LISTA DE FIGURAS, ILUSTRACIONES O GRÁFICOS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1 Tecnología satelital VSAT.....	5
2.1.2 Componentes que conforman las remotas satelitales VSAT.....	6
2.1.3 Principio de funcionamiento de una red VSAT.....	23
2.1.4 Tipos de satélites.....	25
2.1.5 Satélite geoestacionario.....	29
2.1.6 Satélite VENESAT-1.....	30
2.1.7 Manual de procedimientos.....	35
CAPÍTULO III.....	37
3.1 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
3.1.1 Evaluación del sistema satelital de CANTV.....	42
3.1.2 Tipos de fallas del sistema satelital.....	45
3.1.3 Estudio experimental de las fallas.....	53
3.1.4 Protocolo de pruebas.....	56
3.1.5 Frecuencia de daño de los equipos utilizados.....	58
3.1.6 Vida útil de los equipos satelitales VSAT.....	60
3.1.7 Tiempo estimado para la solución de averías.....	60
3.1.8 Costo de los equipos satelitales.....	61
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS, ILUSTRACIONES O GRÁFICOS

FIGURAS, ILUSTRACIONES O GRÁFICAS	pág.
Figura 1. Esquemas de funcionamiento en los sistemas satelitales VSAT.....	6
Figura 2. Diagrama en bloques de la estación central.....	7
Figura 3. Antena de la estación central.....	9
Figura 4. Diagrama en bloques de recepción y transmisión de un satélite de comunicaciones.....	12
Figura 5. Diagrama en bloques de la estación remota VSAT.....	13
Figura 6. Polarización de las antenas satelitales.....	17
Figura 7. Tipos de antenas VSAT comúnmente utilizadas.....	19
Figura 8. Antena reflectora paraboloide simétrica al eje.....	20
Figura 9. Antena reflectora no simétrica al eje (Offset).....	21
Figura 10. Cadena de alimentación en una antena VSAT.....	22
Figura 11. Equipamiento VSAT en sitio.....	23
Figura 12. Componentes de una red VSAT.....	24
Figura 13. Tipos de órbitas.....	26
Figura 14. Componentes de un satélite de comunicaciones.....	29
Figura 15. Órbita del satélite VENESAT-1.....	31
Figura 16. Huella del satélite VENESAT-1 dividida por banda.....	33
Figura 17. Satélite VENESAT-1.....	34
Figura 18. Hoja de cálculo.....	38
Figura 19. Hoja de cálculo de azimut y elevación.....	39
Figura 20. Pantalla de inicio en la interfaz del modem.....	43
Figura 21. Valores del sistema satelital trabajando correctamente.....	44
Figura 22. Servidor FTP.....	48
Figura 23. Servidor FTP new user.....	48
Figura 24. File management.....	49
Figura 25. File management sitcfg.xml.....	49
Figura 26. Network configuration.....	50
Figura 27. Installation.....	50
Figura 28. DHCP management.....	51

LISTA DE TABLAS

TABLA	Pág.
Tabla 1. Bandas de Frecuencias Utilizadas en Satélites.....	30
Tabla 2. Relación de Valores y Sus Significados.....	40
Tabla 3. Estudio de Equipos Averiadados.....	58
Tabla 4. Averías Estimadas para el 2012.....	59
Tabla 5. Vida Útil de los Equipos Satelitales VSAT.....	60
Tabla 6. Costos de Adquisición de Equipos.....	61

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ADSL: Línea De Abonado Digital Asimétrica / Asymmetric Digital Subscriber Line

BUC: Bloque Convertidor De Subida / Block Up Converter.

CANTV: Compañía Anónima Nacional Teléfonos De Venezuela

EDGE: Tasas De Datos Mejoradas Para La Evolución De GSM / Enhanced Data Rates GSM of Evolution.

EIRP: Potencia Efectiva Radiada En Forma Isotrópica / Equivalent isotropically radiated power.

EV-DO: Evolución De Datos Optimizado / Evolution-Data Optimized.

FTP: Protocolo De Transferencia De Archivos / File Transfer Protocol.

GEO: Órbita Terrestre Geoestacionaria / Geostationary Earth Orbit.

GPS: Sistemas De Posicionamiento Global / Global Positioning System.

HEO: Órbita Elíptica Alta / Highly Elliptical Orbit.

HUB: Concentrador Satelital.

IDU: Unidad Interna / Indoor Unit.

IP: Protocolo de Internet / Internet Protocol.

LEO: Órbita Terrestre Baja/ Low Earth Orbit.

LHCP: Polarización Circular Hacia La Mano Izquierda / Lefthand Circular Polarisation.

LNA: Amplificador De Bajo Ruido / Low Noise Amplifier.

LNB: Bloque De Bajo Ruido / Low Noise Block.

MAC: Control De Acceso Al Medio / Media Access Control.

MEO: Órbita Terrestre Media / Medium Earth Orbit.

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

ODU: Unidad Externa / Outdoor Unit.

OMT: Transductor De Modo Ortogonal / Orthogonal Mode Transducer.

RHPC: Polarización Circular Hacia La Mano Derecha / Righthand Circular Polarisation.

SNR: Relación Señal Ruido / Signal To Noise Ratio.

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

UIT: Unión Internacional De Telecomunicaciones.

VDSL: DSL De Muy Alta Tasa De Transferencia / Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line.

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

INTRODUCCIÓN.

La necesidad de comunicar localidades que se encuentran separadas por grandes distancias, ha permitido que se desarrolle una amplia gama de tecnologías, entre estas podemos decir que una de las más importantes es la satelital, dado que con ella se ha conseguido brindar comunicación a cualquier tipo de localidad sin importar que sea rural ó urbana, este cerca ó alejada, siempre y cuando se encuentre dentro de la zona de cobertura del satélite.

Desde el lanzamiento del satélite VENESAT-1 el Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela a través de su principal compañía de telecomunicaciones CANTV, se ha encargado de realizar un despliegue masivo de remotas satelitales de tecnología VSAT con la finalidad de brindarle acceso a Internet de banda ancha a las poblaciones que no cuentan con este servicio, esto en la búsqueda de una mayor inclusión social.

La instalación de un gran número de remotas satelitales trae consigo mayores probabilidades de apariciones de averías en los equipos que la conforman, normalmente para la solución de estas averías se requieren una gran cantidad de horas hombre, ya que el proceso utilizado para la detección de las mismas es netamente empírico y está basado en el ensayo y error de los técnicos, es por esto que surge la necesidad de generar un manual de procedimientos que permita obtener un diagnostico rápido de los equipos que se encuentran fallando y así proceder a su pronta solución, con lo cual la empresa optimiza el tiempo utilizado para la puesta en servicio del sistema, mientras que el usuario logra disfrutar del beneficio en un menor tiempo.

El siguiente trabajo está formado por tres capítulos, en el primer capítulo se encontrará el planteamiento del problema y los objetivos generales y específicos de este trabajo, en el planteamiento del problema se explica la necesidad presentada por parte de la compañía estatal CANTV de generar un

manual de procedimiento para la evaluación de los componentes pertenecientes a las instalaciones satelitales de tecnología VSAT de sus remotas, con el fin de reducir los tiempos de solución de averías que se presentan en las mismas. El segundo capítulo está formado por el marco teórico, en éste se encontrará la información necesaria para que el lector sea capaz de entender perfectamente los términos y conceptos manejados en este trabajo. Por último en el tercer capítulo se podrán observar las pruebas realizadas y el análisis de los resultados obtenidos en dichas pruebas, para lograr generar un manual de procedimientos que satisfaga las necesidades presentadas por la compañía CANTV descritas en el planteamiento del problema.

CAPÍTULO I

1.1 PROBLEMA.

En nuestro país poseemos un gran número de localidades que aún no se encuentran conectadas al servicio de Internet, esto debido a que en la mayoría de los casos las mismas están ubicadas en zonas de difícil acceso geográfico, en otros casos no se encuentran conectadas al servicio debido a que por razones específicas ninguna tecnología existente puede surtir la demanda en el lugar, estas tecnologías pueden ser: Internet por par de cobre (ADSL, VDSL) ó Internet ofrecido por plataformas de telefonía móvil (EV-DO, EDGE). Es por esto que la Compañía Anónima Nacional Teléfonos De Venezuela (CANTV) en concordancia con el Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, han decidido conectar las localidades que presentan estas dificultades, al servicio de Internet, a través del satélite VENESAT-1 con el cual contamos desde su lanzamiento en el año 2008 y apoyados en la tecnología satelital VSAT. Para ello se desplegó una instalación masiva de remotas satelitales de tecnología VSAT que permitiría surtir la demanda de la población.

Con la instalación de un mayor número de remotas satelitales aparecen también mayores probabilidades de conseguir averías en el sistema, lo cual es normal que suceda, ya sea por desgaste de los equipos electrónicos, fallas ó problemas de instalación eléctricas, mal trato de los equipos, entre otros. Las averías comúnmente ponen fuera de funcionamiento a las remotas satelitales, por lo cual se envían cuadrillas de técnicos encargados de solventarlas, dichos técnicos utilizan un método empírico que está basado en el ensayo y el error, lo que causa que las fallas tarden más tiempo en ser solventadas, generando así una pérdida de dinero para la compañía y una mala calidad de servicio para las comunidades.

Para hacer más eficiente y rápido el trabajo de los técnicos a la hora de solventar las averías se propuso realizar un manual de procedimientos basado en métodos experimentales, para la sustitución de los equipos satelitales VSAT, lo que permitirá a los técnicos llegar a una solución eficaz, obteniendo así grandes beneficios para la empresa y usuarios muy satisfechos.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 Objetivo General.

Diseñar un manual de procedimientos para la evaluación de los componentes pertenecientes a las instalaciones satelitales terminales VSAT.

1.2.2 Objetivos Específicos.

1. Investigar los requisitos necesarios para la elaboración de un manual de procedimientos.
2. Investigar de manera exhaustiva los componentes que conforman las instalaciones satelitales VSAT.
3. Recopilar información estadística referente a la vida útil, frecuencia de daño y las fallas más comunes de los componentes que conforman las instalaciones satelitales terminales VSAT.
4. Elaborar un protocolo de pruebas orientado a la detección de fallas en los componentes de los sistemas satelitales VSAT de CANTV
5. Realizar pruebas en la maqueta instalada en la sede de CANTV para el análisis y reemplazo de los equipos terminales VSAT.
6. Generar un manual de procedimientos para el análisis y reemplazo de los equipos que conforman las instalaciones satelitales terminales VSAT.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO TEÓRICO.

2.1.1 Tecnología satelital VSAT.

La tecnología VSAT o Very Small Aperture Terminal, surge con el concepto de transmitir señales vía satélite. En sus inicios, para que estos sistemas pudieran ser exitosos, se requería que los equipos terminales fueran de pequeño tamaño, con un consumo de energía bajo y con una alta capacidad de transmisión y recepción de señales, esto se logró con la ayuda de la tecnología antes mencionada, lo cual la puso a la vanguardia en los sistemas satelitales geoestacionarios. Las remotas VSAT fueron para el mercado satelital un gran avance tecnológico dado que estas permitían la transmisión y recepción vía satélite de voz digitalizada ó analógica, faxes, video a baja velocidad y datos combinados entre sí en forma confiable utilizando antenas de pequeño diámetro (0.9, 1.2, 1.8 y 2.4 m), las cuales varían dependiendo de la banda de operación, la ubicación geográfica respecto al satélite y la velocidad de transmisión requerida.

Las estaciones VSAT se asocian generalmente a un terminal remoto en una red dedicada de datos, basados en una configuración tipo estrella, la cual está compuesta por un concentrador (Hub) o estación terrena central, con una antena de mayor apertura que controla un conjunto de remotas VSAT, compuestas por antenas más pequeñas, con dimensiones típicas de 0.5 a 2.4 m de diámetro tal como se indica en la Figura 1.

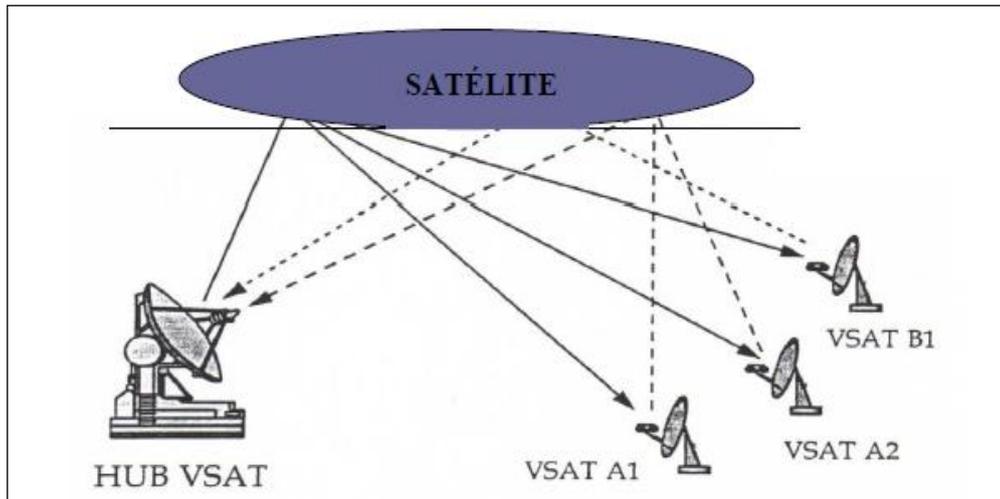


Figura 1. Esquemas de funcionamiento en los sistemas satelitales VSAT.[13]

2.1.2 Componentes que conforman las remotas satelitales VSAT.

Una red de tecnología VSAT consta de tres componentes principales: Una estación central o Concentrador, el satélite, y las estaciones terrestres VSAT. Los elementos principales de una red de este tipo lo constituyen la estación central y los terminales VSAT. Ambos llevan a cabo funciones similares en términos de manejo de señales, la diferencia está en los niveles de potencia transmitida y el desempeño en la recepción.

El desempeño de la recepción de la antena viene especificado por el EIRP (potencia efectiva radiada en forma isotrópica) en el modo de transmisión y la figura de mérito G/T en el modo de recepción. Ambos parámetros dependen directamente del tamaño de la antena; mientras mayor sea el diámetro de la antena mejor será el desempeño del sistema.

2.1.2.1 Estación central (concentrador)

Esta estación es la encargada del proceso de conmutación para interconectar la red y encaminar el tráfico (routing). Puede procesar la señal recibida regenerando la data y retransmitiendo la señal con un transmisor de alta potencia a otra estación terminal VSAT vía satelital, para obtener así los niveles de señal requeridos.[13]

La estación central o concentrador controla la operación de la red de comunicaciones. Permite manejar conexiones con un sólo salto o doble salto. En la conexión con un sólo salto, la data es intercambiada entre la estación VSAT remota y la estación central. En una conexión de doble salto, la VSAT remota accede a otra a través de la estación central.

Debido a la capacidad limitada de las estaciones remotas VSAT, es necesario que la estación principal tenga la capacidad adecuada para compensar las desventajas del terminal remoto. Por esto deben poseer grandes antenas, dispositivos receptores de baja temperatura de ruido y grandes amplificadores de alta potencia. Debido a los altos costos de la estación central, el concepto de concentrador compartido es económicamente atractivo ya que permite que los mismos sean amortizados entre varias redes. El diagrama en bloques de la Figura 2, muestra en detalle la conformación de la estación principal y como se interconectan cada uno de sus elementos.

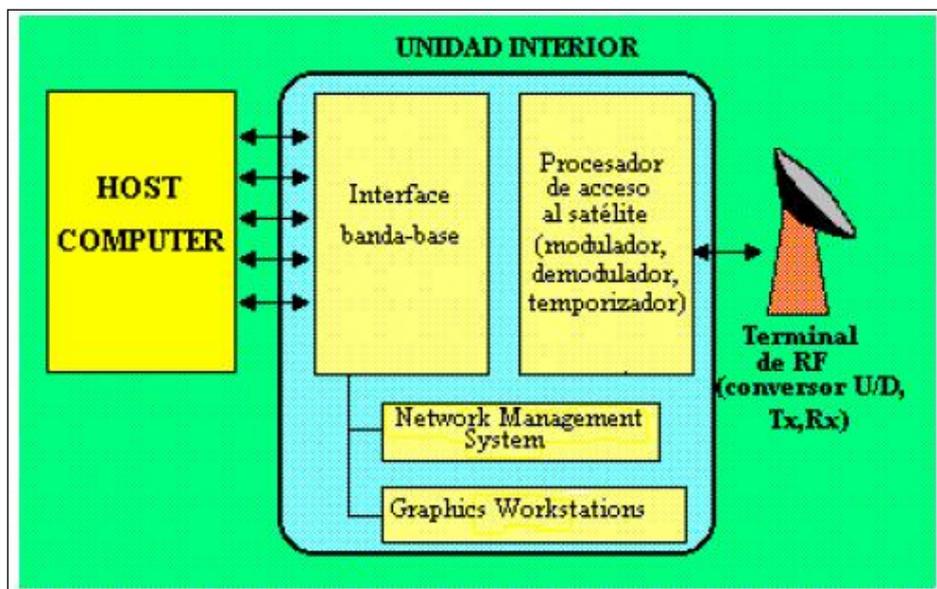


Figura 2. Diagrama en bloques de la estación central.[13]

La Estación Central está constituida por la unidad de RF y la unidad interna (**IDU: Indoor Unit**).

2.1.2.1.1 Unidad de RF.

La unidad de RF se encarga de transmitir y recibir las señales. Los dispositivos que contempla esta unidad son:

- Antena.
- Transmisor.
 - Modulador (salida en frecuencias intermedias).
 - Elevador de frecuencias (Upconverter).
 - Amplificadores de potencia (HPA).
- Receptor.
 - Reductor de frecuencias (Downconverter) (mezclador con salida en frecuencias intermedias).
 - Amplificador de Bajo Ruido (LNA).
 - De-modulador.

La antena de la estación central (ver Figura 3), la cual puede brindar servicios satelitales a una o más antenas terminales VSAT, incluye un reflector principal, un alimentador, un dispositivo capaz de separar las señales de transmisión y recepción de la antena, el herraje, los mecanismos de manipulación y el pedestal. El tamaño de la antena varía según las características y requerimientos de la red. La superficie del reflector se optimiza para una mejor confiabilidad y desempeño.

Un objetivo de diseño de una antena es conseguir una alta eficiencia y alta ganancia en la dirección del satélite con bajos niveles de señal radiada en otras direcciones (Narrow Main Beam with Low Level Sidelob).

Las VSAT bi-direccionales tienen dos trayectorias separadas para las señales de recepción y transmisión. Estas trayectorias se combinan en un transductor ortogonal que enruta la señal de transmisión a la antena para el enlace de subida (Uplink) hacia el satélite, mientras que la señal recibida por la antena es pasada a la cadena receptora. El alimentador tiene que transmitir las señales a una frecuencia y recibirlas en otra, ligeramente inferior. Los concentradores típicos de banda C o Ku pueden tener antenas de 5.6 a 11 m. de diámetro.

En la figura 3 se observan los componentes que forman la estación central o HUB.

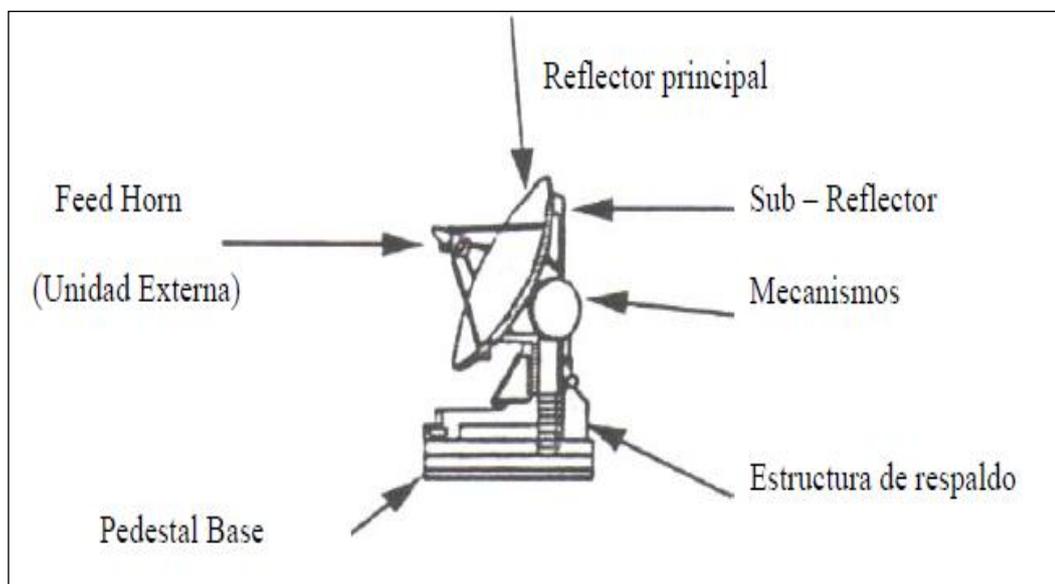


Figura 3. Antena de la estación central.[13]

2.1.2.1.2 Unidad interna del concentrador (IDU: Indoor Unit).

La unidad interna es la encargada de procesar las señales recibidas por la antena de la estación central, estas señales provienen de las instalaciones terminales VSAT que son enviadas a través del satélite, esta unidad puede estar conectada a la computadora que se encarga de administrar la red corporativa. Su función principal es analizar la naturaleza de cada conexión, realizando labores de verificación y procesamiento de protocolos, apoyada en la base de datos del sistema (HOST COMPUTER). En ella se encuentra el sistema de monitoreo y

control de la red (**NMS**: Network Management System), el cual controla y dirige las operaciones en el sistema.[13] Entre sus funciones están:

- Acumular permanentemente datos del sistema con la finalidad de suministrar reportes periódicos de las condiciones del mismo y determinar el nivel de actividad para efectos de facturación.
- Configurar la red, la cual puede ser de difusión (Broadcast), en estrella ó malla.
- Control y alarma.
- Monitoreo del tráfico.
- Control de los terminales VSAT.
 - Habilitación y desconexión de terminales existentes.
 - Inclusión de nuevos terminales.
 - Actualización del software de red de los terminales.

- Tareas administrativas.
 - Inventario de los terminales.
 - Mantenimiento.
 - Redacción de informes.
 - Tarificación (en caso de ser un concentrador compartido).

El éxito de una red VSAT radica en la calidad del **NMS** y en su respuesta a las necesidades de los usuarios. Habitualmente esta estación central está ubicada en la sede principal de la empresa que usa la red ó en su centro de cálculo.

2.1.2.2 Segmento satelital.

El segmento satelital se encuentra formado por los siguientes componentes:

2.1.2.2.1 Satélite geoestacionario.

La utilización de satélites geoestacionarios es necesaria ya que de esta manera se evita que las remotas requieran de un sistema de seguimiento, lo cual es importante para que los costos de los equipos VSAT sean bajos. Un satélite geoestacionario tiene una órbita circular en el plano ecuatorial a una altura de 35.700 km y un período de rotación igual al de la tierra, por lo que desde la tierra se le ve siempre en la misma posición.[13]

2.1.2.2.2 Telemetría y control.

Un satélite contiene equipamiento de telemetría y control a fin de poder informar al centro de control terrestre sobre su posición y condición operativa. El centro de control recibe esta información y procede a enviar un mensaje codificado para corregir la posición si fuera necesario. El sistema telemétrico también supervisa el nivel de la señal recibida y ajusta la ganancia de los transpondedores para mantener un balance entre los enlaces de subida y bajada.[13]

2.1.2.2.3 Transpondedores.

Los transpondedores reciben, amplifican, convierten de frecuencia y retransmiten las señales provenientes de la tierra. La cantidad de información que puede ser procesada por un transponedor depende del tipo de información de que se trata (voz, datos ó video), del tamaño de la antena terrestre y el tipo de modulación empleada. El elemento amplificador principal del transponedor es el elemento termoiónico conocido como “Tubo de Onda Propagada” ó el amplificador semiconductor de estado sólido de Arseniuro de Galio (GaAs). La potencia mayor del tubo de onda propagada es ventajosa para estaciones terrenas de menor tamaño.

Para sistemas con alta densidad de canales en un ancho de banda limitado suele ser mejor el amplificador de estado sólido por sus características operativas.

Los transpondedores comúnmente utilizados tienen un ancho de banda que va desde 36 a 72 MHz con niveles de EIRP de 30 a 52 dBW. La potencia equivalente radiada en forma isotrópica (EIRP) es la potencia transmitida desde el satélite; la cual es el producto de la potencia de salida del amplificador satelital y de la ganancia de la antena. En la mayoría de los sistemas VSAT la potencia como recurso limitado del satélite, priva más que el ancho de banda del mismo transpondedor.

A continuación observaremos en la figura 4 un diagrama en bloques que describe el proceso de recepción y transmisión de las señales procesadas por los Transpondedores.

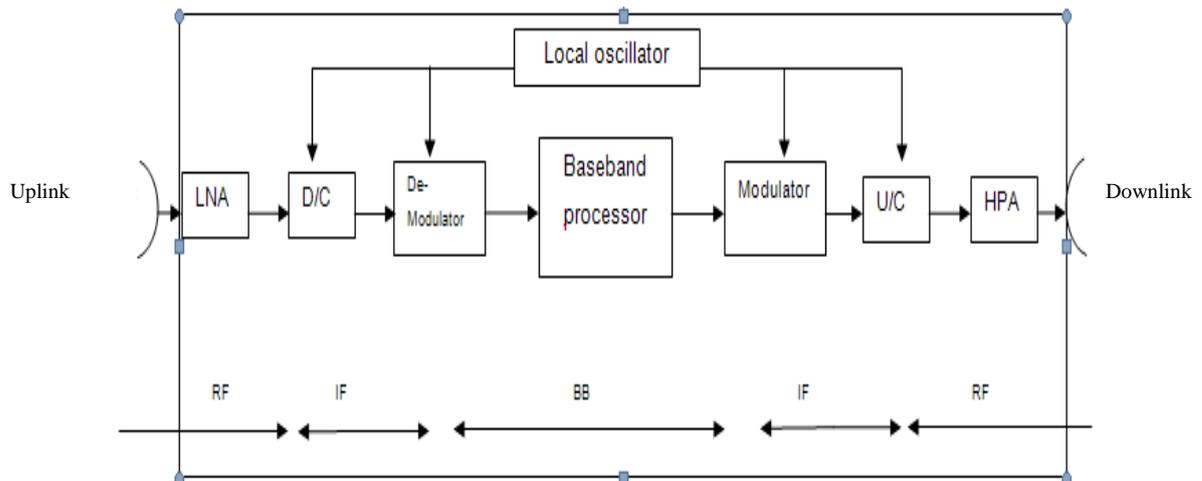


Figura 4. Diagrama en bloques de recepción y transmisión de un satélite de comunicaciones.[9]

2.1.2.2.4 Antenas.

Los satélites de comunicaciones poseen una o más antenas. La antena irradia las señales transmitidas por el satélite y recoge las señales transmitidas desde la tierra. Las características físicas de la antena determinan la ganancia, dirección y patrón de radiación ó huella de las señales transmitidas, así como la capacidad de concentrar señales recibidas.[13]

2.1.2.3 Equipos terminales VSAT.

El equipo remoto terminal está formado por los siguientes elementos o unidades:

- Unidad Externa u ODU (Outdoor).
- Unidad Interna o IDU (Indoor).

En la figura 5 se encontrará el diagrama de los componentes que conforman las remotas satelitales VSAT.

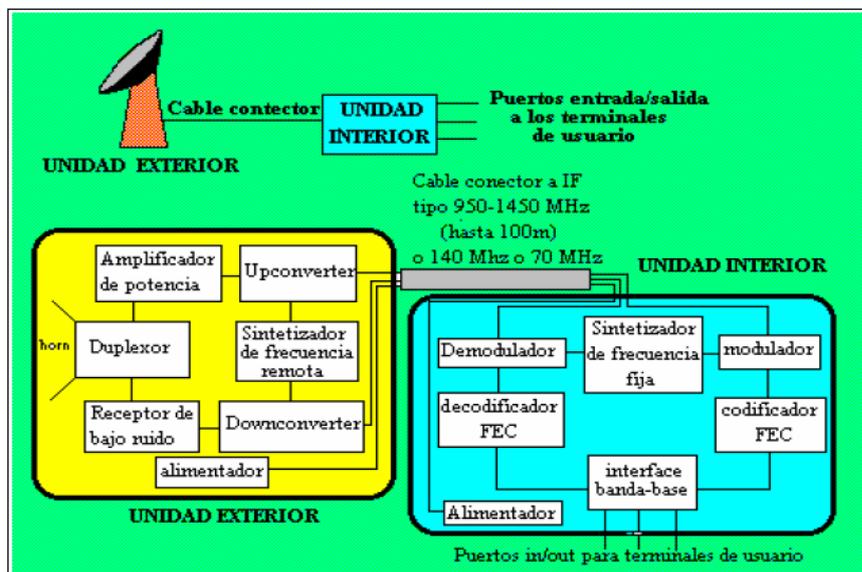


Figura 5. Diagrama en bloques de la estación remota VSAT.[13]

La antena con línea de vista al satélite, es normalmente un plato de sección parabólica de diámetro entre 1.2 y 2.4 m. con el foco desplazado del centro (Offset). Las ganancias son menores que las de la estación central y varían entre 31 y 38 dB para la banda C y entre 41 y 48 dB para la banda Ku. Usualmente está hecha de aluminio o fibra de vidrio metalizada, que puede ser instalada en azoteas, paredes o piso firme.

La unidad externa u ODU, es el interfaz entre el satélite y VSAT. Maneja las señales a frecuencia de microondas y generalmente se encuentra en una sola unidad. Esta unidad está constituida por un sistema de alimentación para dirigir y recibir la señal junto con un transmisor o amplificador de potencia y un conversor

de frecuencia ascendente y descendente de bajo ruido para recibir la señal con un mínimo de interferencia por ruido.[13] Básicamente la Unidad Exterior se compone de los siguientes elementos:

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

La Unidad Interna ó IDU, es el interfaz entre el VSAT y el terminal de usuario o red LAN, los cuales son dispositivos de comunicaciones; cómo por ejemplo, equipos terminales de datos. Usualmente se instala sobre escritorio y contiene la circuitería que activa el enlace de comunicaciones entre el equipo del usuario y el cliente. Maneja las señales a frecuencia intermedia.[13]

2.1.2.4 Antenas para los sistemas VSAT.

Comúnmente las antenas utilizadas en sistemas satelitales son diferentes a las utilizadas en otros tipos de sistemas, estas se caracterizan por los siguientes parámetros:

2.1.2.4.1 Patrón de radiación

Una antena no radia ni recibe energía uniformemente en todas las direcciones angulares. Esta característica direccional de la antena está asociada con el patrón de radiación, el cual es una gráfica que muestra la intensidad relativa, de la amplitud y de la fase del campo radiado, como función de los parámetros angulares, sobre la base de un sistema de coordenadas. Este valor

puede ser expresado como una potencia relativa o patrón de campo o patrón de decibeles logarítmicos (con un máximo de 0 dB).[13]

El patrón de radiación, típicamente está compuesto de un lóbulo principal y una estructura de lóbulos secundarios, que son representados bien sea en un sistema bidimensional o en un sistema tridimensional. En la medida que el tamaño de la antena se incrementa, el ancho del haz principal disminuye, y la periodicidad de la región de los lóbulos laterales aumenta. El pico del haz principal representa el nivel más alto de fuerza del campo electromagnético. La región de lóbulos laterales representa una fuente potencial de interferencia hacia otros enlaces de comunicaciones, por lo que generalmente se requiere que tengan niveles bajos.

2.1.2.4.2 Ganancia, directividad y eficiencia.

La ganancia y la directividad son cantidades las cuales definen la habilidad de una antena de concentrar energía en una dirección particular, y están directamente relacionados al patrón de radiación de antena.

La ganancia es una propiedad inherente de la antena e incluye pérdidas óhmicas y disipativas producidas por la conductividad del metal y las pérdidas dieléctricas. La directividad no incluye pérdidas disipativas. La eficiencia de una antena da una medida del rendimiento, de la eficacia de la antena, y siempre es menor que 1, aunque más frecuentemente es expresada como un porcentaje.

2.1.2.4.3 Temperatura de ruido de la antena.

En comunicaciones satelitales, el ruido causado por las pérdidas térmicas de la tierra y la atmósfera es recibido vía los lóbulos laterales, y degrada la funcionalidad general de la antena en la banda de recepción.

2.1.2.4.4 Coeficiente de reflexión, relación de tensiones (amplitud) de ondas estacionarias, y pérdidas de retorno.

Para las aplicaciones de comunicaciones satelitales, se desea que entre la antena y la línea de transmisión que conectará a los equipos haya un buen acople de impedancias, ya que de lo contrario se perderá parte de la potencia disponible debido a la reflexión generada en el medio. El coeficiente de reflexión F está directamente relacionado con la relación entre la potencia reflejada y la potencia incidente.

2.1.2.4.5 Polarización.

La antena y el campo electromagnético transmitido o recibido tienen propiedades de polarización. La polarización de una red electromagnética describe la forma y orientación de la trayectoria de las extremidades de los vectores de campo (campo electromagnético) como una función del tiempo. Una onda puede ser polarizada linealmente, circularmente o elípticamente. (ver figura 6)

2.1.2.4.6 Polarización lineal.

Es aquella en la que el campo E (campo eléctrico) es orientado en un ángulo constante cuando se propaga.

2.1.2.4.7 Polarización circular.

Es la superposición de dos polarizaciones lineales ortogonales, vertical y horizontal, con igual amplitud y una diferencia de fase de 90° . Una manera de verlo es imaginando que la punta del vector E resultante rota cuando se propaga en una trayectoria elíptica. Viendo la onda propagarse, alejándose del observador, con una rotación en el sentido de las agujas del reloj, se dice que existe una polarización circular hacia la mano derecha (RHPC: Righthand Circular Polarisation), y si por el contrario la rotación es en sentido contrario a las agujas

del reloj se dice que existe una polarización circular hacia la mano izquierda (LHCP: Lefthand Circular Polarisation).

2.1.2.4.8 Polarización elíptica.

Este tipo de polarización abarca todos los casos que no cumplan con las condiciones de polarización lineal, ni polarización circular, esta ocurre cuando las componentes de campo eléctrico y magnético poseen distintas amplitudes y se encuentran desfasadas entre sí en cualquier ángulo diferente a 0° y 180° .

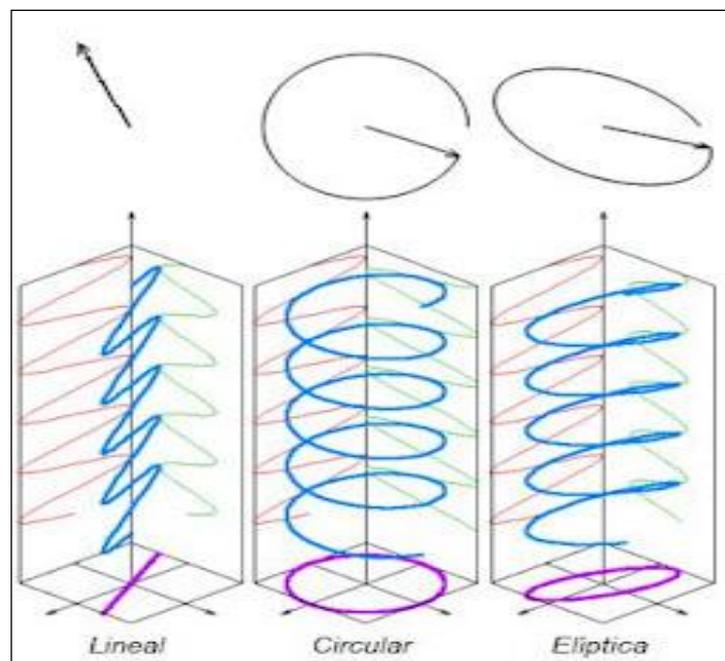


Figura 6. Polarización de las antenas satelitales.[10]

2.1.2.4.9 Polarización cruzada de una Antena

En el caso de una antena transmisora, o receptora, para un campo polarizado linealmente, la componente de polarización cruzada (Crosspolar) es el campo que se encuentra ortogonal a la componente copolar. Para poder entender mejor el concepto se puede mencionar que si la componente co-polar es vertical, entonces la componente (cruzada) será la horizontal.

La principal importancia que tiene conocer el comportamiento de la polarización cruzada, es que en un sistema de comunicación por satélite con re- uso de frecuencia y con polarización dual, la discriminación de polarización entre las señales co-polar y cruzada, especialmente en la región del haz principal, cobran gran importancia dado a que según el grado de polarización cruzada que tenga la remota, si esta no está bien polarizada, hará que se pierda o no mayor cantidad de señal, debido a que el alimentador, al no estar bien orientado recibirá parte de la señal deseada y parte no deseada, la cual que se encuentra viajando en la componente ortogonal a la misma.

Los sistemas satelitales, son sistemas que se encuentran expuestos a grandes cantidades de perturbaciones que degradan la señal que se encuentra viajando en el espacio, estas perturbaciones vienen dadas ya sean por motivos climáticos, radiaciones electromagnéticas, entre otras, es por esto que se necesita captar la mayor cantidad de señal posible, ya que los niveles recibidos por la antena son una pequeña parte de los enviados por el satélite y si se polariza incorrectamente a la misma se perderá una cantidad de señal capaz de degradar el enlace satelital, evitando así que el mismo funcione correctamente.

2.1.2.5 Configuraciones típicas para antenas VSAT.

En la figura 7 se observan los tipos de configuraciones de antenas satelitales de tecnología VSAT comúnmente utilizadas.

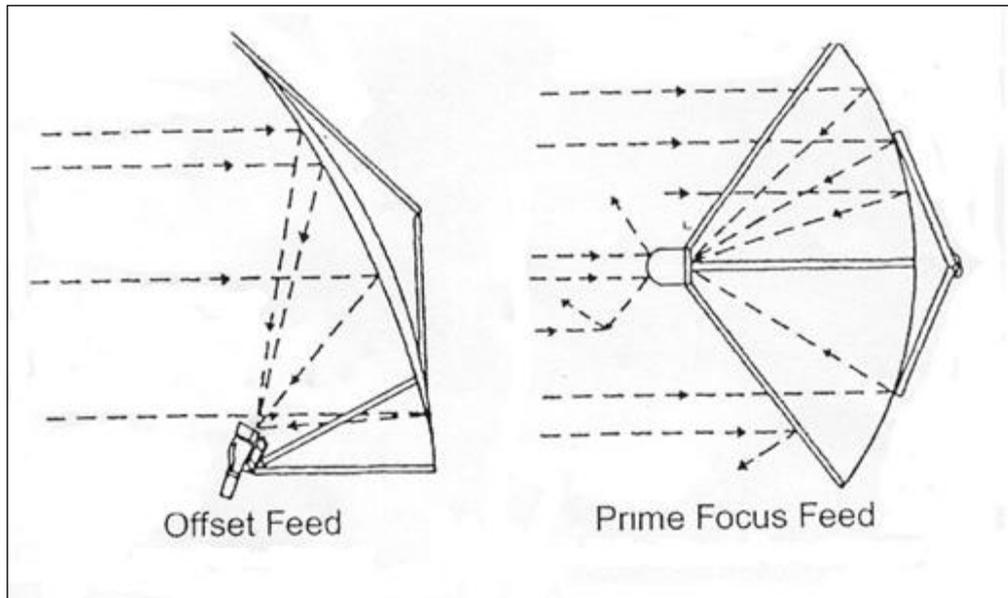


Figura 7. Tipos de antenas VSAT comúnmente utilizadas. [11]

Debido a que la antena del terminal VSAT tiene una dimensión de apertura típicamente entre 0,8 y 2m, el reflector más comúnmente empleado es un paraboloide de alimentador frontal en una configuración simétrica al eje ó asimétrica al eje (Offset).

2.1.2.6 Antenas parabólicas en configuración simétrica al eje.

Conceptualmente, las antenas simétricas representan las configuraciones más simples, potencialmente capaces de alcanzar las especificaciones de radiofrecuencia para las aplicaciones de estaciones terrenas. Las principales ventajas de estas configuraciones son que mecánicamente son fáciles de construir y tienen un costo relativamente económico. La simetría circular del reflector lleva a considerables ahorros en la manufactura de la superficie reflectora, la estructura trasera y en el soporte de la antena.

Un reflector paraboloide con el centro de fase en el alimentador primario localizado en el foco es la forma más simple de antena. Una onda esférica emanante del alimentador (Feedhorn) es convertida en una onda plana radiada desde la apertura de la antena como se observa en la figura 8.

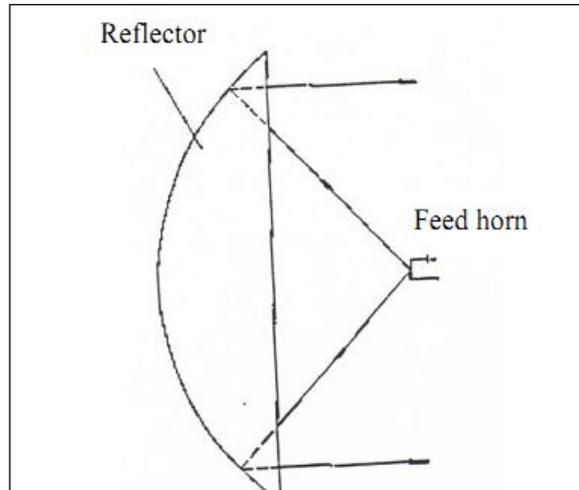


Figura 8. Antena reflectora paraboloide simétrica al eje.[13]

La antena es caracterizada por su diámetro D y longitud focal F , con la curvatura del reflector función de la relación F/D . Sin embargo, la funcionalidad RF en términos de eficiencia de la antena y envolvente de lóbulos laterales, especialmente para diámetros de antena pequeños comparados con la longitud de onda de operación, es inhibida por el bloqueo de apertura debido al alimentador primario, su estructura de soporte asociada y la guía de onda necesaria que va al resto del sistema.

2.1.2.7 Antenas asimétricas (Offset).

Las antenas con reflector simétrico al eje han sido favorecidas por aplicaciones de estaciones terrenas debido a su geometría recta, simplicidad mecánica y costo relativamente bajo. Sin embargo, para aplicaciones de apertura pequeña tal como las VSAT, estas ventajas son minimizadas y, en general, tienen más peso las ventajas eléctricas asociadas con las antenas asimétricas (Offset). Ya que la antena asimétrica también utiliza una sección de un paraboloide de revolución como su superficie reflectora, ésta también exhibe las mismas propiedades de enfoque asociadas con su contraparte simétrica.

La eliminación de todos los efectos de bloqueo de apertura por el alimentador y la estructura de soporte conllevan a mejoras en la eficiencia de la

antena y en las características de los lóbulos laterales. Comúnmente este tipo de antenas permite obtener una eficiencia de hasta el 70% y unos niveles de potencia en los primeros lóbulos laterales muy bajos en comparación con el lóbulo principal.

La desventaja principal de este tipo de antenas es que la asimetría de la distribución de la iluminación de apertura lleva a tener un lóbulo de polarización cruzada grande en el caso de polarización lineal, la cual es máxima en el plano perpendicular al plano del "Offset". El nivel pico de este lóbulo de polarización cruzada (Cross-polar), es una función de la relación F/D (Longitud focal al diámetro), asociada con la geometría del reflector. Según la relación F/D aumenta, el nivel pico del lóbulo de polarización cruzada disminuye. Sin embargo, para requerimientos más exigentes donde se requiera tener la menor cantidad posible de polarización cruzada, puede ser necesario usar un dispositivo de acople (Mode-matching) en el sistema de alimentación primaria para cancelar efectivamente la polarización cruzada del reflector inherente. En la Figura 9. Se muestra una antena de este tipo.

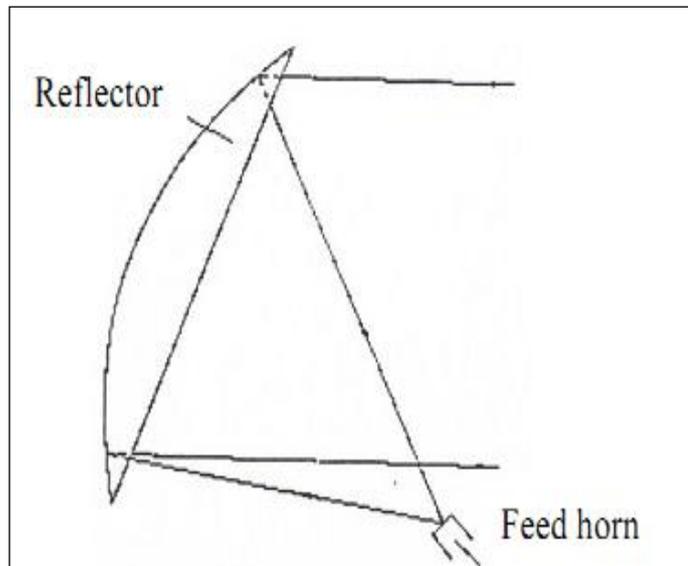


Figura 9. Antena reflectora no simétrica al eje (Offset).[13]

Las antenas "Offset" no han sido atractivas debido al costo de fabricarlas en pequeñas cantidades comparado con los sistemas simétricos. Los

requerimientos de grandes cantidades, junto con las especificaciones de funcionalidad más estrictas, han llevado a un amplio uso de esta configuración para antenas VSAT empleadas para transmitir y recibir. Típicamente las superficies reflectoras son de aluminio estampado, prensado o algunas veces acero, incorporando un anillo rigidizador alrededor de la periferia.

2.1.2.8 Cadenas de alimentación primarias para antenas VSAT.

Las cadenas de alimentación primarias asociadas a antenas reflectoras de tecnología VSAT están comprendidas por un alimentador y un transductor de modo ortogonal (OMT: Orthogonal Mode Transducer) de dos puertos para separar las funciones de transmisión y recepción. Para alinear el vector de polarización de la antena VSAT con aquel transmitido por el satélite, es necesario ser capaz de rotar el sistema alimentador completo con respecto al resto de la estructura de la antena.

En la figura 10 se muestra como está formada la cadena de alimentación de las antenas satelitales VSAT.

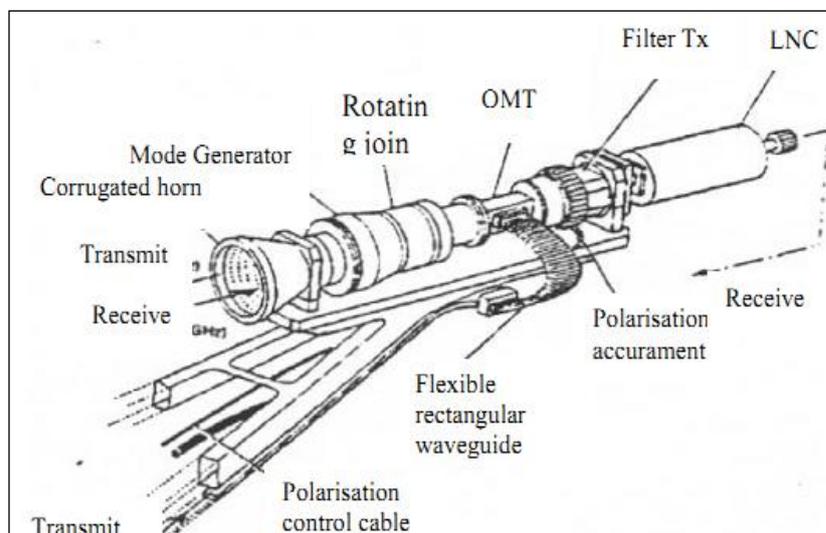


Figura 10. Cadena de alimentación en una antena VSAT.[13]

En el caso de antenas receptoras y transmisoras se usa preferiblemente una bocina cónica corrugada, capaz de dar campos de radiación con patrones co-polares simétricos circularmente, bajos niveles de polarización cruzada y bajos lóbulos laterales sobre anchos de banda relativamente grandes. El modo fundamental asociado con la estructura corrugada es el HE, el cual puede ser considerado como una híbrida de los modos TE y el TM, en comparación con las configuraciones de paredes lisas en modo dual, los componentes TE y TM en el modo HE fundamental tienen la misma frecuencia de corte y la misma velocidad de fase, por tanto, permanecen en correcta relación de fase a lo largo de la guía de ondas, independientemente de la frecuencia que se trabaje, de forma tal que la limitación del ancho de banda de las bocinas en modo dual es eliminada.

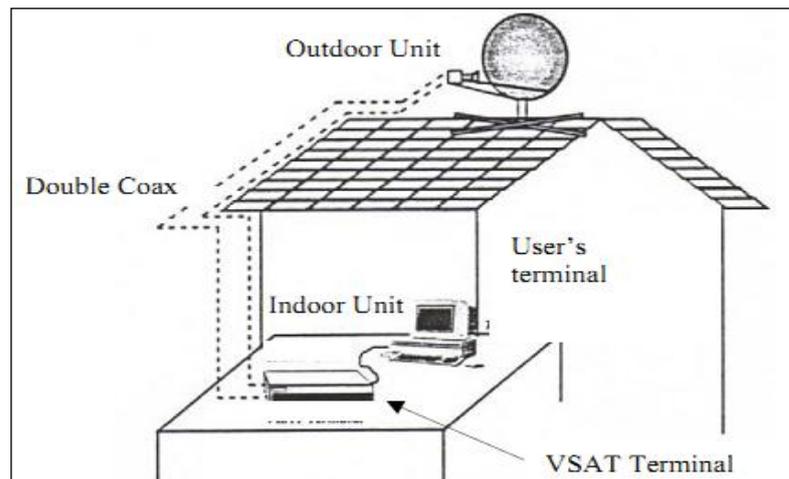


Figura 11. Equipamiento VSAT en sitio.[13]

2.1.3 Principio de funcionamiento de una red VSAT.

Una red VSAT consiste de un satélite, una estación maestra central con una antena típicamente de entre 4.5 y 11 m y una red constituida desde unas decenas hasta millares de terminales VSAT con antena más pequeñas usualmente 0.9 a 2.4 m. Desde la perspectiva de comunicaciones, existen dos segmentos en el proceso: el segmento terrestre, compuesta por la estación maestra, las estaciones satelitales remotas y el segmento satelital, el cual es el medio de enlace desde y hacia el satélite.

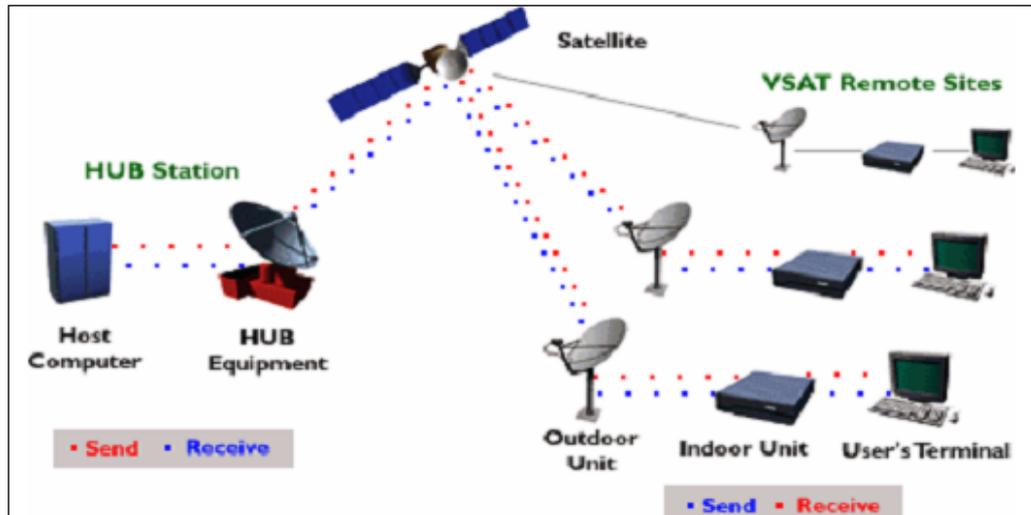


Figura 12. Componentes de una red VSAT.[14]

El satélite funciona esencialmente como un repetidor de radio frecuencia. Las VSAT configuradas para comunicarse entre sí envían las señales al receptor del satélite en una frecuencia preestablecida. El satélite recibe la señal, la amplifica y la retransmite en una frecuencia diferente. Un transponedor sencillo tiene capacidad para retransmitir cerca de 100 millones de bits por segundo de información.

Las operaciones centrales de transmisión se llevan a cabo en tierra. El concentrador controla la operación de la red de comunicaciones. Incorporada al concentrador se encuentra el Sistema de Monitoreo y Control de la Red, el cual maneja el sistema. Entre sus funciones se encuentran la de acumular permanentemente datos del sistema con la finalidad de suministrar reportes periódicos de las condiciones del sistema y determinar el nivel de actividad para efectos de facturación.

Para la operación de la red, el satélite debe estar posicionado en órbita geoestacionaria. Esto permite además a las VSAT y al concentrador localizarse en un punto estacionario virtual. En otras palabras, las estaciones terrestres poseen línea de vista hacia el satélite, aún a pesar que entre ellas no exista.

2.1.4 Tipos de satélites.

Se denomina satélite a cualquier objeto que orbita alrededor de un planeta. Generalmente el satélite es mucho más pequeño y acompaña al planeta en su translación.[2]

Los tipos de satélites pueden ser divididos en dos importantes grupos:

1. Satélites naturales.
2. Satélites artificiales.

Los satélites naturales son objetos no creados por el hombre que orbitan alrededor de un planeta, este es el caso de la luna como satélite natural del planeta tierra. El principal criterio para considerar un objeto como satélite de otro es que el centro de masas de un sistema formado por dos objetos se encuentre dentro del primero.[2]

Los satélites artificiales son objetos creados por el hombre, estos son enviados al espacio con la ayuda de cohetes encargados de colocarlos a orbitar en los puntos deseados. Estos tipos de satélites pueden ser usados para una gran cantidad de aplicaciones, entre las cuales podemos mencionar: telecomunicaciones, fotografía, posicionamiento global, vigilancia militar, entre otras, para cada una de estas aplicaciones es necesario colocar a los mismos en una de las orbitas usadas comúnmente, estas son:[3]

- **LEO.**
- **MEO.**
- **GEO.**
- **HEO.**

A continuación en la figura 13 podremos observar las distintas orbitas usadas en los sistemas satelitales:

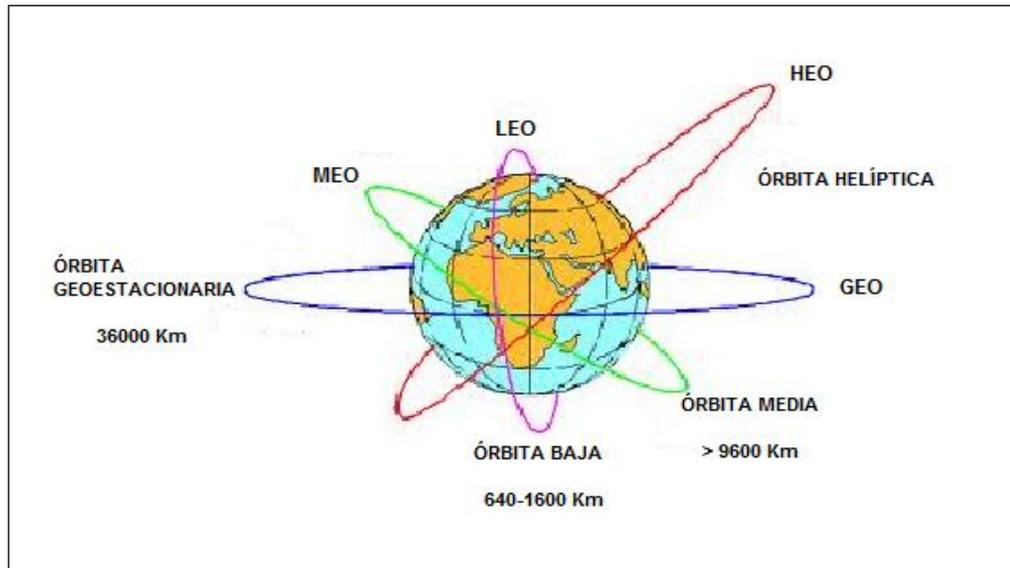


Figura 13. Tipos de órbitas.[4].

En este mismo contexto se pueden definir las órbitas satelitales como:

LEO: mejor conocida como órbita baja, se encuentra ubicada alrededor de la tierra entre la atmósfera y el cinturón interior de radiación de Van Allen (zona donde las partículas cargadas de protones y electrones se mueven en espiral entre los polos magnéticos de la tierra), se encuentra comprendida entre 200 y 2000 km sobre la superficie terrestre.

La mayoría de los satélites se encuentran colocados en órbita baja, donde viajan a alrededor de 27.400 km/h (8 km/s), de esta manera dan la vuelta a la tierra cada 90 minutos. La principal excepción son los satélites de comunicación que requieren estar ubicados en órbita geoestacionaria.

Una de las principales aplicaciones para este tipo de sistema son las de fotografía y tele-medida.

MEO: mejor conocida como órbita media, se encuentra ubicada aproximadamente a unos 10.000 Km de la superficie terrestre. Su principal aplicación se encuentra en el uso de satélites para los sistemas de posicionamiento global o GPS, sistemas de telefonía y sistemas de televisión.

GEO: mejor conocida como órbita geoestacionaria, se encuentra ubicada a unos 36.000 Km de la superficie terrestre. La característica más importante de esta órbita es que cualquier objeto que se encuentre en ella poseerá una velocidad de translación igual a la velocidad de rotación de la tierra, razón por la cual el objeto será visto desde la tierra como un punto fijo en el espacio, esto hace que los satélites de órbita geoestacionaria sean los más utilizados en aplicaciones de telecomunicaciones ya que con un solo satélite se pueden ofrecer gran variedad de servicios en cualquier momento del día. Las aplicaciones más comunes de este tipo de satélite son sistemas de televisión, sistemas de internet de banda ancha, sistemas de telefonía y cualquier otro tipo de aplicaciones en la rama de las telecomunicaciones.

HEO: mejor conocida como órbitas elípticas altas, su característica principal es que esta alcanza distancias mayores en el punto más alejado de la órbita. Su principal aplicación es cartografiar la superficie de la tierra, lo cual es posible debido a los grandes ángulos de la superficie terrestre que se pueden observar con la ayuda de satélites ubicados en este tipo de órbita.

Podemos dividir los componentes satelitales en tres grupos que mencionaremos a continuación:

- Transpondedores y sistemas de antenas.
- Componentes surtidores de energía.
- Sistemas de control e información y componentes de propulsión.

Transpondedores y sistemas de antenas: los transpondedores son receptores y transmisores de alta frecuencia, los cuales están encargados de recibir una señal proveniente de tierra convertirla a la frecuencia de bajada, amplificarla y luego retransmitirla a tierra.

El sistema de antenas está formado por un grupo de platos reflectores encargados tanto de recibir las señales provenientes de tierra, como de reenviar las señales del satélite hacia la tierra, cada una de estas antenas poseen características distintas según sean las bandas de frecuencias utilizadas en el satélite en cuestión.

Componentes surtidores de energía: el sistema que surte de energía a un satélite se encuentra compuesto por un grupo de paneles solares y un grupo de baterías, estos son los encargados de tomar la energía proveniente del sol y utilizarla para alimentar a cada uno de los equipos electrónicos pertenecientes al satélite. El grupo de baterías son usadas para que el satélite pueda funcionar durante eventos como un eclipse solar.

Sistemas de control e información y componentes de propulsión: Los sistemas de control e información son utilizados primordialmente para observar desde tierra como se están comportando cada uno de los componentes que conforman el satélite. Los sistemas de propulsión son usados para mantener al satélite siempre en su correcta órbita y al sistema de antenas apuntando hacia el lugar correcto.

En la figura 14 se puede observar uno de los satélites de la constelación IRIDIUM, lo que permitirá entender cuáles son los componentes que debe poseer todo satélite.

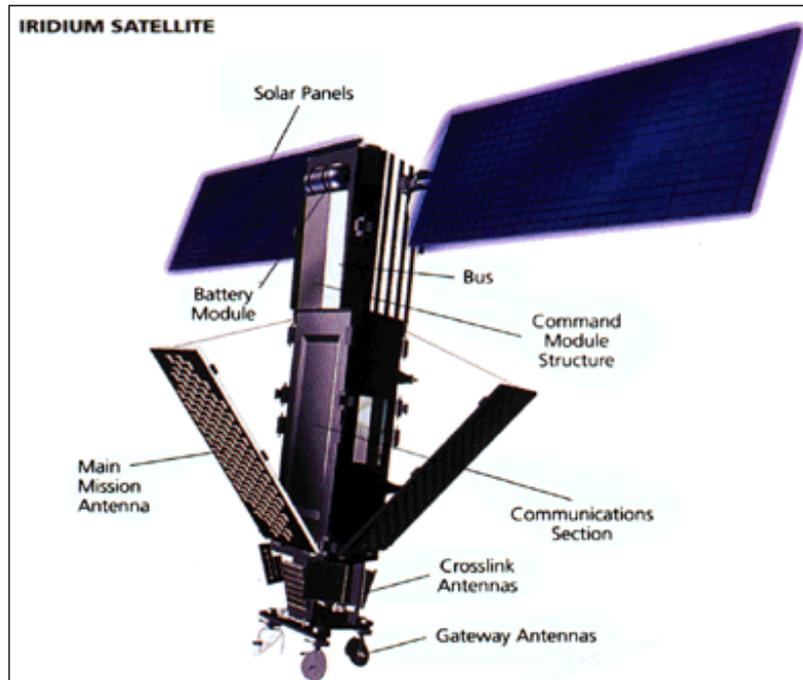


Figura 14. Componentes de un satélite de comunicaciones.[5]

2.1.5 Satélite geoestacionario.

Un Satélite geoestacionario es aquel que se encuentra ubicado a una altura exacta de 35.786,04 Km conocida como el Cinturón de Clarke, en la cual el mismo tendrá un periodo orbital que coincidirá con la velocidad de rotación de la tierra, lo que permite que sea visto como un punto fijo en el espacio. Es por esto que es uno de los más utilizados en las aplicaciones de telecomunicaciones, ya que con él se pueden transmitir numerosas señales a grandes distancias, superando así las limitaciones físicas que pueden implantar las condiciones geográficas en otros medios de transmisión. Este tipo de satélites tienen dos ventajas notable con respecto a los otros y estas son: el uso de antenas fijas, y el contacto permanente con el satélite lo cual permite la comunicación en todo momento.[6]

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

En la tabla 1 que se verá a continuación, se pueden observar las distintas bandas de frecuencia que son utilizadas por los satélites comerciales.

Tabla 1. Bandas de frecuencias utilizadas en satélites.[12]

Frecuencia		Banda	Enlace de subida MHz	Enlace de bajada MHz	Uso
6 / 4	GHz	C	5925 - 6425	3700 - 4200	Comercial
6 / 4	GHz	C Extendida	5850 - 6425	3625 - 4200	Comercial
6 / 4	GHz	C Super-extendida	5850 - 6725	3400 - 4200	Comercial
8 / 7	GHz	X	7900 - 8400	7250 - 7750	Militar
14/ 11	GHz	Ku	14.0 - 14.5 GHz	10.7 - 12.75 GHz	Comercial
14/ 11	GHz		13.75- 14.25 GHz	10.7 - 12.75 GHz	Comercial
14/ 11	GHz		13.75 - 14.5 GHz	10.7 - 12.75 GHz	Comercial
30 / 20	GHz	Ka	29.5 - 30.0 GHz	19.5 - 20.0 GHz	Comercial
30 / 20	GHz		29.7 - 30.2 GHz	19.7 - 20.2 GHz	Militar
44 / 20	GHz		29.0 - 31.0 GHz	20.2 - 21.2 GHz	Militar

Es importante destacar que cuando se colocan satélites en órbita geoestacionaria, estos no deben trabajar en la misma frecuencia que la de los satélites adyacentes, ya que entre ellos pueden existir interferencias que afecten con el correcto desempeño del mismo. En la banda C la distancia mínima de separación entre un satélite y otro debe ser de por lo menos dos grados, mientras que la banda Ku y Ka la distancia mínima debe ser de un grado, esto debido a las longitudes de onda de cada banda. De esta forma podemos decir que el espacio destinado en la órbita geoestacionaria para la colocación de satélites es finito y está limitado en la banda C a 180 satélites, mientras que en la banda Ku y Ka el número de satélites es de 360. Por ser un recurso tan finito es que la distribución de las Bandas de frecuencias y los espacios en la órbita son asignados por organismos internacionales, mediante acuerdos registrados por la UIT.

2.1.6 Satélite VENESAT-1.

En el año 2008 el gobierno de La República Bolivariana de Venezuela puso en órbita el satélite VENESAT-1, adquirido a China, incluyendo su diseño y lanzamiento para su colocación en la órbita 78° oeste.

En la figura 15 que se verá a continuación, se observa la órbita ocupada por satélite VENESAT-1.

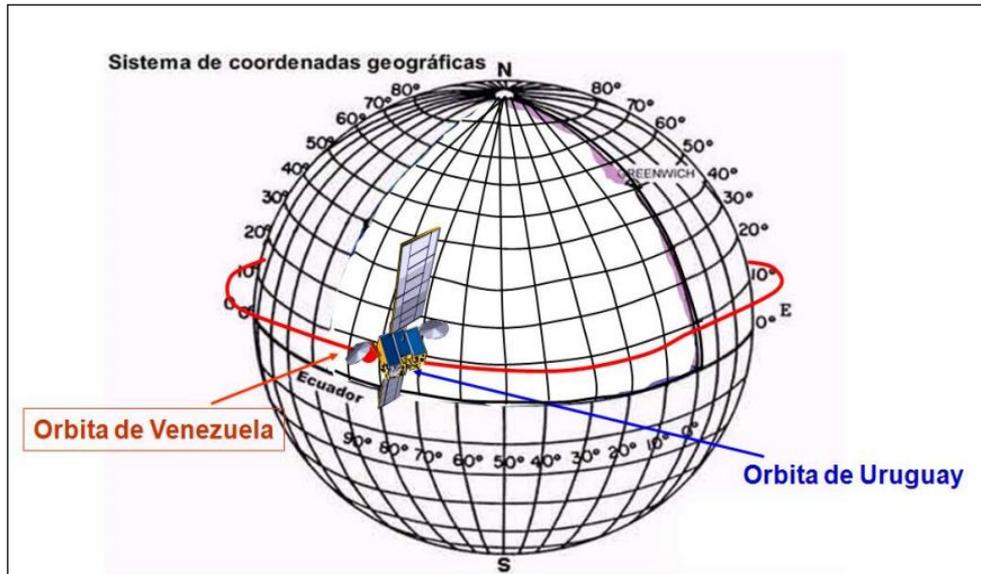


Figura 15. Órbita del satélite VENESAT-1. [7]

El satélite VENESAT-1 posee una amplia huella que abarca gran parte de Suramérica, esta se encuentra dividida de la siguiente manera:

➤ **En la banda C ofrece servicios a:**

- a. Venezuela.
- b. Cuba.
- c. República Dominicana
- d. Haití.
- e. Centro América.
- f. Jamaica.
- g. Sur América.

➤ **En la banda Ku ofrece servicios a:**

- a. Venezuela.
- b. Cuba.

- c. República Dominicana
- d. Haití.
- e. Bolivia.
- f. Paraguay.
- g. Argentina.
- h. Uruguay.

➤ **En la banda Ka ofrece servicios a:**

- a. Venezuela.

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.
- 12 Transpondedores en la Banda Ku con un ancho de banda de 54 Mhz c/u para un total de 648 Mhz.

Estos a su vez están divididos en:

- 8 Transpondedores ubicados en las antenas que apuntan en dirección Norte.
 - 4 Transpondedores ubicados en las antenas que apuntan en dirección Sur.
-
- 2 Transpondedores en la Banda Ka con un ancho de banda de 120 Mhz c/u para un total de 240 Mhz.

Por ende el satélite alcanza una capacidad total de 1392 Mhz.

2.1.6.1 Las bandas de frecuencias utilizadas por el satélite VENESAT-1 son:

En la banda C:

- Uplink: 6,05 ---- 6,35 GHz.
- Downlink: 3,825 ---- 4,125 GHz.

En la banda Ku:

- Uplink: 14,08 ---- 14,5 GHz.
- Downlink: 11,28 ---- 11,7 GHz.

En la banda Ka:

- Uplink: 28,8 ---- 29,1 GHz.
- Downlink: 19,0 ---- 19,3 GHz.

En la figura 16 se observa la huella de cobertura ocupada por el satélite VENESAT-1 en sus distintas bandas de frecuencias.

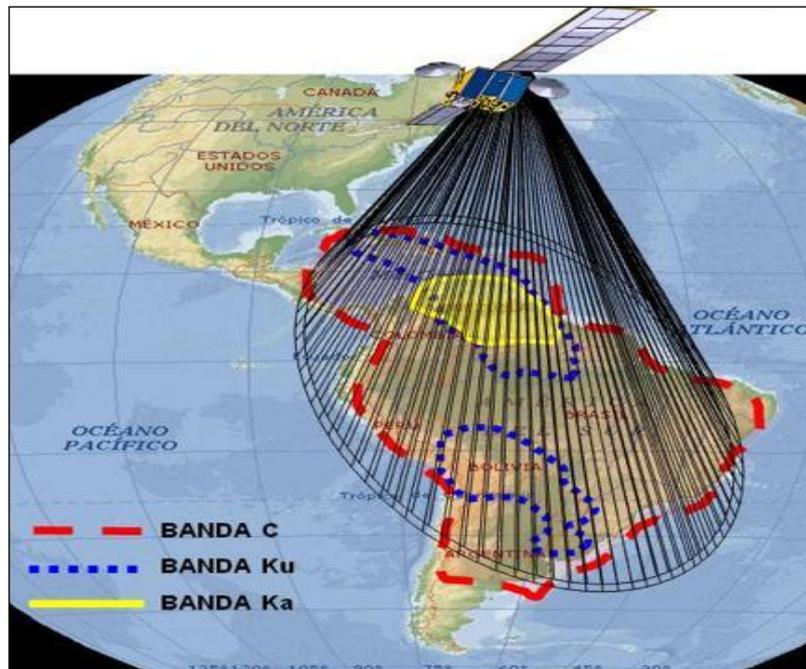


Figura 16. Huella del satélite VENESAT-1 dividida por banda.[8]

2.1.6.2 Características técnicas del satélite VENESAT-1.

El satélite VENESAT-1 fue construido bajo las siguientes características técnicas:

- Altura 3.6 m.
- Lado inferior 2.6 m.
- Lado superior 2.1 m.
- Dos paneles solares de 15.5 m c/u.
- Vida útil 15 años.
- Peso 5.500 Kg.

En la figura 17 mostrada a continuación se verán las características técnicas del satélite VENESAT-1.

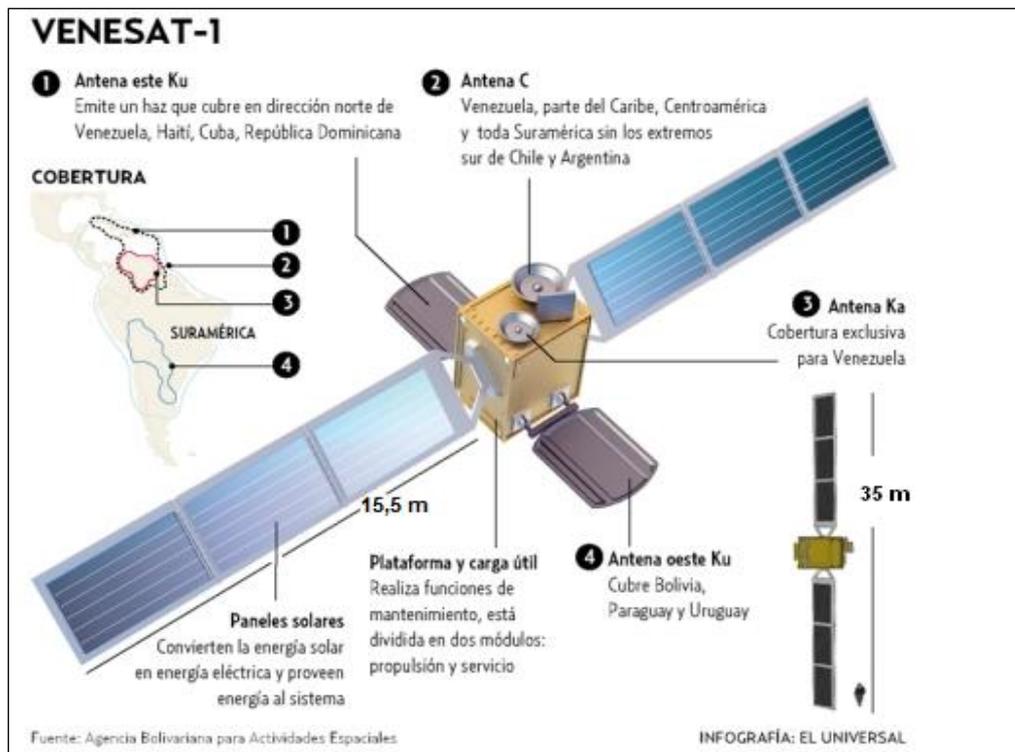


Figura 17. Satélite VENESAT-1.[7]

El satélite VENESAT-1 se encuentra brindando servicios de ABA satelital, televisión satelital y voz satelital, su espectro está siendo administrado en su mayoría por la principal compañía de telecomunicaciones del país CANTV.

2.1.7 Manual de procedimientos.

Un manual de procedimientos es un documento que contiene una descripción precisa de cómo deben ejecutarse las actividades administrativas u operativas de una empresa. El manual de procedimiento debe incluir a los puestos o unidades administrativas que intervienen en este, expresando de forma explícita sus responsabilidades y participaciones en el mismo. En él se encuentra registrada la información sin ningún tipo de distorsión, de manera que sea transmitida de la mejor forma posible, facilitando así el funcionamiento de todas las unidades administrativas, y logrando una mayor eficiencia en las labores de auditoría, evaluación, control interno y vigilancia de los procesos que se llevan a cabo en la empresa, esto ofrece información a los empleados y sus jefes sobre si el trabajo se está realizando o no de manera adecuada. [1] Adicionalmente los manuales de procedimientos brindan grandes beneficios y utilidades, lo que los convierten en un instrumento fundamental para las empresas, entre estas se pueden mencionar:

1. Permite conocer el funcionamiento interno en lo que respecta a descripción de tareas, ubicación, requerimientos y los puestos responsables de su ejecución.
2. Auxilian en la inducción del puesto y al adiestramiento y capacitación del personal, ya que describen en forma detallada las actividades que debe desarrollar cada puesto.
3. Sirve para el análisis o revisión de los procedimientos de un sistema.
4. Interviene en la consulta de todo el personal.
5. Establece un sistema de información o bien modifica el ya existente, para uniformar y controlar el cumplimiento de las rutinas de trabajo, evitando así su alteración arbitraria.
6. Determina en forma más sencilla las responsabilidades por fallas o errores.

7. Facilita las labores de auditoría, evaluación del control interno y su evaluación.
8. Aumenta la eficiencia de los empleados, indicándoles lo que deben hacer y cómo deben hacerlo.
9. Ayuda a la coordinación de actividades y evitar duplicidades.
10. Construye una base para el análisis posterior del trabajo y el mejoramiento de los sistemas, procedimientos y métodos.

CAPÍTULO III

3.1 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

La red Satelital de CANTV hace uso de la tecnología VSAT y está soportada por el satélite VENESAT-1, el cual se encuentra ubicado en órbita geoestacionaria, con él se están brindando servicios de transmisión y recepción de datos. Específicamente en la banda Ku, los equipos utilizados para brindar estos servicios son surtidos por la compañía Canadiense Advantech.

Los equipos que forman las remotas satelitales de CANTV son: el plato reflector, el mástil de la antena, el cabezote de la antena, el alimentador, el receptor o LNB, el transmisor o BUC, los cables coaxiales y la IDU ó unidad interna (modem satelital).

El sistema satelital de CANTV funciona de la siguiente manera:

Instalación: El primer paso de la instalación es atornillar el plato reflector al cabezote de la antena, luego se debe colocar el cabezote sobre el mástil, paso seguido se coloca el alimentador, el mismo se sostiene con un varillaje que va atornillado al plato reflector, el siguiente paso es conectar el receptor y el transmisor al alimentador, una vez hecho esto y con la ayuda de cables coaxiales RG-6, se conectan las salidas del receptor y del transmisor a los puertos correspondientes en el modem satelital.

Configuración: El modem satelital se configura con un archivo y una imagen de configuración que es facilitada por la empresa Advantech. Adicionalmente se deben configurar las coordenadas geográficas de la estación remota y las direcciones IP que son otorgadas por el HUB para permitir el acceso del modem a la red, para que de esta manera el mismo pueda ofrecer navegación de internet.

Apuntamiento: El apuntamiento de la antena se hace con la ayuda de cálculos previos que permiten que esta pueda ser orientada en la posición de

azimut y elevación correctas. Estos cálculos consisten en usar una hoja de Excel prediseñada a la que se le colocan las coordenadas geográficas en grados y minutos de la localidad donde se realizará la instalación, a esta hoja también se le debe ingresar el nombre del satélite que se desea ver, en este caso será el VENESAT-1 (ver figura 18). La hoja de cálculo arrojará como resultado de los datos ingresados, los valores de los ángulos de azimut y de elevación necesarios para apuntar la remota hacia el satélite VENESAT-1.(ver figura 19)

TRANSMIT EARTH STATION DATA		RECIVE EARTH STATION DATA	
Location:	cantv caracas	Location:	Churuguara
Latitude (deg N):	10.7	Latitude (deg N):	10.8118
Longitude (deg. E):	-67	Longitude (deg. W):	-69.5379
Diameter (m):	1.8	Diameter (m):	1.8
Tx Gain (dB):	36.00	Rx Gain (dB):	36.00
Manufacturer:	Prodelin	Feed Loss (dB):	1
Eficiencia de la Antena (%):	60	Ant. Temp. (deg K):	46
Wave guide loss (dB):	0.3	LNA Temp (deg K):	30
		Nominal G/T (dB/K):	28
		Manufacturer/Model:	Prodelin
		Eficiencia de la Antena (%):	60
		Wave guide loss (dB):	0.3
SATellite NAME		simon bolivar	
SATellite LONGITUDE		-78	
TRANSPONDER BW (MHZ)		36	
TRANSPONDER TYPE		TWTA	
CARRIERS/TRANSPONDER:			
Uplink		Downlink	
Beam:	US_LAM	Beam:	US_LAM
Chan:	10 C	Chan:	9C
Uplink Frequency (MHz):	6120	Downlink Frequency (MHz):	3895
G/T, Beam Center (dB/K):	1.41	EIRP, Beam Center (dBW):	43.67
G/T Toward Tx ES (dB/K):	-4.5	EIRP Toward Rx ES (dBW):	41.73
SFD Toward Tx ES (dBW/m2):	-86.4		

Figura 18. Hoja de cálculo.

	A	B	C	D	E	F
46						
47						
48	ADJACENT SATELLITE INTERFERENCE ASSUMPTIONS					
49	Satellite name:	otro1	GE1			
50	Satellite longitude:	-79	313			
51	Uplink Power density or C/I (dBW/Hz):	-46	-46			
52	Uplink Polarization Advance (dB):	0	0			
53	Dnlink EIRP Density or C/I (dBW/Hz):	-37.6	-35.2			
54	Dnlink Polarization Advantage (dB):	0	0			
55						
56						
57	CALCULATED TRANSMIT EARTH STATION PARAMETERS					
58	Satellite Azimut (deg):		226.3			
59	Satellite Elevation (deg):		72.0			
60	Slant range to satellite (Km):		36064			
61	Antenna effic:		60			
62	Gain at Specified Uplink Freq. (dB)		39.02			
63	Path Loss at Specified Uplink Freq (dB)		199.32			
64						
65						
66	CALCULATED RECEIVE EARTH STATION PARAMETERS					
67	Satellite Azimut (deg):		218.42			
68	Satellite Elevation (deg):		73.90			
69	Slant range to satellite (Km):		36012			
70	Antenna efficiency:		60			
71	Gain at Specified Dnlink Freq. (dB)		34.80			
72	Path Loss at Specified Dnlink Freq (dB)		195.38			
73	Wave guide loss (dB):		0.3			
74	G/T at Specified Downlink Freq. (dB/K):		28.0			
75						

Figura 19. Hoja de cálculo azimut y elevación.

Para saber si la antena se encuentra correctamente apuntada es necesario ingresar a la interfaz brindada por el modem satelital y observar que los valores de SNR (relación señal ruido) superen los 10 dB, con lo que garantiza por parte del proveedor que el modem entenderá la señal recibida y transmitida.

Una vez apuntada la antena correctamente el modem procede a recibir permanentemente las señales provenientes del satélite, hecho esto, el siguiente paso que éste realiza es comenzar a transmitir señales desde la remota hacia el satélite, con lo cual el sistema comienza a interactuar obteniendo así una conexión a Internet de banda ancha que permite la transmisión de datos.

Lo mencionado anteriormente describe el proceso mediante el cual el sistema satelital VSAT usado por CANTV funciona de manera correcta y es importante tenerlo en cuenta para poder entender las pruebas llevadas a cabo que permitieron generar el manual de procedimientos de manera exitosa.

Uno de los elementos más importantes en el sistema satelital para el desarrollo de este proyecto fue el modem, ya que brinda una interfaz, con la que el usuario o el administrador del servicio pueden interactuar, permitiéndole así chequear los valores que indican la salud del sistema, es por esto que el estudio aquí realizado, se basó en la observación de los valores mostrados por la interfaz del modem durante los distintos escenarios en los cuales el sistema se encontraba fallando, lo que permitió generar un manual de procedimientos a seguir por los técnicos o personas encargadas de atender las fallas, con el fin de lograr la detección de las mismas de manera rápida y precisa, obteniendo como consecuencia una mayor eficiencia en la solución del problema.

La interfaz del modem satelital tiene una serie de valores que indican que el sistema se encuentra funcionando perfectamente, los mismos están reflejados en la tabla 2.

Tabla 2. Relación de valores y sus significados.

	Valores	Significado.
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	-29.5 dB	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.
TX Frequency(in 100 Hz)	142466215	Indica la frecuencia utilizada por el modem para transmitir la información.
RL Measured Es/No	8.5 dB	Indica la relación señal ruido perteneciente a la etapa de transmisión.
FL Measured Power Level	-25.16 dBm	Indica los niveles de potencia en dBm censados en la etapa de recepción.
FL Measured SNR	10.84 dB	Indica la ganancia de señal obtenida por la antena, en la etapa de recepción.

Cada una de las variables antes mencionadas poseen otros estatus, los cuales indican que el sistema no se encuentra funcionando correctamente, a estos valores se llegaron con la ayuda de pruebas realizadas en el sistema, las mismas se describirán más adelante, los distintos estatus son:

SIT Operational State:

- **Valor “Idle”:** indica que el modem ésta en estado ocioso, esto se debe a que no hay recepción de señales, bien sea por problemas con los equipos electrónicos o porque no existe continuidad en los cables coaxiales que conectan la electrónica con el modem.

FL Status:

- **Valor “Not Acquired”:** Indica que no hay recepción en la estación remota.
- **Valor “Inizializate”:** indica que el modem no tiene recepción aceptable o deficiente y está tratando de establecer de manera constante la recepción desde el satélite.

RL Status:

- **Valor “HOLD”:** indica que el modem está retenido, con lo éste no podrá transmitir señales desde la remota hacia el satélite.
- **Valor “Not Inizializate”:** indica que el modem no tiene transmisión aceptable o es deficiente y está tratando de establecerla de manera constante.

IDU Power Level:

- El valor de IDU Power Level puede ir desde los 0 dB hasta los – 30 dB como valor mínimo indicado por el fabricante, este indica la potencia a la cual se encuentra transmitiendo el modem hacia el satélite.

IDU TX Status:

- **Valor “Disable”:** indica que el modem esta desactivado para la transmisión de señales.

TX Frequency(in 100 Hz):

- Este valor varía según el HUB, ya que es la frecuencia asignada a la remota para la transmisión de señales hacia el satélite, el mismo debe ir entre los 13 GHz y los 14.5 GHz.

RL Measured Es/No:

- Este valor varía entre 0 y 10 dB.

FL Measured Power Level:

- Este valor varía entre 0 dBm y los -100dBm

FL Measured SNR:

- Este valor varía entre -10dB y 15 dB.

3.1.1 Evaluación del sistema satelital de CANTV.

La primera prueba llevada a cabo para generar satisfactoriamente el manual de procedimientos, consistió en evaluar el sistema cuando se encontraba trabajando en perfectas condiciones, para esto fue necesario ingresar a la interfaz del modem.

Para ingresar a la interfaz del modem se deben realizar los siguientes pasos:

1. Conectar el modem a la computadora a través de un cable Ethernet.
2. Abrir en la computadora el centro de redes y recursos compartido.
3. Pulsar sobre “conexiones de área local”.
4. Buscar protocolo TCP/IP y pulsar el botón de propiedades.
5. Colocar a la computadora una dirección IP fija, esta será la 10.10.10.11, ya que el modem tendrá por defecto la 10.10.10.10 (puerta de enlace) y es necesario que tanto la computadora como el modem se encuentren en el mismo dominio IP para así establecer la comunicación, la máscara de subred que se debe colocar en este menú será la 255.255.255.0.
6. Abrir un explorador de Internet y colocar la dirección IP 10.10.10.10.

Luego de realizar los pasos antes mencionados se abrirá la pantalla principal de la interfaz del modem, tal y como la veremos en la figura 20 mostrada a continuación.



Figura 20. Pantalla de inicio en la interfaz del modem.

Una vez dentro de la interfaz del modem, para ingresar a la pantalla encargada de mostrar los valores del sistema, se debe hacer click en “User Login”, luego se debe colocar como usuario la palabra “installer” y como clave “ins001pwd”, con lo cual veremos la pantalla mostrada en la figura 21.

IDU NAME: MAC ADDRESS: S/W REVISION: IDU PART NO:	MAQUETA CCS 00-40-fd-01-9f-06 . V9807.R01 850426-354										
Login	Installer Menu										
Page Links IDU Monitoring Installation Test Control Network Configuration File Management Installer Password	Monitoring										
	SIT Operational State: FL Status: RL Status: IDU Power Level: IDU TX Status: TX Frequency (in 100Hz): RL Measured Es/No: FL Measured Power Level FL Measured SNR:	<table border="1"> <tr><td>Active</td></tr> <tr><td>Acquired</td></tr> <tr><td>Ready Mode</td></tr> <tr><td>-29.5</td></tr> <tr><td>Enabled</td></tr> <tr><td>142466215</td></tr> <tr><td>8.5</td></tr> <tr><td>-25.16 dBm</td></tr> <tr><td>10.84 dB</td></tr> </table>	Active	Acquired	Ready Mode	-29.5	Enabled	142466215	8.5	-25.16 dBm	10.84 dB
Active											
Acquired											
Ready Mode											
-29.5											
Enabled											
142466215											
8.5											
-25.16 dBm											
10.84 dB											

Figura 21. Valores del sistema satelital trabajando correctamente.

Los valores mostrados en la figura 21 fueron tomados como referencia en nuestro estudio, ya que partimos del hecho de que en estas condiciones el sistema funciona correctamente.

Para el desarrollo de este proyecto se contó con una gran cantidad de equipos dañados. El método utilizado para generar el manual de procedimientos fue sustituir uno a uno los equipos buenos por equipos dañados, para luego observar la pantalla mostrada en la figura 21 y comparar los valores obtenidos, con los valores de referencia del sistema, de forma tal que al haber generado fallas en múltiples ocasiones, se obtuvo un comportamiento constante del mismo, lo que permitió que este pudiera ser analizado, caracterizado y plasmado en el manual.

3.1.2 Tipos de fallas del sistema satelital.

Durante el desarrollo de este proyecto observamos que existen 4 tipos de fallas comunes que experimentan los sistemas satelitales VSAT de CANTV, estas son:

3.1.2.1 Fallas de configuración del modem satelital.

Una de las principales fallas observadas en este tipo de sistemas vienen dadas por la configuración incorrecta del modem satelital. Este tipo de modem es configurado con un archivo suministrado por el proveedor canadiense Advantech, el mismo debe ser compatible con la versión de configuración utilizada por el HUB, este lleva el nombre de "IDUv9807r01.sit". Adicionalmente también se debe cargar una imagen de configuración, la cual lleva el nombre de "sitcfg".

Durante el desarrollo de este trabajo, se pudo observar, que la configuración incorrecta del modem satelital trae como consecuencia fallas relacionadas a todos los procesos que este realiza, entre ellos se pueden nombrar: fallas en el proceso de recepción de señales, fallas en el proceso de transmisión de señales y fallas en la navegación de Internet.

El método utilizado para la detección de las fallas mencionadas anteriormente, consistió en realizar el proceso de configuración del modem de manera incompleta, u omitiendo ciertos pasos, también se realizaron cargas de archivos de configuración obsoletos o incompatibles con el HUB. Para esto es necesario conocer cuál es el proceso correcto para la configuración del modem satelital.

El proceso de configuración del modem satelital es el siguiente:

1. Ingresar a la interfaz del modem como se mostró en la figura 21.
2. Pulsar el enlace “File Management”. (Ver figura 21)
3. Proceder a crear un servidor FTP con la ayuda del programa “wftpd32”.(ver figura 22)
4. En el servidor FTP pulsar donde dice “security”, luego “user rights”.(ver figura 22)
5. Colocar en el directorio “C:\”, una carpeta que contenga la imagen y el archivo de configuración, esta debe llevar el nombre de “IDU”.
6. Crear en el servidor FTP un nuevo usuario donde dice “new user”, este debe llevar el nombre de “idu”, la contraseña debe ser “idu” y el directorio debe ser “C:\IDU”.(ver figura 23)
7. Dentro de “File Management” colocar los datos del servidor FTP utilizado para la transferencia de archivos, estos son: el nombre del servidor (idu), password del servidor (idu), la IP del servidor (IP del computador), directorio donde se encuentra el archivo colocado en el FTP (C:\IDU).(ver figura 24)
8. Pulsar en el botón “ save FTP server configuration”.(ver figura 24)
9. Colocar el nombre de la imagen donde dice “S/W image filename”, este debe ser “IDUv9807r01.sit”. (ver figura 24)
10. Pulsar en el botón “save S/W image filename”. (ver figura 24)
11. Pulsar en el botón “download S/W image”. (ver figura 24)
12. Pulsar en el botón “reboot from alternate”. (ver figura 24)
13. Pulsar en el botón “validate S/W image”. (ver figura 24)
14. Pulsar en el botón “reboot idu”. (ver figura 24)
15. Repetir del paso 7 al 14 nuevamente.
16. Pulsar en el botón “download sitcfg.xlm”.(ver figura 25)
17. En el menú “Network configuration” configurar las direcciones IP otorgadas por el HUB para permitir la navegación de internet. (ver figura 26)

18. Ir al menú “installation” y configurar las coordenadas del modem y las dimensiones de la antena.(ver figura 27)
19. Pulsar nuevamente en “login” e ingresar con el usuario “superuser” y la clave “su001pwd”.
20. Ir al menú “DHCP management” y buscar el submenú “subnet”, colocar “opción router” y sustituir la dirección IP ahí colocada por la dirección IP otorgada por el HUB, y luego pulsar en el botón “Subnet option submit”.(ver figura 28)
21. Ir al submenú “subnet ranges” y sustituirlos rangos de direcciones IP ahí colocados por los nuevos rangos, estos son definidos por la dirección IP otorgada por el HUB, este rango debe contener en el inicio una dirección IP superior a la otorgada, y en el final una dirección IP cuyo último dígito sea 12 veces superior a la de inicio y pulsar en el botón “Subnet range submit”. (ver figura 28)
22. Un poco más abajo del último paso realizado en donde se lee subnet se debe colocar una dirección IP cuyo último dígito sea 1 menor que la otorgada por el HUB y luego pulsar en el botón “save this subnet entry”. (ver figura 28)

Las siguientes figuras son utilizadas como referencia de los procesos de configuración del modem satelital antes mencionados.

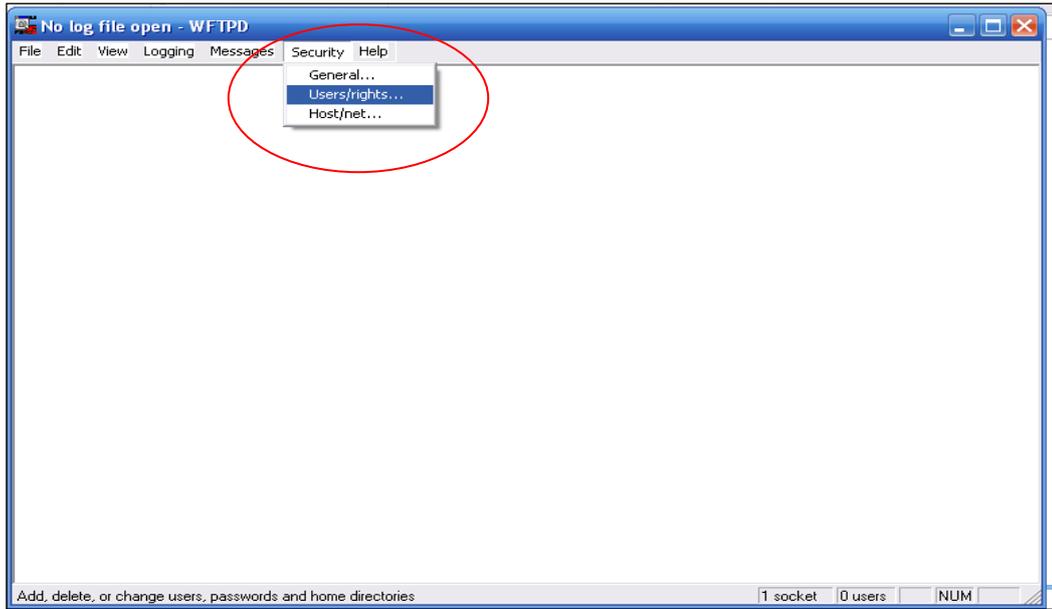


Figura 22. Servidor FTP.

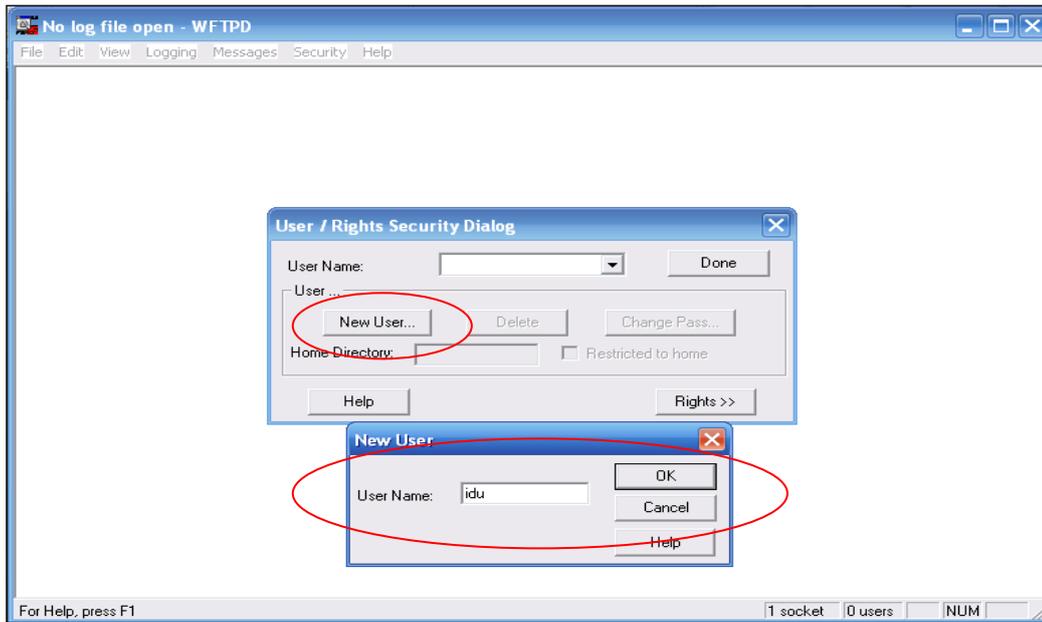


Figura 23. Servidor FTP new user.

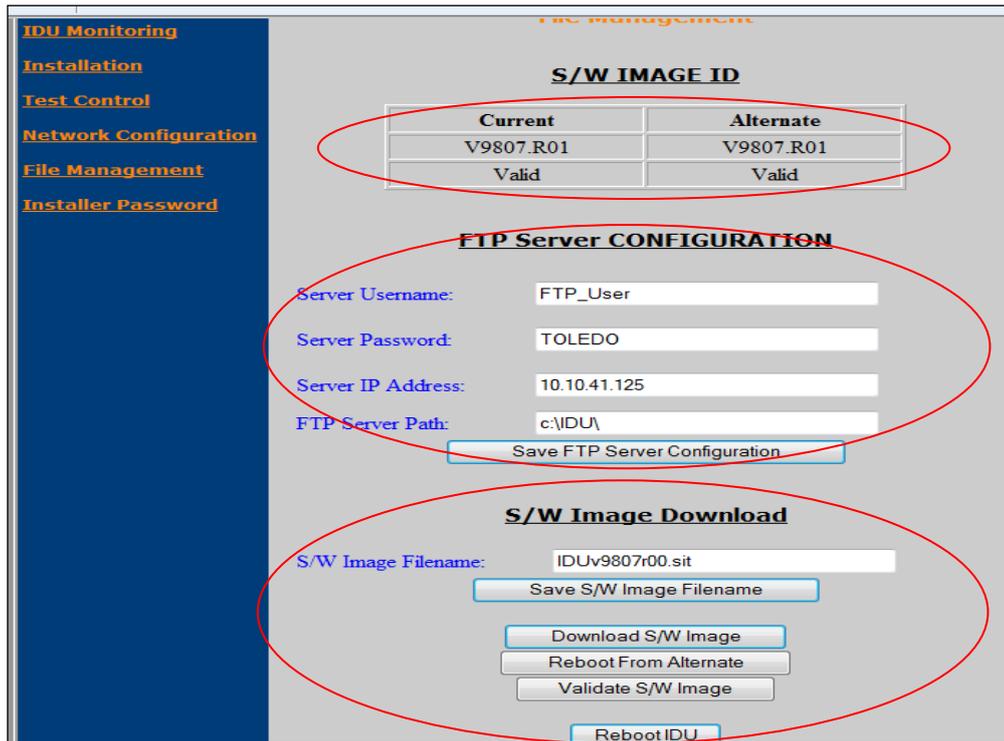


Figura 24. File management.

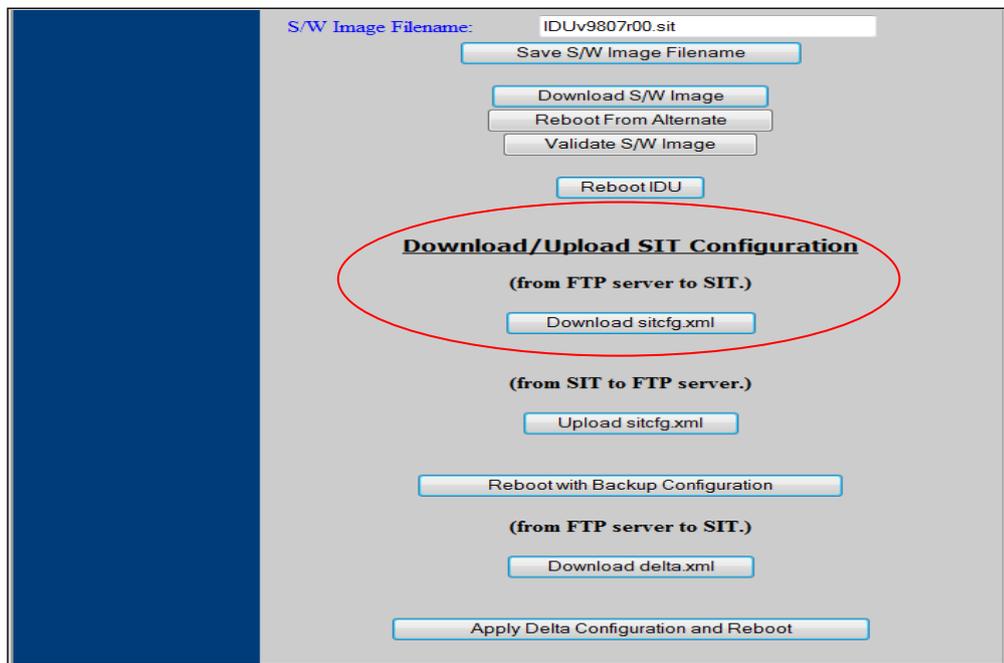


Figura 25. File management sitcfg.xml.

<ul style="list-style-type: none"> Size Monitoring IDU Log Network Interface Stats Active Connection Monitoring FL PID Statistics RL Synchronization Group Statistics Multicast Active Membership Monitoring Multicast Statistics GRE Tunnel Management CCP Monitoring IDU Control Network Configuration Queue Management PEP Configuration Routing Management DHCP Management File Management 	<h3>NETWORK SETTINGS</h3>
	<p>SIT Ethernet I/F IP Address: <input type="text" value="172.16.124.177"/></p> <p>SIT Ethernet I/F IP Mask: <input type="text" value="255.255.255.240"/></p> <p>SIT Satellite I/F OAM IP Address: <input type="text" value="10.1.8.188"/></p> <p>SIT Satellite I/F Traffic IP Address: <input type="text" value="10.0.0.0"/></p> <p>OAM Release Timeout (msec, 0 = no timeout): <input type="text" value="0"/></p> <p>Traffic Release Timeout (msec, 0 = no timeout): <input type="text" value="0"/></p> <p>Connection Control Mode: <input type="text" value="CCP Mode 1"/></p> <p>Connection Control Max Calls: <input type="text" value="4"/></p> <p>Connection Control Video Type: <input type="text" value="Auto Detection"/></p> <p>Ethernet Bridge Flag: <input type="text" value="Disabled"/></p> <p>PEP Enable Flag: <input type="text" value="Enabled"/></p> <p>High priority IP packet timeout (msec): <input type="text" value="4000"/></p> <p>Low priority IP packet timeout (msec): <input type="text" value="4000"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Save Network Configuration"/></p>

Figura 26. Network configuration.

<ul style="list-style-type: none"> Page Links IDU Monitoring Installation Test Control Network Configuration File Management Installer Password 	<h3>Installation Configuration</h3>
	<p>Installation Owner: <input type="text" value="CANTV"/></p> <p>Installation Date and work order number (YYYY-MM-DD wo#): <input type="text" value="2010-08-23"/></p> <p>Satellite Service Provider ID: <input type="text" value="CANTV"/></p> <p>SIT Name: <input type="text" value="MAQUETA CCS"/></p> <p>SIT Mode: <input type="text" value="Operational"/></p> <p>ODU Coordinates Entry Type: <input type="text" value="Lat Long EI"/></p> <p>ODU Coordinates Entry: <input type="text" value="2.555428e+06 -5.739586e+06"/></p> <p>Current XYZ ODU Coordinates in meters: <input type="text" value="1.100405e+06"/></p> <p>SIT Type: <input type="text" value="Type 4"/></p> <p>ODU Antenna Size (cm): <input type="text" value="180"/></p> <p>ODU SSPA Power (0.1 W steps): <input type="text" value="20"/></p> <p>ODU Maximum EIRP (0.1 dBm steps): <input type="text" value="740"/></p> <p>RL RF Spectral Inversion: <input type="text" value="Disabled"/></p> <p>ODU Tx Mixing Frequency (MHz): <input type="text" value="13050"/></p>

Figura 27. Installation.

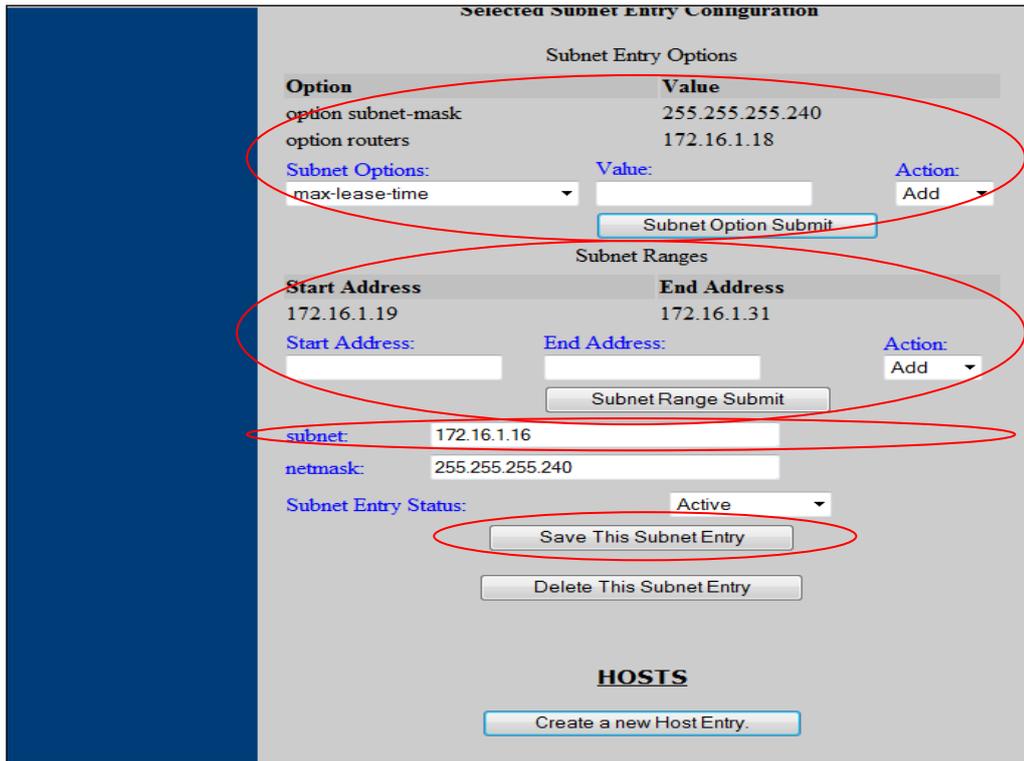


Figura 28. DHCP management.

Una vez realizado todos estos pasos el modem se encuentra completamente configurado y funcionando perfectamente, el omitir alguno de estos pasos en el estricto orden aquí mencionado es causante de un mal funcionamiento del sistema y por ende de que el mismo falle.

Otra de las fallas que puede presentar el modem, viene dado por la aparición de un estado denominado "Modo Hold" en la casilla de "RL Status", tal y como se observa en la tabla 2, en este modo el led "ready" del mismo parpadeará continuamente, lo cual indica el estado del modem, y no permitirá que este pueda transmitir señales al satélite, aún y cuando haya recepción de señales provenientes de él.

3.1.2.2 Fallas de recepción.

Las fallas de recepción de señal también son muy comunes en este tipo de sistemas, esto debido a que la tecnología VSAT tiene una apertura muy pequeña,

tal y como su nombre lo indica, lo cual la hace más vulnerable a la pérdida de recepción de señales en caso de no estar bien apuntada la remota. Es común que en la mayoría de las fallas reportadas el problema radique en un mal apuntamiento de la remota, por ende es necesario ingresar en la interfaz del modem satelital mostrada en la figura 21 y observar los valores de “FL measure SNR” si los mismos se encuentran por debajo de los 9 dB, al modem se le hará imposible entender la señal recibida, es por esto que se debe proceder a re apuntar la antena. Para el reapuntamiento de la antena se utiliza la hoja de cálculo suministrada por CANTV, tal y como se describió en el punto 3.1 con ayuda de las figuras 18 y 19.

Otras de las fallas que se dan en este tipo de sistema es el daño parcial o total del cable de recepción de señal que va desde el LNB hasta el modem satelital, para esto es importante que la persona encargada de atender la avería mida la continuidad del cable tanto en el conductor principal, como en el conductor de tierra, también se debe chequear que ambos terminales no se encuentren en corto circuito, ya que de esta manera el modem fallará y se pondrán en riesgo los equipos electrónicos.

El daño del LNB también es una de las fallas que puede presentar este sistema en lo que respecta a recepción, en dicho caso se recomienda que el mismo sea sustituido.

3.1.2.3 Fallas de transmisión.

Al igual que el proceso de recepción, el proceso de transmisión de señales es un punto crítico en este tipo de sistemas, dado a que sin este, no se podrá llevar a cabo ningún tipo de comunicación. Entre las fallas más comunes en la transmisión de señales de subida, tenemos el daño del transmisor (BUC), esto debido a que en esta etapa los niveles de tensión y de potencia son mayores. Otra de las cosas que contribuyen al daño de los transmisores son las deficiencias presentadas en el servicio eléctrico en las localidades alcanzadas por este

proyecto, las cuales normalmente se encuentran ubicadas en zonas rurales. En este tipo de casos se recomienda la sustitución del BUC.

Otra de las fallas que se presentan en el proceso de transmisión al igual que en el proceso de recepción vienen dadas por el deterioro o daño del cable de transmisión, para solucionar este tipo de problema se debe chequear el cable siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente.

La transmisión del modem satelital también puede fallar cuando el mismo no posee la perisología necesaria para entrar al sistema, lo que es igual a que la dirección MAC y la IP del modem no están activas en el HUB para la navegación de internet, con lo cual la remota nunca podrá transmitir información. En este caso se recomienda llamar al operador del HUB y solicitar la activación del modem.

3.1.2.4 Fallas de polarización.

En los sistemas satelitales VSAT la polarización cruzada afecta de manera considerable la recepción y transmisión de señales, estos problemas aumentan cuando los platos reflectores utilizados son de foco “offset”, es por esto que la mala configuración de la misma puede ser responsable de que el sistema falle, causando así que no se pueda recibir ó transmitir señales. Para chequear la polarización del sistema, se cuenta con la ayuda del alimentador, el cual en el extremo que apunta hacia el plato reflector posee unas marcas en grados que indican la polarización de la electrónica. En el caso del satélite VENESAT-1 la polarización en el alimentador debe ser de -40° . En estos casos se recomienda que la persona encargada de atender la avería, llame al operador del HUB y realice las pruebas de polarización orientadas por él.

3.1.3 Estudio experimental de las fallas.

Durante el desarrollo de este proyecto fue necesario realizar un estudio experimental basado en la sustitución de los equipos buenos que se encontraban trabajando perfectamente en las remotas, por equipos malos, tal y como se

mencionó anteriormente, para esto se utilizó la maqueta instalada en el edificio “Equipos II” ubicado en la sede principal de CANTV.

3.1.3.1 Estudio experimental del modem.

Para poder generar un manual de procesos satisfactoriamente es necesario observar el comportamiento del modem mientras este funciona perfectamente, y luego mientras experimenta fallas, para esto se debe realizar lo siguiente:

1. Se ingresa a la interfaz del modem y se observa el comportamiento del mismo mientras este funciona perfectamente.
2. En la interfaz del modem, dentro del menú “installer” y en el submenú “file management” se procede a cargar el archivo de configuración, para esto es necesario abrir un servidor FTP, una vez cargado el mismo si no se cumple a cabalidad los pasos descritos en el punto 3.1.2.1, la falla que este presentará es que al tratar de conectar el modem a la antena receptora correctamente apuntada, nunca se podrá tener recepción y por ende tampoco transmisión de señales, esto dado a que no se encuentra correctamente configurado. Para solventar el problema se debe cargar el archivo y la imagen de configuración nuevamente y siguiendo a cabalidad cada uno de los pasos antes mencionados.
3. En el submenú “Network Configuration” se debe chequear que tanto las direcciones IP e IP OAM sean las asignadas por el HUB, en caso de colocar las direcciones IP incorrectas, la falla que presentará el modem será que el mismo tendrá recepción de señal, pero no logrará la transmisión.
4. En el submenú “instalation” se debe configurar las coordenadas geográficas donde se encuentra ubicada la remota, si no se hace correctamente, la falla presentada será que el sistema poseerá recepción de forma intermitente y por ende no habrá tampoco transmisión lo que causa que el mismo no funcione.

5. En el submenú “DHCP Management” se debe configurar el modem como “router” para que este asigne 12 direcciones IP, de realizar mal la configuración la falla que este presentará será que el modem podrá navegar en internet pero a través de una dirección IP fija y no de manera automática.

3.1.3.2 Estudio experimental del receptor.

Los problemas de recepción son comunes en estos tipos de sistemas, y para poder determinar el comportamiento del mismo cuando existen fallas, se realizó lo siguiente:

1. Se ingresa a la interfaz del modem y se observa el comportamiento del mismo mientras este funciona perfectamente.
2. Se observan los valores de “FL measure SNR” si el mismo es menor a 10 dB indica que la antena está apuntada incorrectamente, en este caso la falla que presentará el sistema será la falta de recepción y transmisión de señales.
3. Se chequea el estado de los cables de recepción, si están dañados la falla que presentará el sistema es la falta de recepción, y arrojará un valor de SNR de -10 dB.
4. Se chequea que el alimentador este correctamente polarizado, en caso de no ser así, la falla que se presentará será la falta de recepción de señales.

3.1.3.3 Estudio experimental del transmisor.

El transmisor es un componente indispensable para la comunicación entre el satélite y la estación remota, es por esto que para poder caracterizar el comportamiento del mismo durante fallas se realizó lo siguiente:

1. Se ingresa a la interfaz del modem y se observa el comportamiento del mismo mientras este funciona perfectamente.

2. Se observan los valores de “RL Status” si el mismo dice “CSC Mode” indicará un problema con el transmisor y la falla que presentará el sistema será la ausencia de la transmisión.
3. Se chequea el estado de los cables de transmisión, si están dañados la falla que presentará el sistema es la falta de transmisión, y arrojará un valor de Es/No igual a 0 dB.
4. Si la antena no posee una línea de vista adecuada, la falla que presentará el sistema es la ausencia de transmisión.
5. Se chequea que el alimentador este correctamente polarizado, en caso de no ser así, la falla que se presentará será la falta de transmisión de señales.

3.1.4 Protocolo de pruebas.

Los protocolos de pruebas que deben ser realizados por las personas encargadas de atender las fallas para poder detectar donde están ocurriendo las mismas son los siguientes:

3.1.4.1 En el modem.

Para la correcta evaluación del funcionamiento del modem en caso de la atención de una avería se debe hacer lo siguiente:

1. Revisar que el modem este correctamente energizado.
2. Revisar que los cables de recepción y de transmisión estén colocados en sus respectivos puertos.
3. Revisar que el cable UTP se encuentre en perfecto estado.
4. Ingresar a la interfaz del modem con la dirección IP del mismo y con la ayuda de un navegador web.
5. Ingresar en el usuario “superuser”, ir al submenú “file management” y revisar que los archivos e imágenes de configuración cargados tanto en la configuración en uso como en la configuración alternativa lleven el nombre de “IDUv9807r01.sit”.

6. Ir al submenú “network configuration” y chequear que las direcciones IP e IP OAM sean las otorgadas por el HUB para permitir la navegación a internet del modem satelital.
7. Ir al submenú “DHCP Management” y chequear que el modem esté bien configurado para trabajar como “router” de manera que asigne direcciones IP automáticamente al usuario.

3.1.4.2 En la recepción.

Para la correcta evaluación del funcionamiento del receptor en caso de la atención de una avería se debe hacer lo siguiente:

1. Revisar que la antena esté correctamente apuntada.
2. Revisar que la electrónica esté correctamente polarizada.
3. Revisar que el cable de recepción posea continuidad.
4. Revisar que el cable de recepción no esté cortocircuitado.
5. Revisar que la dirección de la guía de ondas del alimentador coincida con la dirección en la que está colocado el receptor.
6. Revisar que en el cable coaxial que alimenta al receptor se reciban 18 V.

3.1.4.3 En la transmisión.

Para la correcta evaluación del funcionamiento del transmisor en caso de la atención de una avería se debe hacer lo siguiente:

1. Revisar que la antena esté correctamente apuntada.
2. Revisar que la electrónica esté correctamente polarizada.
3. Revisar que el cable de transmisión posea continuidad.
4. Revisar que el cable de transmisión no esté cortocircuitado.
5. Revisar que la dirección de la guía de ondas del alimentador coincida con la dirección en la que está colocado el transmisor.

6. Revisar que en el cable coaxial que alimenta al transmisor se reciban 24 V.
7. Revisar en la interfaz del modem que el “RL Status” se encuentre en “Ready mode”.

3.1.5 Frecuencia de daño de los equipos utilizados.

Un estudio realizado a través del portal de averías de CANTV denominado M6, el cual se basó en tomar todas las instalaciones realizadas hasta el 2011 y ver cuántas de ellas presentaron averías, arrojó los resultados que se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Estudio de equipos averiados.

Planta Instalada Hasta 2011	3264	Equipos Averiados			
		BUC	MODEM	LNB	OTRAS AVERIAS
Averías Reportadas 2011	909	131	42	34	702
Porcentajes de Averías	28%	14%	5%	4%	77%

El estudio indicó que los equipos que presentan una mayor frecuencia de daño son los transmisores, seguido de los modem y por último los receptores, esta información es de gran utilidad, ya que permite a CANTV estimar la cantidad de equipos que se deben adquirir solo por concepto de averías y permite al técnico encargado de atender las mismas, poner mayor atención en los equipos que presentan probabilidades de daños más altas como posible foco generador de la avería.

Es importante destacar que el reglón de otras averías se refiere: a la configuración incorrecta de los equipos, el apuntamiento incorrecto de la antena, la polarización incorrecta de la electrónica, cables en mal estado o dañados, entre otras. Por lo tanto el valor de 77% no debe ser muy alarmante, ya que en su mayoría estas averías no requieren la adquisición de nuevos equipos, los cuales representarían mayores costos para la compañía. Sin embargo, traen un costo asociado a la mano de obra del personal técnico que debe solventar la misma.

Partiendo del comportamiento mostrado por el sistema, en la tabla 3 y esperando que el mismo mantenga su conducta durante los siguientes años, es posible obtener la cantidad aproximada de equipos que demandará el sistema, solo por concepto de averías, cuando se llegue a la meta fijada por la Gerencia General de Servicios y Operaciones Especiales de CANTV para el 2012 la cual es de 6000 usuarios, dicha estimación se verá en la tabla 4.

Tabla 4. Averías estimadas para el 2012.

Estimación		Equipos Averiadados			
		BUC	MODEM	LNB	OTRAS AVERIAS
Planta Instalada 2012	6000				
Estimación de Averías Reportadas 2012	1671	241	77	63	1290
Estimación Porcentajes de Averías	28%	14%	5%	4%	77%

La estimación antes realizada le permite a la gerencia tener un aproximado de los recursos económicos que ésta utilizará para la adquisición de equipos por concepto de averías, permitiendo así la optimización de su presupuesto.

3.1.6 Vida útil de los equipos satelitales VSAT.

La investigación realizada en los manuales de cada uno de los equipos surtidos por el proveedor Canadiense Advantech arrojó los siguientes períodos de vida útil aproximados de sus equipos satelitales, estos períodos se verán en la tabla 5:

Tabla 5. Vida útil de los equipos satelitales VSAT.

Equipo.	Vida Útil. (años)
Modem	5
BUC	3
LNB	5

La vida útil de los equipos satelitales es otro indicador que debe tomar en cuenta la persona encargada de atender las averías, ya que de esta manera tiene información adicional que le permite detectar rápidamente el equipo que se encuentra fallando.

3.1.7 Tiempo estimado para la solución de averías.

Generalmente las averías son atendidas por dos técnicos, CANTV tiene estimado que sus técnicos tarden aproximadamente ocho horas en campo para solventar las fallas, el costo por hora hombre de cada técnico es aproximadamente de 50 BsF, por lo que la solución de la falla solo en horas hombres tendrá un costo de 800 BsF. Si tomamos los datos de las averías estimadas para el 2012 en la tabla 4, tendremos un costo total para la solución de averías, solo por concepto de horas hombre de 668.400 BsF, lo cual justifica aún más el desarrollo del manual de procedimientos, ya que con esto se espera que el tiempo utilizado por los técnicos se reduzca por lo menos a la mitad, lo cual trae un ahorro de presupuesto aproximado de 334.200 BsF

3.1.8 Costo de los equipos satelitales.

Los equipos satelitales comúnmente averiados poseen costos de adquisición que se mostrarán en la tabla 6.

Tabla 6. Costos de adquisición de equipos.

Equipos.	Costos (BsF).
Modem	1.500
BUC	1.000
LNB	200

Si tomamos los datos de las estimaciones reflejadas en la tabla 4, referente a los equipos que se esperan que presenten averías en el 2012, tendremos un total de costos de 369.100 BsF.

Durante el estudio realizado se obtuvo que entre un 5% y un 10% de los equipos que se cambiaron como averiados, no se encontraban realmente dañados, y fueron sustituidos por no poseer un manual de procedimientos que permitiera una detención eficaz de la avería, generando para CANTV gastos innecesarios en la adquisición de nuevos equipos, dichos gastos son aproximadamente de 37.000 BsF.

CONCLUSIONES.

El manual de procedimientos, en conjunto con el trabajo de grado aquí realizado, permitió documentar el proceso utilizado para la evaluación de los componentes pertenecientes a las remotas satelitales de tecnología VSAT y también podrá ser utilizado como instructivo para las personas que ingresen nuevas en el área de atención de averías, permitiéndoles así tener una mejor preparación para el desarrollo del trabajo que deben realizar.

El manual de procedimientos permitirá que las averías en campo de las remotas satelitales sean detectadas rápidamente y de manera eficaz, en comparación con el proceso empírico utilizado anteriormente.

El manual de procedimientos generado, ayudará a CANTV a reducir la cantidad de horas hombre utilizadas en la solución de las averías por lo menos a la mitad, trayendo consigo ahorros económicos aproximados anuales de 334.000 BsF.

El manual de procedimientos ayudará a que la detección de la avería sea más certera evitando así que se cambien equipos que no se encuentren realmente dañados, lo cual traerá ahorros aproximados anuales de 37.000 BsF en la adquisición de equipos.

RECOMENDACIONES.

Se le recomienda a la compañía CANTV que todos los procesos realizados, sean administrativos ó de campo, queden documentados en un manual, los mismos deben ser distribuidos a las personas encargada de aplicar dichos procesos, para así facilitar su trabajo con la ayuda de una herramienta que les servirá de guía y que minimizará el tiempo utilizado para solventar los distintos problemas, obteniendo mejores resultados en el desempeño de sus empleados y mayores beneficios para el desarrollo del país y de sus habitantes.

Se recomienda instalar un mayor número de maquetas a nivel nacional que permitan realizar pruebas de equipos, para confirmar que estos estén realmente dañados, de manera que se eviten gastos innecesarios en la adquisición de nuevos equipos. A demás se recomienda que dichas maquetas sean utilizadas con fines educativos, que permitan a las personas encargadas de solventar las averías, instruirse y practicar los posibles escenarios que se pueden presentar durante las mismas, tal y como ha sido mostrado en el manual de procedimientos.

Se recomienda que el manual de procedimientos, sea de uso obligatorio para las personas encargadas de solventar las averías, con el fin de reducir los tiempos de solución de las mismas.

Se recomienda que los equipos utilizados para la sustitución de los que se encuentran dañados, sean probados previamente en maqueta, con el fin de evitar demoras en la solución de averías.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Como realizar un manual de procedimientos, consultado en: < <http://www.monografias.com/trabajos13/mapro/mapro.shtml> > [Consulta 05-02-2012].
- [2] Satélite natural consultado en: < http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_natural > [Consulta 12-02-2012].
- [3] Satélites artificiales consultado en < http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_artificial > [Consulta 12-02-2012].
- [4] Imagen de tipo de órbitas satelitales consultado en: < <http://radiomen.tripod.com/satelites.htm> > [Consulta 12-02-2012].
- [5] Imagen de satélite Iridium con sus componentes principales consultado en: < <http://www.astrosafor.net/Huygens/2005/54/Iridium.htm> > [Consulta 14-04-2012].
- [6] Satélite geoestacionario consultado en: < http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_comunicaciones > [Consulta 14-04-2012].
- [7] Introducción a los sistemas satelitales consultado en: < Presentación CANTV 01/06/2010 > [Consulta 2012].
- [8] Imagen de la huella por bandas del satélite VENESAT-1 consultado en: < <http://www.con-cafe.com/index.php/2009/01/simon-bolivar-ahorrara-100-millones-de/> > [Consulta 13-04-2012].
- [9] Diagrama en bloques de transmisión y recepción del segmento satelital consultado en: < <http://www.com.uvigo.es/asignaturas/scvs/trabajos/curso0001/biblio/ACTS/acts.htm> > [Consulta 16-03-2012].
- [10] Polarización de las antenas satelitales consultado en: < <http://antenasparatodos.blogspot.com/2008/05/polarizacin.html> > [Consulta 17-03-2012].
- [11] Tipos de antenas VSAT comúnmente utilizadas consultado en: < <http://www.eb3sa.com/arrancarcast.htm> > [Consulta 15-03-2012].

[12] Introduction to Satellite Communication (Artech House Space Applications) by Bruce R. Elbert (2008).

[13] VSAT Networks. Gérard Maral. Wiley. 2.004. 294 páginas.

[14] Componentes de una red VSAT consultado en: <
<http://www.freedomsat.com.ar/faq.htm> > [Consulta 13-03-2012].

ANEXOS.