

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**Estudio para la ampliación y adaptación de servicios de telefonía y datos al Sistema de Transmisión Satelital Flyaway perteneciente a la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV)**

Prof. Guía: PhD. Luis Fernández  
Tutor Industrial: Ing. Robín Eric Alonso

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Gómez O., Luis C.  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

**Caracas, 2008**



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**  
**DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES**



---

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

Caracas, 10 de junio de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Luis Gómez, titulado:

**“ESTUDIO PARA LA AMPLIACIÓN Y ADAPATACIÓN DE SERVICIOS  
DE TELEFONÍA Y DATOS AL SISTEMA DE TRANSMISIÓN  
SATELITAL FLYAWAY PERTENECIENTE A LA COMPAÑÍA ANÓNIMA  
NACIONAL TELÉFONOS DE VENEZUELA (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. Zeldivar Bruzual  
Jurado

Prof. Franklin Martínez  
Jurado

Prof. Luis Fernández  
Prof. Guía



## **DEDICATORIA**

En memoria de mí querido Padre, Jesús Tadeo Gómez Maldonado. Una gran persona que me llenó de cariño y enseñanzas, toda esa confianza y ese amor los llevo siempre en el corazón. Todo este trabajo y esfuerzo están dedicados a ti.

A mi madre, Alfa Ortiz. Por ser lo mas bello que tengo en este mundo, por la confianza y el amor depositados, por ser siempre un ejemplo a seguir. Simplemente por todo lo especial e importante que eres para mi.

A mi hermano, Jesús Francisco Gómez Ortiz. Por ser un excelente hermano, por estar siempre en los buenos y malos momentos, por ser un gran ejemplo a seguir y por ser una fuente de inspiración y esfuerzo.

A mi sobrinito, Leonardo Gómez Ávila. Por ser mi sobrino favorito, y por todos los buenos momentos que me haces pasar y todo el cariño y alegría que me regalas a diario.

A mi abuela, Mamá Mery. Por ser una persona hermosa, una gran madre y maravillosa abuela. Por ser un regalo del cielo para todos nosotros.

A mi tía Cecilia. Por ser una segunda madre para mí. Por regalarme siempre mucha confianza, amor y cariño. Por ser esa gran persona que eres.

A mi madrina querida, Mary. Por apoyarme en todo momento. Por ser siempre una fuente de inspiración y animarme a seguir adelante. Por todo el cariño y amor brindado.

A toda mi familia, amistades y seres queridos.

Luis C. Gómez O.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Central de Venezuela, la Facultad de Ingeniería y la Escuela de Ingeniería Eléctrica por haberse convertido en mi segundo hogar, todas las experiencias y enseñanzas vividas han sido realmente gratificantes. En esta Casa he vivido los mejores años de mi vida.

Al profesor Luis Fernández, con el cual tuve el honor de contar con su apoyo como Tutor Académico, quien además siempre con una gran disposición me transmitió mucha ayuda y conocimientos.

A María, la mejor secretaria con la que puede contar la Escuela. Muchas gracias por toda tu ayuda y apoyo incondicional.

Al Ing. Robín Alonso, por toda la ayuda y colaboración prestada. A Fernando Hernández, por brindarnos una mano amiga y prestarnos su apoyo. A Doris Carrizo, por todo su tiempo y dedicación. A William Gonzales, Adalberto Cabrera, Miguel Urbaneja, Enoc Cordero, Isaac Plaz y Efraín Borges por el apoyo incondicional prestado y por hacer la estadía en CANTV realmente amena y agradable.

A Gabriel, Heidi, Katuska, Dorimar y Carlos Zapata por la muy buena compañía y amistad ofrecida. Los almuerzos con ustedes, las charlas y los buenos momentos. Toda esta experiencia en CANTV fue mucho mejor gracias a ustedes.

A mis buenas y grandes amistades que encontré en la Universidad. A María Cristina, la amistad más linda que pude encontrar. A Luis Chinchilla, Zagid Suarez y Abelardo Torres las mejores personas con las que compartir buenos momentos. A Karina Neto, Diana Díaz, Vanessa Laverde, Elio Texeira, Paula de Curtis, William Fernández, Luis León, Alejandro Gonzales, Rogelio, Thaiz, Yaremi Gamboa, Carlos Di Yorio, Richard Bustamante y Cinthia Mora por ser personas maravillosas y excelentes amistades. A mis buenos amigos de las otras Escuelas Luis Basabe, Guido Ramos, Jesús Calderón, Daniel Trujillo, Pedrique y Yenitza.

A mis amistades de toda la vida, con ustedes he crecido y me he criado. De cada uno de ustedes he aprendido infinidad de cosas. Y gracias a ustedes es que hoy soy quien soy.

A mis familiares y a mis seres queridos.

Muchas gracias a todos ustedes y a aquellos que me han ayudado de una u otra manera a alcanzar este logro tan importante para mí.

Luis C. Gómez O.

**Gómez O., Luis C.**

Estudio para la ampliación y adaptación de servicios de telefonía y datos al Sistema de Transmisión Satelital Flyaway perteneciente a la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV).

**Prof. Guía: PhD. Luis Fernández. Tutor Industrial: Ing. Robín Eric Alonso. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CANTV. 2008. 103 h. + anexos.**

**Palabras Claves:** Flyaway, SNG (Satellite Newsgathering), Comunicaciones Satelitales.

**Resumen.** Se establece la factibilidad de la ampliación y adaptación de servicios de Telefonía y Datos en el Sistema de Transmisión Satelital de Video Compuesto Flyaway1, perteneciente a CANTV. En principio, se presenta un estudio sobre el funcionamiento del Sistema actual, identificando y describiendo cada equipo que lo conforma y su modo de operación. A partir de ahí, y con los equipos disponibles, se presentan dos diseños factibles para realizar las pruebas y los estudios necesarios, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos. Con estos diseños, se procede a la configuración de los equipos por medio de los programas de control respectivos. Posteriormente se procede a la instalación del diseño seleccionado para la realización de las pruebas. Finalmente se muestran los resultados obtenidos por medio de las mismas; en base a esto se obtienen las conclusiones y las recomendaciones necesarias a la hora de implementar el Sistema de manera comercial.

## INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	V
RESUMEN.....	VII
INDICE GENERAL.....	VIII
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE TABLAS .....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
<b>1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General .....	4
1.2.2 Objetivos Específicos .....	4
1.3 METODOLOGÍA.....	5
CAPITULO II .....	7
<b>2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1 TEORÍA BÁSICA DE SISTEMAS SATELITALES .....	7
2.1.1 Principios de Orbitas Geoestacionarias .....	8
2.2 PERIODISMO ELECTRÓNICO SATELITAL (SNG, SATELLITE NEWSGATHERING) .....	9
2.2.1 Descripción funcional.....	10
2.2.2 Sistema Básico Digital SNG .....	11
2.2.3 Bandas de frecuencia adecuadas para el SNG .....	12
2.2.3.1 Banda-C.....	13
2.2.3.2 Banda Ku .....	14
2.3 FLYAWAYS .....	14
2.3.1 Antenas.....	17
2.3.2 Flight-cases.....	17
2.4 PARÁMETROS DE UN SISTEMA SATELITAL .....	18
2.4.1 Posición Orbital.....	18
2.4.2 Distancia entre estación terrena y satélite.....	19
2.4.3 Ángulo de elevación:.....	19
2.4.4 Azimut de la antena:.....	19
2.4.5 Potencia isotrópica radiada efectiva. ....	21

2.4.6	Temperatura equivalente de ruido.....	22
2.4.7	Densidad de ruido.....	24
2.4.8	Relación de portadora a densidad de ruido.....	24
2.4.9	Relación de la portadora a ruido.....	24
2.4.10	Pérdida por reducción.....	25
2.5	COMPRESIÓN DIGITAL:.....	26
2.5.1	Compresión de Video:.....	27
2.5.1.1	Redundancia Espectral:.....	27
2.5.1.2	Redundancia Espacial:.....	28
2.5.1.3	Redundancia Temporal:.....	29
2.6	MPEG.....	30
2.6.1	MPEG-2.....	30
2.6.1.1	Perfiles y Niveles:.....	30
2.6.1.2	Muestreo 4:2:0 y 4:2:2.....	31
2.7	COMPRESIÓN DE VOZ.....	31
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>35</b>
<b>3</b>	<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN SATELITAL FLYAWAY 1:.....</b>	<b>35</b>
3.1	DIAGRAMAS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN SATELITAL FLYAWAY ACTUAL:.....	37
3.2	EL SUBSISTEMA DE ANTENA.....	39
3.2.1	Características eléctricas:.....	39
3.2.2	Diseño Mecánico.....	41
3.2.3	Especificaciones de la antena:.....	42
3.3	EL SUBSISTEMA DE POTENCIA:.....	43
3.3.1	Upconverters:.....	43
3.3.2	Amplificadores:.....	43
3.4	EL SUBSISTEMA DE ELECTRÓNICA:.....	44
3.4.1	Encoder.....	44
3.4.1.1	Tarjeta de Video:.....	45
3.4.1.2	Tarjeta de Audio:.....	46
3.4.1.3	Tarjeta MuxControl:.....	46
3.4.2	Multiplexor.....	47
3.4.2.1	Tarjeta MuxControl:.....	47
3.4.2.2	Tarjeta Conditional Access:.....	48
3.4.2.3	SWIF:.....	48
3.4.3	Modulador.....	49
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>52</b>
<b>4</b>	<b>DISEÑO PARA AMPLIACIÓN Y ADAPTACIÓN DE TELEFONÍA Y DATOS AL SISTEMA FLYAWAY 1:.....</b>	<b>52</b>
4.1	MODEM SATELITAL BANDA-L CON MULTIPLEXOR VERSÁTIL P310VMUX.....	52
4.2	DISEÑO DEL SISTEMA SATELITAL FLYAWAY FINAL.....	53
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DISEÑADO:.....</b>	<b>58</b>

5.1	CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA SATELITAL FLYAWAY POR MEDIO DEL CENTRO DE COMANDO PCC-1000 (POWERVU COMAND CENTER 1000):.....	58
5.2	CONFIGURANDO LA TARJETA V100 DEL MODEM SATELITAL BANDA-L P310VMUX. ....	65
5.2.1	El ID del Nodo: .....	66
5.2.2	Números de ‘Slot’ y ‘Port’: .....	67
5.2.3	Acceso Remoto .....	68
5.2.4	Configuración del menú DATA: .....	70
5.2.5	Configuración de Voz en el V100: .....	71
5.2.6	Configuración IP del V100:.....	75
5.2.6.1	Comunicación PC a PC: .....	75
5.2.6.2	Comunicación de PC a LAN: .....	83
5.3	INSTALACIÓN Y EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DISEÑADO: .....	85
5.3.1	Pruebas Iniciales del Funcionamiento y Operación de los Módems Satelitales Banda-L con Multiplexor Versátil P310VMUX a Utilizar: .....	86
5.3.2	Pruebas del Sistema Final Diseñado:.....	88
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>94</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>96</b>
	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>99</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1 SISTEMA BÁSICO SNG DE TRANSMISIÓN .....	12
FIGURA 2-2 PARÁMETROS PARA ALINEACIÓN DE LA ANTENA. ....	20
FIGURA 2-3 FACTOR DE RUIDO. ....	22
FIGURA 2-4 POTENCIA DE SALIDA DE UN AMPLIFICADOR. ....	26
FIGURA 3-1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN SATELITAL FLYAWAY 1. ....	37
FIGURA 3-2 CONEXIÓN DE LAS MALETAS DEL SUBSISTEMA DE ELECTRÓNICA. ....	38
FIGURA 3-3 CONEXIÓN ENTRE EL SUBSISTEMA DE ELECTRÓNICA Y EL RESTO DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA SATELITAL FLYAWAY 1. ....	38
FIGURA 4-1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN SATELITAL FLYAWAY CON SERVICIOS DE TELEFONÍA Y DATOS. (SEÑAL EN IF ENTREGADA AL UPCONVERTER BANDA-C).....	56
FIGURA 4-2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN SATELITAL FLYAWAY CON SERVICIOS DE TELEFONÍA Y DATOS. (SEÑAL EN BANDA-L ENTREGADA AL UPCONVERTER BANDA-C).....	56
FIGURA 4-3 DISPOSICIÓN DE EQUIPOS EN LA ESTACIÓN TERRENA CAMATAGUA. ....	57
FIGURA 5-1. VENTANA DE REGISTRO.....	58
FIGURA 5-2. MENÚ UPLINK. ....	59
FIGURA 5-3: VENTANA DE MONITOREO DEL ENCODER.....	60
FIGURA 5-4. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE VIDEO DEL ENCODER. ....	61
FIGURA 5-5: VENTANA DE MONITOREO DEL MULTIPLEXOR. ....	63
FIGURA 5-6. VENTANA DE CONFIGURACIÓN Y MONITOREO DEL MODULADOR. ....	64
FIGURA 5-7. VENTANA INICIAL DEL PROGRAMA DE GESTIÓN Y CONTROL DE LA TARJETA V100.....	65
FIGURA 5-8. MENÚ PRINCIPAL.....	66
FIGURA 5-9. MENÚ SYSTEM.....	67
FIGURA 5-10. CHASIS DE EQUIPO MULTIPLEXOR TÍPICO.....	67
FIGURA 5-11. MENÚ DE ACCESO REMOTO.....	69
FIGURA 5-12. MENÚ DE DATA. ....	70
FIGURA 5-13. DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA LA TELEFONÍA ANALÓGICA A TRAVÉS DE LOS V100.....	71
FIGURA 5-14. MENÚ DE CONFIGURACIÓN DE PUERTOS ANALÓGICOS DE VOZ. ....	72
FIGURA 5-15. DIAGRAMA DE CONEXIÓN ENTRE DOS PCs A TRAVÉS DE LOS V100. ....	75
FIGURA 5-16. MENÚ GENERAL. ....	76
FIGURA 5-17. MENÚ NETWORKS. ....	77
FIGURA 5-18. COMPROBACIÓN DE CONEXIÓN ENTRE PCs, REALIZANDO UN PING DESDE EL SÍMBOLO DE SISTEMA.....	80
FIGURA 5-19. COMPROBACIÓN DE CONEXIÓN ENTRE PCs, A TRAVÉS DEL MENÚ PING.....	80
FIGURA 5-20. MENÚ IP STATIC ROUTE TABLE.....	82
FIGURA 5-21. DIAGRAMA DE CONEXIÓN ENTRE UNA PC Y UNA LAN A TRAVÉS DE LOS V100.....	83
FIGURA 5-22. UDP RELAY TABLE.....	85
FIGURA 5-23 CONEXIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	86

## LISTA DE TABLAS

TABLA 2-1 CUADRO COMPARATIVO DE LAS RECOMENDACIONES ITU PARA COMPRESIÓN DE VOZ .....	34
TABLA 3-1. ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA .....	42
TABLA 3-2. NIVELES DE POTENCIA RELATIVOS Y FACTORES DE ROLLOFF ASOCIADOS. ....	50
TABLA 4-1. FRECUENCIAS DE TRABAJO Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN.....	57
TABLA 5-1. NUMERACIÓN DE LOS PUERTOS DE LA TARJETA V100.....	68
TABLA 5-2 PARÁMETROS Y OPCIONES DEL MENÚ DE PUERTOS ANALÓGICOS DE VOZ.....	74
TABLA 5-3. DIRECCIONES ASIGNADAS Y MASCARA DE CONEXIÓN. ....	77
TABLA 5-4. VALORES DE CONFIGURACIÓN ASIGNADOS EN EL MENÚ NETWORKS .....	78
TABLA 5-5. DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DENTRO DEL MENÚ IP.....	79
TABLA 5-6. VALORES ASIGNADOS A CADA MODEM EN EL MENÚ IP STATIC ROUTE TABLE .....	81
TABLA 5-7. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MENÚ IP STATIC ROUTE TABLE.....	82

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad es de vital importancia poder transmitir señales de video de calidad de un punto remoto a otro. En estos casos, ya sea por condiciones geográficas o económicas, no siempre se cuenta con medios de transmisión convencionales (fibra óptica, microondas, coaxial, etc.) y es por eso que se hace imperiosa la utilización de tecnologías satelitales.

Los Sistemas Satelitales Flyaway satisfacen estas necesidades de una manera efectiva, ya que son en si una estación terrestre movible, de pequeño tamaño y que ofrecen una alta capacidad y potencia. Y debido a su facilidad de transporte e instalación se han convertido en sistemas de gran versatilidad y alcance. Una vez instalado en el lugar de transmisión la señal sube al satélite y esta puede ser decodificada en cualquier parte del mundo que sea cubierta por la huella de éste.

La empresa CANTV ofrece servicios de transporte de video compuesto a sus diferentes clientes dándoles como alternativa en la entrega de la señal los siguientes medios: fibra óptica, microonda, y satelital; para este ultimo sistema CANTV cuenta con sistemas Flyaway.

En el presente documento se realizó un estudio sobre la factibilidad de ampliación y adaptación de servicios de telefonía y datos al Sistema Satelital Flyaway<sup>1</sup> de la empresa. El mismo se ha estructurado en cinco capítulos. El Capítulo I presenta el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, y la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto.

El Capítulo II precisa los aspectos teóricos que sustentan la ejecución del proyecto de estudio planteado.

El Capítulo III encierra todos los aspectos referidos al funcionamiento y los equipos pertenecientes al Sistema de Transmisión Satelital Flyaway1.

El Capítulo IV presenta todos los aspectos del diseño para la ampliación y adaptación de servicios de telefonía y datos al Sistema de Transmisión Satelital Flyaway1.

El Capítulo V precisa los aspectos referidos a la configuración e instalación de los equipos y la ejecución de las pruebas de operación del sistema diseñado.

Finalmente se presentan las conclusiones extraídas del trabajo y se hacen una serie de recomendaciones. Por Ultimo, se incluyen los anexos necesarios para la completa comprensión del trabajo realizado.

# **CAPITULO I**

## **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV) ofrece servicios de transporte de señales de televisión de acuerdo a las necesidades de los clientes, generalmente haciendo uso de sus redes de fibra óptica o enlaces de microondas. Cuando el punto de transmisión se encuentra fuera del alcance de estos medios se hace necesario el uso de los Sistemas Satelitales Flyaway para satisfacer los requerimientos dados. La empresa cuenta en este momento con dos Flyaways, el Sistema Satelital Flyaway2 esta en capacidad de ofrecer servicios de video compuesto, telefonía y datos, siendo estos servicios atractivos a los clientes; mientras que la Flyaway1 ofrece únicamente servicios de video compuesto.

Debido a la creciente solicitud por parte de clientes de los servicios de telefonía y datos mientras se prestan los servicios de transmisión de video compuesto, la empresa se ha visto en la necesidad de agregar esa capacidad a todos sus Sistemas Flyaway, y poder así cubrir la demanda. Existen equipos que han sido cedidos por otras áreas de la empresa, los cuales se encuentren en buenas condiciones de operación. En vista de esto, se pueden realizar pruebas efectivas de funcionamiento del sistema que se pretende implementar, sin sacar de servicio los sistemas operativos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Establecer la factibilidad de ampliación y adaptación de servicios de telefonía y datos al Sistema Satelital Flyaway (Flyaway1) perteneciente a la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV).

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos que se cumplieron en el presente trabajo especial de grado son los siguientes:

- Recopilar información pertinente a los sistemas Flyaway, y los equipos disponibles para la implementación de los estudios necesarios.
- Diseñar un sistema Flyaway de pruebas para establecer la factibilidad de la ampliación a servicios de telefonía y datos en los sistemas existentes.
- Efectuar las pruebas de transmisión de video, telefonía y datos en el sistema diseñado para establecer correcto funcionamiento del mismo.

- Analizar los resultados de las pruebas realizadas, para valorar la viabilidad de la posible implantación de los servicios de voz y datos en el Sistema Satelital Flyaway1 existente.
- Establecer las recomendaciones para la posible implantación en el sistema ya existente.

### **1.3 Metodología**

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto se describe a continuación:

- *Fase I: Estudios Preliminares.*

Se recopiló información a través de medios informativos actualizados que están relacionados con los sistemas Flyaway. Se verificaron los equipos existentes en el departamento (Moduladores, Encoders y Multiplexores) para establecer si pueden ser utilizados en la realización del montaje de pruebas. Y se estableció el equipamiento adicional requerido para realizar el montaje.

- *Fase II: Diseño del sistema Flyaway de pruebas.*

En base a los equipos disponibles en el departamento y por medio del estudio de los sistemas existentes, se realizó el diseño del sistema Flyaway de pruebas, de manera tal que el mismo tiene un funcionamiento análogo a los sistemas operativos de la empresa.

- *Fase III: Ejecución de Pruebas de Transmisión*

A partir del diseño realizado se efectuaron pruebas de transmisión y recepción, utilizando los equipos disponibles en el departamento, de manera tal de alcanzar el correcto funcionamiento del sistema.

- *Fase IV: Análisis de Resultados.*

En base a los resultados obtenidos durante el desarrollo de las pruebas de transmisión del sistema, y mediante un análisis de los mismos, se valoró la viabilidad de la posible implantación de los servicios de voz y datos en el Sistema Satelital Flyaway1 existente.

- *Fase V: Informe Final*

Elaboración, desarrollo y sustentación del Informe Final estableciendo las conclusiones y recomendaciones para su implantación en los sistemas ya existentes.

## CAPITULO II

### 2 Marco Teórico

#### 2.1 Teoría Básica de Sistemas Satelitales

En octubre de 1945, el famoso escritor de ciencia ficción Arthur C. Clarke (Ingeniero, científico y autor de '2001: Odisea del Espacio' entre otros) escribió un artículo el cual fue publicado en la revista Británica de radio aficionados (Octubre 1945 *Wireless World* Págs. 305-308, *Extra-terrestrial Relays*). En ese artículo él generó una idea exponiendo que la cobertura de transmisiones de TV podría ser realizada usando radio 'repetidores' ubicados sobre la atmosfera terrestre. Al colocar tres repetidores separados  $120^\circ$  entre sí planteo la posibilidad de ofrecer cobertura de comunicaciones a todo el planeta. Estos repetidores son lo que conocemos hoy en día como Satélites de telecomunicaciones, y así surgió la primera idea que sugirió el establecimiento de comunicaciones mediante un satélite.

El principio del satélite es que pueda ser puesto en órbita a una distancia aproximada de unos 36000 Km sobre la superficie terrestre, igualando su velocidad de traslación a la velocidad de rotación de la tierra, de forma que esa estación apareciera como si estuviera fija con respecto a un observador desde la superficie de la Tierra, y de esta manera las antenas pueden ser apuntadas en una sola dirección y seguir siempre el rastro del satélite.

Una vez fijado el satélite en su órbita, se envían las señales desde la estación terrena al satélite que actúa como retransmisor, de tal manera que puedan ser captadas por los equipos de recepción situados en tierra o en aeronaves.

Los satélites de comunicaciones tienen algunas propiedades interesantes que los hacen atractivos para muchas aplicaciones, ya que se les puede ver como una gran repetidora de microondas en el cielo. Un satélite contiene varios transpondedores (*Transponders*), cada uno de los cuales capta alguna porción del espectro, amplifica la señal de entrada y después la redifunde a otra frecuencia para evitar la interferencia con la señal original. Los haces retransmitidos pueden ser amplios y cubrir una fracción sustancial de la superficie de la Tierra, o estrechos y cubrir un área de sólo cientos de kilómetros de diámetro.

### **2.1.1 Principios de Órbitas Geoestacionarias**

La tierra completa su periodo de rotación sobre su eje polar Norte-Sur cada 24 horas, y puede determinarse que a una distancia específica desde la tierra, un satélite en una órbita circular alrededor de la tierra puede rotar a la misma velocidad que la tierra. Esta será esencialmente una órbita en la cual la fuerza centrífuga que actúa sobre el satélite iguala la fuerza gravitacional que atrae al satélite hacia la tierra.

Entonces se puede definir una órbita ‘geosíncrona’ como una órbita geocéntrica que tiene el mismo periodo orbital que el periodo de rotación sideral de la tierra. La misma tiene un semieje mayor de 42.164 km. [1]

Si el satélite se encuentra directamente sobre el Ecuador, se dice que el satélite esta en una orbita 'geoestacionaria'. La orbita geoestacionaria se encuentra a una distancia de 35785 km en cualquier punto de la superficie terrestre que se encuentre sobre el ecuador, y los satélites que se encuentren posicionados en esta orbita circular sobre el ecuador se dice que se encuentran en el 'arco geoestacionario'. El autor Arthur C. Clarke se considera padre de la popularización de la órbita geoestacionaria para satélites de comunicaciones. Por ello, la órbita también se conoce como 'órbita de Clark'. Al conjunto de satélites en esta órbita se llama 'Cinturón de Clarke'.

Actualmente existen alrededor de 250 satélites en orbitas geoestacionarias, y un total de cerca de 8500 satélites artificiales en otros tipos de orbitas sobre la tierra, no solo satisfaciendo las necesidades de telecomunicaciones comerciales, sino también con satisfaciendo fines experimentales, de observación científica, meteorológicos y de uso militar.

## **2.2 Periodismo Electrónico Satelital (SNG, Satellite Newsgathering)**

El periodismo electrónico por satélite (SNG por sus siglas en ingles) se ha convertido en un término genérico aplicado a cualquier estación terrestre movable con equipamiento para transmisiones satelitales usados en la cobertura de noticias, deportes o eventos a nivel mundial.

Fundamentalmente, SNG describe los medios por los cuales el material es reunido para la emisión de señales de TV y enviado de vuelta al estudio usando uno (o más) satélites.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) define al SNG, en su recomendación ITU-R SNG.770-1 Anexo 1, como ‘Transmisión temporal y ocasional de televisión o sonido radiofónico con escaso tiempo de aviso con fines de difusión, utilizando estaciones terrenas de enlace ascendente portátiles o fácilmente transportables que operan en el marco del servicio fijo por satélite’.

‘La definición del equipo especifica que éste deberá estar en condiciones de transmitir por el enlace ascendente el programa de imagen con sus señales de sonido radiofónicas asociadas y podrá ofrecer circuitos de coordinación (comunicaciones) bidireccionales y, eventualmente, transmisiones de datos, y deberá poder ajustarse y manejarse por no más de dos (2) personas en un tiempo razonablemente corto (por ejemplo, 1 h)’.

### **2.2.1 Descripción funcional [2]**

Las características principales de los sistemas SNG vienen determinadas básicamente por las características del enlace ascendente. El empleo del terminal SNG para el enlace ascendente supone que el extremo receptor está dimensionado adecuadamente. Para garantizar la compatibilidad del sistema y un funcionamiento eficaz, es necesario normalizar las características de los equipos y los procedimientos de explotación.

Las funciones del sistema SNG son:

- Transmitir, con una degradación mínima, una señal vídeo y su señal de sonido asociada o una señal de programa de sonido radiofónico;
- Suministrar una capacidad de recepción limitada para orientar la antena y efectuar la comprobación técnica de las señales transmitidas, donde sea posible;
- Suministrar canales de comunicación bidireccionales para la explotación.

### **2.2.2 Sistema Básico Digital SNG**

Desde alrededor de 1994, los enlaces de subida digital SNG se han hecho posibles gracias al desarrollo de los *encoders* de compresión digital que trabajan a bajas tasas de bits. El desarrollo de estos *encoders* que pueden correr a tasas de bits tan bajas como 8 Mbps creó una oportunidad para su uso en el SNG, y esto llevó al hecho de que más canales pudieran ser equipados en un mismo satélite, ofreciendo la posibilidad de abaratar los costos en transmisiones satelitales. Las ventajas ofrecidas fueron potencias mas bajas en los enlaces de subida y anchos de banda más estrechos para los canales en los satélites. Las señales digitales pueden ser ajustadas dentro de un ancho de banda de 9 MHz (y hoy en día inclusive menores), y de esta manera mejorar la eficiencia del sistema total.

Los avances en el desarrollo de equipos digitales conllevó en general a una reducción de los tamaños. Menores potencias son necesarias para la operación digital; las antenas y amplificadores podrían ser más pequeños, y por ende más económicos. Luego, se observó que con el uso de la multiplexación digital muchas señales de programas podían ser provistas a un costo mucho menor que las múltiples cadenas de señales RF que eran requeridas en el dominio analógico.



**Figura 2-1** Sistema Básico SNG de transmisión

### 2.2.3 Bandas de frecuencia adecuadas para el SNG

Los sistemas SNG pueden utilizar todas las bandas de frecuencia atribuidas a los enlaces ascendentes para el SFS (Servicio Fijo por Satélite). Sin embargo, puesto que un terminal SNG debe llevar una antena pequeña, de forma que pueda ser fácilmente transportable, la banda de frecuencias de explotación es extremadamente importante.

Existen dos principales bandas de frecuencia utilizadas para la transmisión de televisión por satélite, y por lo tanto las principales usadas en el SNG. La banda de frecuencia que se encuentra entre 4-6 GHz es denominada banda C, y la banda de frecuencia ubicada en el rango entre 11-14 GHz se denomina banda Ku. Actualmente en los países más desarrollados, la banda de frecuencias más utilizada es la banda de 14 GHz.

### **2.2.3.1 Banda-C**

La banda C es una banda de frecuencia que ha sido usada en la transmisión de telecomunicaciones desde 1960. La frecuencia de transmisión de la banda esta típicamente dentro del rango de 5.8-6.5 GHz, y la frecuencia de recepción se encuentra entre 3.4-4.8 GHz, y en lo que se refiere al periodismo electrónico satelital, la banda C es usada exclusivamente para transmisiones digitales.

Esta banda posee algunas limitaciones debido a aspectos regulatorios, ya que su uso para transmisiones SNG no esta permitido en Europa y muchas otras áreas del mundo. El problema es que en países desarrollados esta banda de frecuencias en particular es de amplio uso en enlaces de microondas terrestres que enlazan redes de telecomunicaciones fijas. Pero también es verdad que hay países o áreas en el mundo donde no existe una infraestructura de comunicaciones sofisticada que limite el uso de la banda, convirtiendo a la misma en una solución muy fiable para las transmisiones SNG.

En Venezuela, aunque en muchas zonas del país existe una infraestructura de comunicaciones a nivel de microondas ampliamente desarrollada, la banda C no esta prohibida para las transmisiones de DSNG. Y en el caso de CANTV, la estación terrena Camatagua se encuentra en una zona la cual esta bastante aislada de cualquier tipo de interferencia, y por lo tanto su ubicación es óptima para el uso de la banda.

### **2.2.3.2 Banda Ku**

La banda Ku es una banda de frecuencia que hoy en día, en muchas partes del mundo, es la banda predominante para los servicios de TV (especialmente servicios DTH) y servicios SNG. Es usada ampliamente en áreas donde se tiene un amplio desarrollo e infraestructura de las telecomunicaciones, tales como en Europa y Estados Unidos.

La frecuencia de transmisión típicamente está dentro del rango de 14.0-14.5 GHz, y la de recepción se divide a su vez dentro de tres bandas, 10.95-11.7 GHz, 11.7-12.25 GHz y la banda superior de 12.25-12.75.

Las antenas son pequeñas y la potencia requerida para el *uplink* es relativamente modesta. Por lo tanto los equipos digitales SNG son muy compactos y pueden ser fácilmente transportables entre las localidades. Cuando se trabaja en la banda Ku hay que considerar enormemente los efectos producidos por la lluvia ya que la misma se ve bastante afectada por esta.

## **2.3 Flyaways [3]**

Los sistemas Flyaway satisfacen un requerimiento primordial en lo referido a sistemas satelitales que pueden ser fácilmente transportables por aire y ensamblados en el destino en un tiempo típicamente menor a 1 hora. Ofrecen gran versatilidad y los mismos pueden ser instalados y puestos en operación en la parte trasera de un camión de transporte ordinario.

La flexibilidad que ofrecen los sistemas Flyaways en cuanto a su facilidad de transporte es de crítico valor para el periodismo internacional, que regularmente vuela alrededor del mundo con ellos en una amplia variedad de aviones de diferentes tipos y tamaños. Los factores claves son el peso total y el número de cajas, ya que muchas veces se transportan estos sistemas en vuelos comerciales, y debido a que generalmente son transportados como exceso de equipaje el costo se incrementa de gran manera en proporción al peso y el volumen.

El diseño de un sistema Flyaway tiene demandas diametralmente opuestas. Se desea que sea lo suficientemente fuerte, con la menor masa posible, pero a su vez también manteniendo buenos niveles de estabilidad. La precisión y adhesión a tolerancias mecánicas estrictas se deben cumplir, y al mismo tiempo todos los componentes tienen que ser rígidos y resistentes. El tamaño global debe ser minimizado, pero también se debe lograr la máxima potencia en el enlace de subida. Cada uno de los componentes tiene que ser montado de manera sencilla para asegurar un tiempo de instalación corto y un funcionamiento fiable del mismo.

La antena puede ser transportada en una sola pieza o ser dividida en un número de segmentos o pétalos. Esta puede ser re-ensamblada mecánicamente en el sitio de transmisión sobre un soporte o sistema de montura, el cual debe lograr un alto nivel de tolerancia y fiabilidad.

La antena debe ser montada de manera que pueda fácilmente ser maniobrada durante su alineación al satélite. Al mismo tiempo, la montura debe proveer máxima estabilidad y rigidez y de esta manera mantener la exactitud de la misma al apuntar al satélite durante la operación del sistema, inclusive durante mal clima. Sin embargo, esta rigidez física debe ser conseguida mientras se mantiene la masa (y por lo tanto el

peso) tanto del soporte como de la antena al mínimo. El uso de fibra de carbón y aleaciones de aluminio son una practica común en el logro de esta meta.

El control de la antena es un requerimiento de ingeniería muy preciso. La antena debe ser capaz de ser ajustada muy precisamente en tres ejes – azimut, elevación y polarización. Tanto el azimut (la posición rotacional), como la elevación (el ángulo de inclinación) y la polarización (la orientación circular del haz) deben ser controladas y ajustadas dentro de las fracciones de un grado. Típicamente hay controles de ajuste gruesos y finos previstos en el soporte que permiten esto. Los controles de ajuste gruesos permiten el movimiento rápido de la antena a un punto muy cercano de la posición deseada, mientras el control de ajuste fino precisa la alineación final de la antena hacia el satélite.

Cuando la antena ha sido alineada, es de vital importancia que la misma se mantenga correctamente posicionada; debe ser posible de alguna manera mantenerla en esa posición tal que no pueda ser sacada de alineación de manera accidental. Los fabricantes usan diferentes técnicas para lograr estabilidad, basados tanto en trípodes simples, piernas y marcos complejos de estabilización, o incluso entrelazando la antena y la montura a las cajas del equipo para incrementar la estabilidad con el suelo.

La antena además debe ser capaz de ser posicionada en terreno irregular y mantener su exactitud bajo condiciones climáticas severas tales como fuertes vientos. En términos aerodinámicos, la antena representa una vela, por eso es importante mantener en mente que hay un nivel de velocidad máximo permitido para la estabilidad en pobres condiciones climáticas.

### **2.3.1 Antenas**

En los sistemas Flyaway las antenas típicamente se encuentran entre 0.9 y 2.2 m de diámetro, y como se menciono antes también son usualmente segmentadas para permitir su transporte de manera más sencilla. Solamente las antenas más pequeñas (de un metro o menos) pueden ser fácilmente enviadas como una única pieza del ensamblaje. Las antenas son usualmente circulares o con forma de diamante, aunque las antenas pequeñas típicamente son circulares.

### **2.3.2 Flight-cases**

El resto del sistema consiste en un número de cajas con equipo electrónico, el cual se encuentra agrupado de manera tal que se mantiene el número de cajas al mínimo, pero también permitiendo un manejo sencillo del mismo. Estos grupos también tienen que coincidir con la funcionalidad del sistema, de tal manera que los componentes que se interconectan eléctricamente de manera directa se encuentren uno al lado del otro. Típicamente, el equipamiento electrónico es instalado dentro de estas cajas o chasis especiales denominados *flight-cases*.

Un *flight-case* es esencialmente una caja (un chasis) que tiene una cubierta exterior (usualmente) de metal, la cual provee al contenido de la misma un cierto nivel de protección en contra de choques mecánicos. La protección para la antena y el soporte de la misma se logra con recubrimientos de espuma de alta densidad.

Los *flight-cases* destinados para los equipos electrónicos cuentan con monturas a prueba de golpes en los cuales van instalados los mismos permitiendo un despliegue rápido y sencillo en el destino. La cubierta frontal removible permite un rápido acceso al panel de control de los equipos, y típicamente poseen sellos de neopreno para proteger los mismos en contra del ingreso de agua y polvo durante el tránsito del sistema. La cubierta trasera puede ser también removida para permitir el acceso a los conectores y controles del panel posterior. Estas cajas deben permitir que el equipamiento opere satisfactoriamente en condiciones de alta humedad, temperaturas extremas, o inclusive lluvia. Algunos ‘cases’ son también diseñados para minimizar los efectos de cualquier interferencia electromagnética externa (EMI)

Típicamente estos chasis (*flight-cases*) cuestan varios miles de dólares, y puede parecer un precio altamente elevado hasta que el equipamiento al cual esta destinado a proteger es tomado en cuenta, el cual típicamente cuesta unas diez veces mas que estas cajas.

## **2.4 Parámetros de un sistema satelital [4] [5]**

### **2.4.1 Posición Orbital**

Se puede referenciar la posición de un satélite que se encuentre sobre el arco geoestacionario a través de su posición longitudinal sobre la superficie terrestre, ya que se toma su referencia de latitud igual a 0° debido a que se encuentra directamente sobre el Ecuador.

#### 2.4.2 Distancia entre estación terrena y satélite

$$d' = 42144 * \sqrt{1 - 0.2954 \cos \varphi} \quad (2.1)$$

Donde,

$$\cos \varphi = \cos \alpha * \cos \beta \quad (2.2)$$

$\alpha$  : latitud estación terrena

$\beta$  : diferencia entre longitud geográfica estación terrena y longitud de la posición orbital

#### 2.4.3 Ángulo de elevación:

$$\theta = 90^\circ - \varphi - \tan^{-1}\left(\frac{6400 * \sin \varphi}{36750 + 6400 (1 - \cos \varphi)}\right) \quad (2.3)$$

#### 2.4.4 Azimut de la antena:

Para  $\alpha > 0$ ; es decir, ubicación de la estación terrena en el hemisferio norte

$$\text{Azimut} = 180 + \zeta; \quad \text{para } \beta > 0$$

$$180 - \zeta; \quad \text{para } \beta < 0$$

Para  $\alpha < 0$ ; es decir, ubicación de la estación terrena en el hemisferio sur

$$\text{Azimut} = -\zeta; \quad \text{para } \beta > 0$$

$$+\zeta; \quad \text{para } \beta < 0$$

Donde

$$\omega = \tan^{-1}\left(\frac{\sin \beta}{\tan \alpha}\right)$$

(2.4)

Hoy en día estos cálculos se hacen de manera muy rápida y sencilla por medio de diferentes programas de computación diseñados con tal fin, y solo se necesita especificar a los mismos la posición longitudinal y latitudinal de la antena transmisora, al igual que la posición orbital del satélite con el que se va a trabajar.

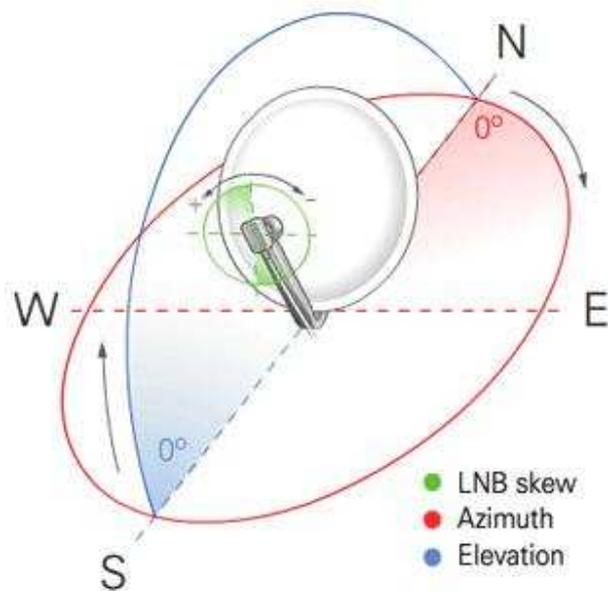


figura 2-2 Parámetros para alineación de la antena.

(Fuente: [www.dishpointer.com](http://www.dishpointer.com) – Enero 2008)

#### 2.4.5 Potencia isotrópica radiada efectiva.

La potencia isotrópica radiada efectiva PIRE, es una medida que indica la fuerza con que una señal es transmitida hacia un satélite o hacia una estación terrestre. La misma es la combinación de la potencia del transmisor más la ganancia de la antena.

$$\text{PIRE} = P_t \times A_t \quad (2.5)$$

Potencia isotrópica radiada efectiva en decibeles

$$\text{PIRE (dB)} = 10 \text{ Log } (P_t A_t) \quad (2.6)$$

Donde

PIRE = Potencia isotrópica radiada efectiva (dB)

$P_t$  = Potencia de entrada a la antena (Watts)

$A_t$  = Ganancia de la antena de transmisión (adimensional)

Entre el amplificador y la antena se generan pérdidas causadas por los cables que unen a estos dos elementos. Por lo tanto la PIRE resultante final será:

$$\text{PIRE (dB)} = P_t \text{ (dB)} + A_t \text{ (dB)} - L_c \text{ (dB)}, \quad (2.7)$$

donde  $L_c$  = Pérdidas causadas por los cables o guías de ondas.

Estas pérdidas generalmente dependen de factores como la longitud y el diámetro de los cables, así como la frecuencia de operación del sistema. Una buena aproximación rápida y práctica, para conexiones de longitudes no excesivas, suele ser de unos 0.5 dB.

Para el cálculo descendente de un enlace satelital es común utilizar las huellas de los satélites, para así obtener la potencia isotrópica radiada efectiva y de las cartas del satélite obtener la potencia del transpondedor.

#### 2.4.6 Temperatura equivalente de ruido.

En los sistemas de comunicaciones existe un parámetro que se conoce como índice de ruido; éste es producido por todos los objetos cuya temperatura esté por encima del cero absoluto. El ruido térmico también se conoce como ruido de Jonson, esto en honor a J.B. Jonson de los laboratorios Bell, que lo descubriera en el año de 1928. El índice de ruido es útil para sistemas de microondas terrestres, pero para las comunicaciones satelitales tiene que ser más preciso al calcular las variaciones de ruido; inclusive hay que tener presente el ruido originado por la superficie ‘caliente’ de la tierra alrededor de la antena receptora. Para efectuar el cálculo de la temperatura equivalente de ruido se requiere de otros parámetros como la temperatura ambiente  $T$ , así como el factor de ruido  $F$ . El factor de ruido es el índice que servirá para saber cuanto se deteriora la relación señal a ruido que se genera cuando una señal pasa a través de un circuito electrónico.

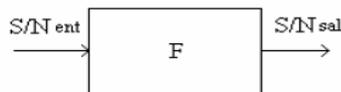


Figura 2-3 Factor de Ruido.

La ecuación 2.8 muestra la potencia de ruido N generada por un amplificador.

$$N = K T_e B \quad (2.8)$$

La ecuación 2.9 muestra la potencia de ruido a la salida del amplificador  $N_o$  y se expresa de la siguiente manera.

$$N_o = A K B (T + T_e) \quad (2.9)$$

Sustituyendo la potencia de ruido en el amplificador de salida en la ecuación 3.7 se obtiene como resultado el factor de ruido.

$$F = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{ent}}{\left(\frac{S}{N}\right)_{sal}} = \frac{\frac{S}{N_i}}{\frac{A S}{N_o}} = \frac{N_o}{A N_i} = \frac{AKB(T + T_e)}{AKTB} = 1 + \frac{T_e}{T} \quad (2.10)$$

La ecuación 2.11 muestra la temperatura equivalente de ruido,  $T_e$ .

$$T_e = T (F - 1) \quad (2.11)$$

Donde,

$N$  = potencia total de ruido (watts)

$K$  = constante de Boltzmann ( $1.38 \times 10^{-23}$  joules por Kelvin)

$A$  = ganancia de potencia del amplificador (adimensional)

$B$  = ancho de banda (Hertz)

$T$  = temperatura ambiente (Kelvin)

$T_e$  = temperatura equivalente de ruido (Kelvin)

#### 2.4.7 Densidad de ruido.

La densidad de ruido se conoce como la cantidad de potencia de ruido normalizado a un ancho de banda de 1Hz.

$$N_o = \frac{N}{B} = \frac{K T e B}{B} = K T e$$

(2.12)

#### 2.4.8 Relación de portadora a densidad de ruido.

La relación de portadora a densidad de ruido  $C/N_o$  es la relación de la potencia de portadora de banda ancha (potencia combinada de la portadora y sus bandas laterales asociadas) entre la densidad de ruido presente en un ancho de banda de 1Hz. A continuación se muestra la relación de portador a densidad de ruido.

$$\left(\frac{C}{N_o}\right) = \frac{C}{K T e}$$

(2.13)

#### 2.4.9 Relación de la portadora a ruido.

Para realizar el diseño correcto de un enlace satelital y para poder calcular la cantidad de potencia que se transmite en una comunicación satelital, se utiliza la relación de la portadora a ruido  $C/N$ . Esta relación se encarga de reunir todas los tipos

de pérdidas y ganancias mostrando la eficiencia de un enlace. La ecuación siguiente sirve para saber la cantidad de potencia transmitida en el enlace.

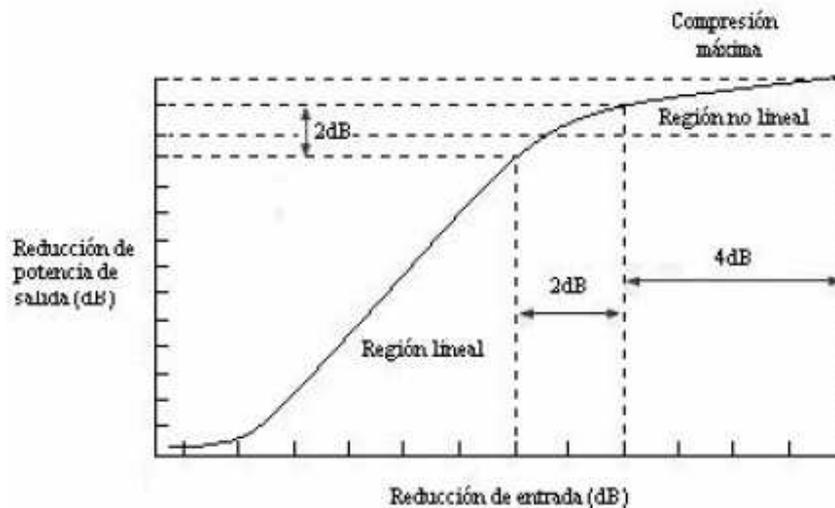
$$\left(\frac{C}{N}\right) = \frac{C}{N_0} - Bw$$

(2.14)

Por lo general cuando se realizan mediciones de la relación portadora a ruido en un analizador de espectro, no se mide directamente la relación C/N, sino mas precisamente se mide la relación (C+N)/N. Esta relación también sirve para mostrar la eficiencia de un enlace, mientras mas alta sea esta relación mejor será el enlace en estudio.

#### **2.4.10 Pérdida por reducción.**

Los amplificadores de potencia que se utilizan en las estaciones terrestres, así como los tubos de onda viajera (TWT) que se usan en los satélites, son dispositivos no lineales; la ganancia de éstos depende de la potencia de entrada de la señal. La figura 2.4 muestra la gráfica característica de la potencia de salida en función de la potencia de entrada para un amplificador de potencia (HPA).



**Figura 2-4** Potencia de salida de un amplificador.

(Fuente: Tomasi, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, 4ta Edición. México: Pearson Educación, 2003. p.p. 817)

Para poder reducir la cantidad de distorsión por intermodulación, es necesario reducir la potencia de entrada unos cuantos decibeles, para que el HPA trabaje en una región más lineal.

## 2.5 Compresión Digital:

Hoy en día la compresión digital es una característica esencial de las transmisiones satelitales. Principalmente esta trata de encajar señales de gran ancho de banda dentro de anchos de banda mas angostos (optimizar el espectro de frecuencia).

Las comunicaciones satelitales giran entorno al ancho de banda y a la potencia, y al digitalizar y comprimir la señal, se puede reducir la demanda de ambas, y de esta manera producir una reducción costos. Por lo tanto se observa la necesidad de deshacerse de la información redundante e insignificante en la señal.

Los estándares usados en DSNG comprimen tanto la señal de audio y la de video en una sola señal multiplexada.

### **2.5.1 Compresión de Video:**

El objetivo en la compresión de video es remover esas partes de la señal que no son esencialmente necesarias. La razón por la cual la compresión de las señales de video funciona tan bien es que la data de video esta definida como una que es ‘muy redundante’, esto debido a la manera en que opera el sistema psicóvisual del ser humano. Existen tres tipos de redundancia en video:

- Espectral (brillo y color).
- Espacial (similaridad en partes de la imagen).
- Temporal (similaridad entre un cuadro y el siguiente).

#### **2.5.1.1 Redundancia Espectral:**

Los pixeles brillantes en cualquiera de los tres colores, rojo, verde o azul, tienden a ser muy similares entre si, y por lo tanto se dice que es redundancia espectral la similaridad entre valores de color en cualquier punto de la imagen.

Se ha mencionado la habilidad para engañar al cerebro humano para pensar que se está viendo una representación verdadera de la imagen original. Esto se extiende a como el cerebro es capaz de distinguir detalles de brillo (luminancia) y color (crominancia) de una imagen.

El ojo humano está mejor capacitado para distinguir las diferencias de brillo de una manera mucho mejor que las diferencias de color. Esto es usado como una ventaja al transmitir información de color, ya que se requiere mucho menos precisión (una precisión mayor sería una pérdida de recursos ya que el cerebro es incapaz de hacer uso de la información adicional y de distinguir alguna diferencia). Cuando se digitaliza una señal de video, se requieren menos muestras para transmitir la información de color, y por lo tanto menos muestras significan menos ancho de banda. Típicamente, por cada dos muestras de luminancia se requiere solo una muestra de crominancia.

#### **2.5.1.2 Redundancia Espacial:**

En el dominio digital la eliminación de más información redundante se lleva a cabo en dos dimensiones dentro de cada cuadro de imagen. La redundancia espacial es la relación de cada píxel con los píxeles vecinos que le rodean, ya que la mayoría de las veces dos píxeles vecinos tendrán valores muy cercanos de brillo y color.

Considérese una trama de un cuadro de imagen, y supóngase que en esta trama existe un área notable de la imagen que tiene el mismo brillo o el mismo nivel de color, o inclusive ambos. Los valores de luminancia y/o crominancia dentro de esta área similar serían los mismos; entonces podría enviarse un único número que

represente un bloque de los puntos de la muestra donde el contenido de información es el mismo. De esta manera se puede reducir notablemente la cantidad de data que debe ser enviada.

### **2.5.1.3 Redundancia Temporal:**

En un programa de TV, se produce una sensación de movimiento debido a las diferencias en la posición de los objetos entre un cuadro y el siguiente. Los objetos que se han movido en el tiempo entre un cuadro y el siguiente a menudo no cambian significativamente su forma, y si se envía la misma información de un cuadro al siguiente, un poco de la redundancia en la data entre un cuadro y el siguiente puede ser removido. Este tipo de redundancia entre cuadros sucesivos se denomina redundancia temporal.

Considerando dos cuadros consecutivos de una señal de video. En el primer cuadro se presenta un objeto que también está presente en el segundo cuadro. Por ejemplo supóngase que el primer cuadro tiene un edificio en el. Al menos que exista un cambio de toma o un paneo rápido de cámara, el edificio estará presente y tendrá la misma forma en el cuadro siguiente (aunque no necesariamente en la misma posición si la cámara se ha movido un poco). El bloque de muestras de data que describen al edificio en el primer cuadro puede entonces ser repetido en el segundo cuadro. De hecho, la mayoría de los cuadros de imagen en una secuencia son muy similares uno del otro, incluso en una secuencia moderadamente rápida en movimiento. (solo 1/25 (PAL) o 1/30 (NTSC) segundos han pasado entre cuadros, mucho mas rápido que el parpadeo de un ojo).

Por esto hay una significativa reducción en la transmisión de data simplemente rehusando bloques de data enviados en cuadros anteriores, aunque es posible que el bloque de data deba ser mapeado (movido) a una posición diferente en el cuadro.

## **2.6 MPEG**

*Motion Picture Expert Group* (MPEG), es una organización establecida en 1988 para desarrollar estándares de compresión digital para audio y video en el mundo multimedia. El estándar MPEG para difusión define la manera en que el audio y el video deben ser comprimidos.

### **2.6.1 MPEG-2**

Es un verdadero estándar global usado en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo *DTH broadcasting* por satélite y televisión terrestre digital. También pasa por aplicaciones que van desde computadoras hasta HDTV, con un *bit-rate* en el rango de 2 a 80 Mbps. Este estándar fue publicado en 1995 primordialmente para difusión de TV digital, y es el estándar de compresión dominante en el periodismo electrónico digital (DNG).

#### **2.6.1.1 Perfiles y Niveles:**

MPEG-2 consiste en muchos tipos de servicios, los cuales son clasificados dentro de Perfiles y Niveles. El principal estándar usado en la difusión digital de video es denominado como Perfil-Principal/Nivel-Principal (*main profile/main level*).

Aunque no se va a entrar en profundidad en el tema, el 'Perfil' define la complejidad de la data y la resolución de la crominancia (nitidez), mientras que el 'Nivel' define la resolución general de la imagen y el máximo *bit-rate* por Perfil.

#### **2.6.1.2 Muestreo 4:2:0 y 4:2:2**

Existen dos maneras de referirse a una señal de video digital basados en la manera en que esta es muestreada.

El video digital considera como '*full-quality*' (calidad total) cuando se habla de 4:2:2, mientras que 4:2:0 se considera como una señal de video digital con aproximadamente la mitad de muestras de crominancia que las que posee 4:2:2. El estándar 4:2:0 es el usado para compresión en los servicios DTH. En los primeros días de MPEG-2, los *encoders* 4:2:0 eran la norma para DSNG, ya que estos *encoders* eran mas simples y por lo tanto mas económicos, pero con los avances en tecnología de *encoders* MPEG-2, hoy en día es común el uso de *encoders* 4:2:2, ya que los mismos son casi tan económicos como los *encoders* 4:2:0 y además los *encoders* 4:2:2 pueden funcionar en modo 4:2:0.

### **2.7 Compresión de Voz [6]**

El objetivo de la compresión de voz es reducir la cantidad de datos digitales necesarios para reproducir una señal auditiva comprensible para el ser humano.

Como es sabido, para la digitalización de voz en telefonía se acostumbra usar una tasa de muestreo de 8.000 muestras por segundo, lo cual es adecuado para la transmisión de voz con un ancho de banda de 3.100 Hz. Si se utiliza una codificación a 8 bits por muestra, se produce un flujo digital a 64.000 bits por segundo.

La digitalización de la voz a 64000 bits por segundo, siguiendo ciertas leyes de compresión (Ley A y Ley  $\mu$ ) corresponden a la Recomendación G.711, la cual es la base del PCM. Este también es la base de todas las demás técnicas de codificación de la voz, pues generalmente se parte de una trama PCM para producir los demás estándares.

Diversos análisis sobre las formas de onda de la voz indican que existe una redundancia considerable entre una muestra de voz y la siguiente. El coeficiente de correlación (medida de predictibilidad) entre dos muestras PCM de voz es de más de 0.85. De aquí tenemos que, al tomar en cuenta estas redundancias, se pueden lograr reducciones significativas del ancho de banda requerido.

En ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*) a diferencia del PCM, no se codifica cada una de las muestras, sino que se codifica la diferencia entre la predicción de la muestra y la muestra original. Dado el alto grado de correlación entre las muestras, se pueden realizar predicciones cercanas a los valores de las muestras, por lo que se requiere enviar menos bits para indicar cuál es el error de la predicción. El ADPCM fue estandarizado por la ITU a mediados de los años ochenta bajo la recomendación G.721.

En 1.990 surgió una nueva versión de ADPCM (G.726) la cual es capaz de ajustar la velocidad de bits, cambiando el número de bits por muestra de 2 hasta 5, obteniéndose velocidades entre 16 Kbps y 40 Kbps.

Con los algoritmos ADPCM descritos anteriormente, si se requiere disminuir la velocidad de codificación (debido, quizás, a la presencia de congestión en la red), se hace necesario que los equipos terminales realicen la negociación respectiva. Esta negociación resulta compleja y en muchos casos puede originar que la comunicación tenga que reiniciarse.

El algoritmo *Embedded* ADPCM, definido en la recomendación G.727, provee una capacidad para asignar el ancho de banda de una manera mucho más flexible, sin requerir ningún tipo de negociación. En este algoritmo los bits codificados se dividen en dos clases: los bits principales (*core*) y los bits de perfeccionamiento (*enhancement*). Los bits principales son utilizados para representar el error entre la predicción de la muestra y la muestra real. Los bits de perfeccionamiento se utilizan para obtener un mayor refinamiento de la señal reconstruida, disminuyéndose con esto los errores de cuantización. La predicción hecha tanto en el codificador como en el decodificador, no depende de los bits de perfeccionamiento, solamente depende de los bits principales. Los bits de perfeccionamiento son opcionales para el receptor. Si son recibidos son utilizados, pero su ausencia no causa ningún problema.

Otras recomendaciones muy utilizadas hoy en día son la G.729 CS-ACELP (*Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction*). Con la utilización de esta recomendación se codifica la voz a 8 Kbps, utilizando segmentos de voz de 10 mseg (80 muestras PCM). Y la recomendación G.723.1, la cual fue aprobada por la

ITU en marzo de 1996, y recomendada en 1997 por el consorcio de teleconferencia multimedia al foro de voz sobre IP como codificación de audio de baja velocidad para el estándar H.323 de la ITU. Está posee dos velocidades asociadas, 5,3 Kbps y 6.3 Kbps. La mayor velocidad provee una mejor calidad, pero la menor velocidad, aparte de ofrecer una buena calidad, provee a los diseñadores de sistemas con una flexibilidad adicional.

En la siguiente tabla (Tabla 2.1) se muestra un cuadro comparativo de las distintas recomendaciones ITU para la compresión de señales de Voz:

**Tabla 2-1** Cuadro comparativo de las Recomendaciones ITU para Compresión de Voz

Compresión	Velocidad (kbps)	Segmento (bits)	Segmentos/seg	Duración (ms)	Retardo (ms)
G.711 (PCM)	64	8	8000	0,125	0,125
G.721 (ADPCM)	32	4	8000	0,125	0,125
G.723 (ADPCM)	24-40	3-5	8000	0,125	0,125
G.726 (ADPCM)	16-40	2-5	8000	0,125	0,125
G.727 (ADPCM)	16-64	2-8	8000	0,125	0,125
G.729 (CS-ACELP)	8	80	100	10	15
G.728 (LD-CELP)	16	10	1600	0,625	0,625
G.723.1	6,3	189	33,33	30	37,5
G.723.1	5,3	159	33,33	30	37,5

Existen además soluciones no estandarizadas, las cuales han sido realizadas por diversas empresas para satisfacer sus requerimientos específicos. Los codificadores de Voz AudioCodes' Netcoder presentan una solución propietaria, la cual ofrece alta calidad, bajo retardo y baja complejidad. Son diseñados específicamente para ofrecer una muy buena calidad dentro de redes basadas en transmisión de paquetes, tales como IP, Frame Relay, e Internet. Netcoder opera a tasas de bit dentro del rango de 6.4 Kbps y 9.6 Kbps. [7]

## **CAPITULO III**

### **3 Sistema de Transmisión Satelital Flyaway 1:**

El Sistema de Transmisión Satelital Flyaway provee una solución de compresión y transporte de video digital para un amplio rango de usos. El software 'PowerVu Command Center 1000' con el cual opera el sistema, ofrece gestión de red, seguridad, y capacidad de manejo y gestión de equipos, además de permitir la visualización de alarmas cuando ocurre alguna falla en el sistema. Este sistema, al cumplir con los estándares de la industria, asegura compatibilidad con arquitecturas abiertas, equipos y sistemas basados en estándares, permitiendo así que futuras aplicaciones y requerimientos puedan ser dirigidos de manera efectiva y óptima.

En el primer paso para el funcionamiento del sistema, el Encoder recibe las señales de video, audio, y/o data provenientes del cliente de distintas fuentes como una cámara, una cinta, o una consola de video, convierte la entrada en un formato comprimido y lo pasa a las tarjetas de control del mismo. Para convertir la información en un formato comprimido las redundancias son descartadas, y solo las diferencias en ella se mantienen. El Encoder acepta entrada de video compuesta o digital D1, y audio analógico o AES/EBU (AES/EBU es una interfaz de comunicación estandarizada pensada para transmitir en tiempo real señales digitales de audio, sin compresión entre dispositivos de audio preparados para ello; también es conocida como AES3).

La salida del Encoder, en la forma de un flujo serial de data, viaja al Multiplexor vía fibra óptica (*Single wire interface* (SWIF)). El Multiplexor, que puede aceptar múltiples flujos de distintos *encoders*, combina y encripta la salida de cada *encoder*, y multiplexa los flujos en un único flujo MPEG 2 de transporte, y lo transmite por medio de otro SWIF. Esta salida viaja al Modulador, el cual convierte la data serial de la fibra óptica a una señal analógica a 70/140 MHz (variable entre 52-176 MHz), usando la técnica de modulación QPSK. Del Modulador, la data viaja al subsistema de potencia, el cual se encarga de pasar la señal en IF a la banda de transmisión (en este caso banda-C), y generar la suficiente potencia para que, una vez entregada la señal a la antena transmisora, la señal pueda llegar en óptimas condiciones hasta el satélite.

Tanto el Encoder, el Multiplexor y el Modulador tienen interfaces diseñadas para proveer interconexión y comunicación entre las tarjetas de los mismos y el software de gestión y control del sistema PCC (*PowerVu Comand Center*) que se encuentra instalado en la Laptop. Ellos se comunican entre si y la laptop gracias a un Hub adaptador de 16 puertos Ethernet que los interconecta.

### 3.1 Diagramas del Sistema de Transmisión Satelital Flyaway actual:

En la siguiente figura (Figura 3.1) se ilustra el funcionamiento y las etapas del Sistema de Transmisión Satelital Flyaway 1:

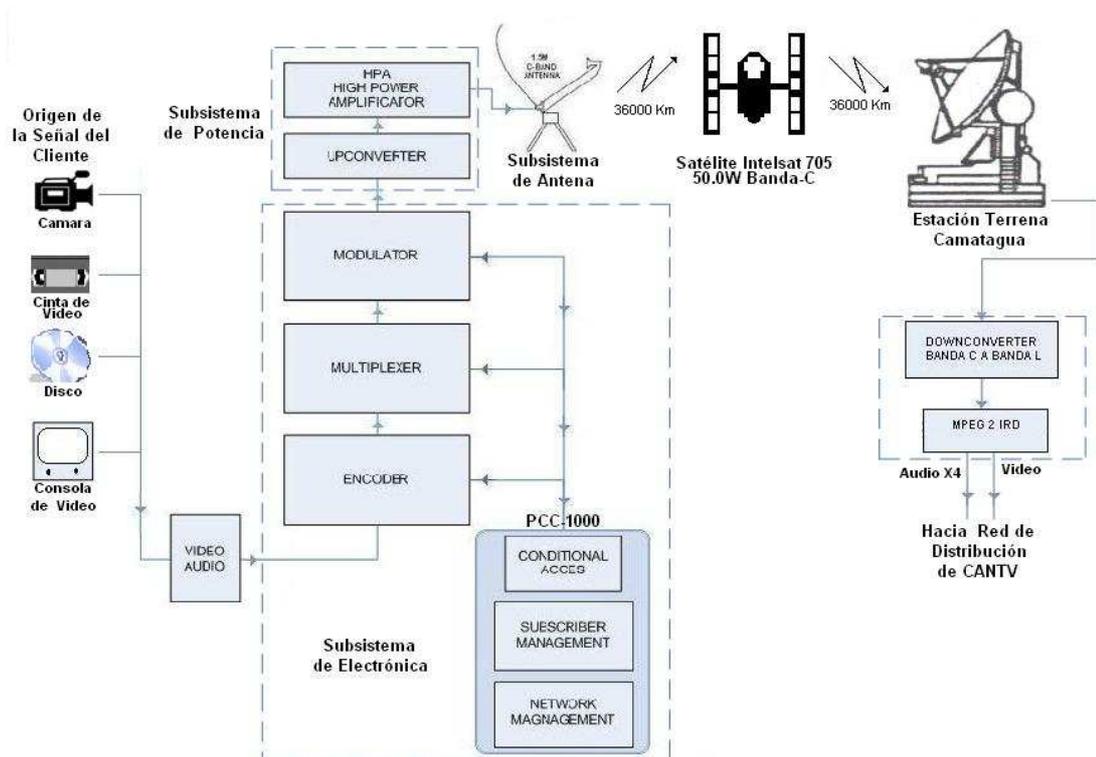


Figura 3-1 Funcionamiento del Sistema de Transmisión Satelital Flyaway 1.

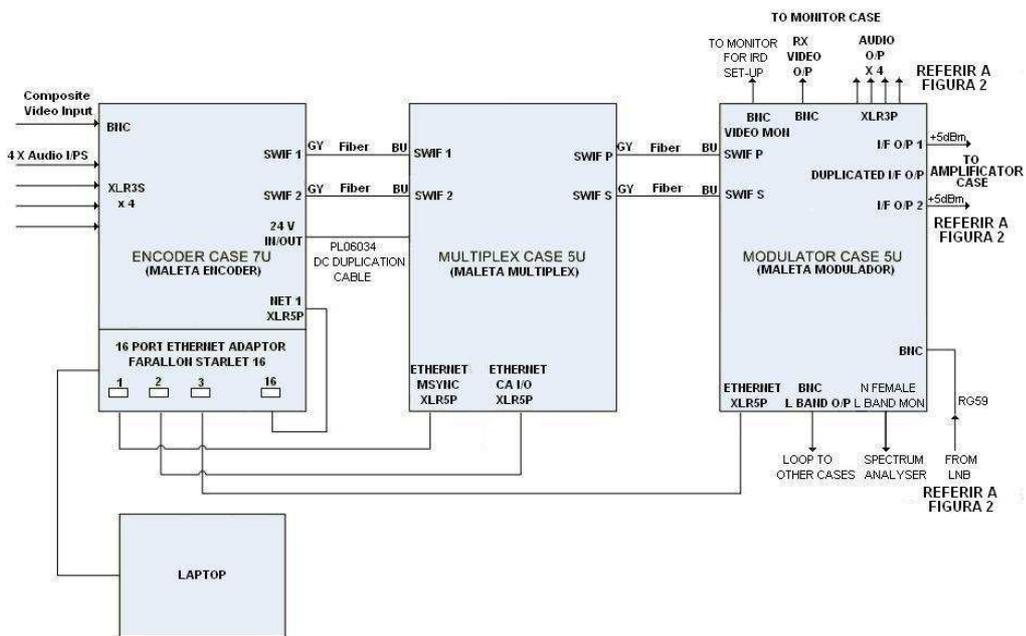


Figura 3-2 Conexión de las maletas del Subsistema de Electrónica.

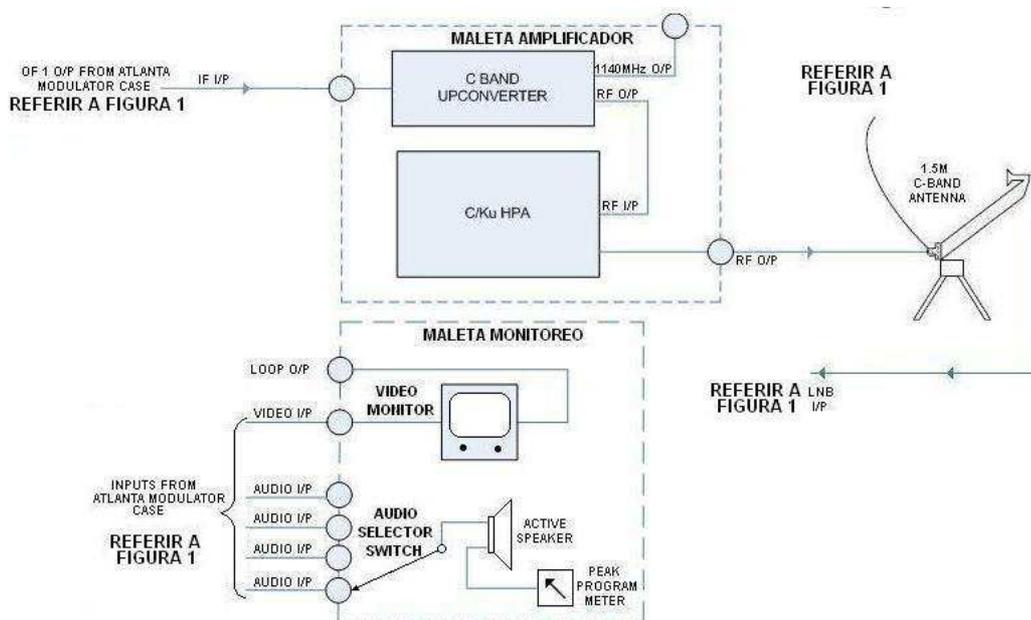


Figura 3-3 Conexión entre el Subsistema de Electrónica y el resto de los equipos del Sistema Satelital Flyaway 1.

## **3.2 El Subsistema de Antena**

La antena CML's SNG esta específicamente diseñada para los requerimientos de sistemas Flyaway. Su facilidad de maniobrar, alta resistencia y durabilidad, y el poco tiempo que se requiere para su ensamble permiten que la misma pueda ser erguida por un solo hombre, sin asistencia, y sin el uso de ninguna herramienta. Esta antena es la utilizada por la empresa CANTV como parte primordial de sus sistemas Flyaway de campo.

La antena se monta sobre un sistema trípode de soporte, el cual presenta poco peso y está diseñado a su vez para ofrecer una alta rigidez estructural la cual es necesaria para mantener a la antena enfocada en su posición durante operación, inclusive para que durante condiciones de fuertes vientos la misma mantenga su exactitud al apuntar al satélite. Este trípode asegura una estructura robusta, y las patas deslizantes del mismo permiten una fácil nivelación en terrenos no uniformes.

La fibra de carbón y acero inoxidable son utilizados en la construcción de la antena, proveyendo una estructura liviana muy segura, la cual a su vez es resistente ante la corrosión y por lo tanto es posible operarla sin mayores complicaciones en cualquier tipo de clima.

### **3.2.1 Características eléctricas:**

Esta antena de 1.5 m de diámetro tiene una ganancia de 45.5dBi en la banda de 14 GHz, y de 38dBi operando a 6 GHz. El sistema completo comprende:

- Reflector de la antena, el cual esta segmentado en 4 piezas. Para facilidad de uso el reflector puede ser ensamblado en la trama de soporte una pieza a la vez. El reflector esta construido en fibra de carbón con partes en aluminio para ofrecer ligereza y un peso de solo 20 Kg. Siendo extremadamente robusto y rígido, este material es prácticamente inmune a golpes y daños recibidos durante su manipulación, que de otra manera comprometería el desempeño del reflector.
- Brazo de soporte de fibra de carbón para la alimentación. La guía de ondas de transmisión hacia el OMT, y el cable coaxial del LNB están protegidos dentro de la sección cruzada circular del brazo.
- Filtro de rechazo de transmisión, el cual ofrece un rechazo de 70dB, y presenta alternativas tanto para banda C como para la banda Ku.
- Conector de rápida liberación para la montura del LNB.

El diseño de la antena es del tipo fuera de foco (*single off-set type*). Con este arreglo el rendimiento de los lóbulos laterales es optimo y se evita la posibilidad de bloqueo de apertura o reflexiones del alimentador, que se encuentran en antenas convencionales parabólicas con foco centrado. El rendimiento de los lóbulos laterales viene dado por la expresión

$$23 - 25 \log \theta \text{ dBi}$$

ofreciendo un rendimiento de por lo menos unos 6dBi por encima de las regulaciones actuales.

Las antenas *off-set* son por definición más eficientes que las antenas convencionales de foco centrado (*center-fed*). El punto focal no está montado en el

centro del plato, sino a un lado del mismo (*off-set*), de tal forma que el foco queda fuera de la superficie de la antena. La antena CML de 1.5m es equivalente en ganancia a antenas de foco centrado de unos 1.8 a 1.9m de diámetro. [8]

El ajuste de polarización se realiza mediante la rotación del reflector y el alimentador en conjunto. El rechazo por polarización cruzada llega a los -35dB requeridos por las especificaciones en banda Ku, y se encuentra 1 dB dentro de la anchura del haz a través de la banda de transmisión de 14.0/14.5GHz. Dentro de la banda C la relación axial cumple el límite de 1.5 dB requerido por Intelsat. (La especificación de rechazo por polarización de Eutelsat de -35dB es más estricta que la de Intelsat de -30dB).

Con esta antena es posible recibir las señales provenientes del satélite hacia la misma, y con el uso del LNB se obtiene un espectro entre 950-1450 MHz. Gracias a esto es posible realizar las operaciones de orientación y alineamiento con la ayuda de un analizador de espectro.

### **3.2.2 Diseño Mecánico**

El soporte de la antena y la unidad de panel consiste de:

- Estructura de soporte para el reflector con rotación para alineación de polarización.
- Elevación sobre el panel de azimut y la unidad de inclinación, proveyendo ajuste continuo de 360° en azimut, y de 0 a 90 grados en elevación. Se proveen escalas calibradas, y controles de vernier para ajustes finos para facilitar el alineamiento de la antena.

- El soporte de la antena del tipo trípode con patas deslizables permite una fácil nivelación sobre suelo desigual.

### 3.2.3 Especificaciones de la antena:

**Tabla 3-1.** Especificaciones de la antena

<b>Tipo:</b>	1.5 metros, del tipo fuera de foco sencillo hecho en fibra de carbón, 4 pétalos.
<b>Ganancia:</b>	45.5 dBi nominal a 14GHz. 38.0 dBi nominal a 6 GHz.
<b>G/T:</b>	+21.3dB/K en banda Ku. +13.7 dB/K en banda C.
<b>Polarización Cruzada:</b>	> -35dB aislamiento en banda Ku <1.5dB relación axial en banda C.
<b>Tx Reject Filter:</b>	>-70 dB de aislamiento.
<b>OMT:</b>	2 puertos, broad-band, 10.95 a 14.5GHz con switch V/H W/G C/O. 4 puertos OMT 3.7 a 4.2 y 5.85 a 6.45 GHz.
<b>Tipo de Montura:</b>	Trípode robusto, con sistema de nivelación con patas deslizables.
<b>Construcción:</b>	Fibra de carbón de alta calidad, acero inoxidable y aluminio.
<b>Ajuste:</b>	Azimet 360° (Continuo). Elevación 0 – 90°. Polarización 360°, continuo. Ajuste de vernier para control del panel y elevación.
<b>Peso:</b>	78 Kg nominal.

### **3.3 El Subsistema de Potencia:**

#### **3.3.1 Upconverters:**

La función del *upconverter* es la de transformar la señal modulada en IF hacia la frecuencia deseada en banda C o banda Ku por medio de un proceso de desplazamiento o conversión de frecuencia.

El *upconverter* posee pocos controles en él, el más significativo es la frecuencia de salida del mismo. Esta frecuencia se ajusta en la frecuencia final en banda C de transmisión. Por lo tanto, en este equipo es donde efectivamente el operador introduce la frecuencia actual de transmisión.

Finalmente se produce una señal de bajo nivel en banda C (o banda Ku) que es llevada hasta el HPA, el cual amplifica esta señal hasta el nivel de transmisión deseado.

#### **3.3.2 Amplificadores:**

Los amplificadores de alta potencia (*high power amplifiers*, HPAs) usados para SNG digital se encuentran en un rango típico de capacidad de operación entre 100 a 300W. La función del HPA es amplificar las señales de bajo nivel que provienen del *upconverter* a señales de alta potencia las cuales son alimentadas a la antena.

El corazón del HPA es un dispositivo denominado travelling wave tube (TWT), el cual es esencialmente un tubo de vacío amplificador muy poderoso, y relativamente frágil.

El sistema Satelital Flyaway de CANTV utiliza el amplificador de alta potencia modelo TWTA 400 Watt C/Ku de ETM. El mismo provee una alta flexibilidad debido a su capacidad de operar tanto en banda-C como en banda-Ku, y esto lo logra simplemente por medio del intercambio de unos filtros externos en la salida del mismo.

### **3.4 El Subsistema de Electrónica:**

El subsistema de electrónica del sistema Flyaway 1 consiste fundamentalmente en tres equipos, y estos son: el Encoder, el Multiplexor, y el Modulador.

#### **3.4.1 Encoder.**

El *PowerVu Model D9110 Digital Video Encoder* esencialmente convierte señales analógicas completas de video y audio en señales digitales comprimidas, y por lo tanto en señales que ocupan un menor ancho de banda en el espectro.

El estándar de compresión usado para DSNG es el MPEG-2, hoy en día también es de amplio uso el MPEG-4. El Encoder tiene entrada de video analógica o digital serial y entradas de audio, con control en el nivel de degradación en la entrada. Además poseen controles para el establecimiento de diversos parámetros digitales,

tales como: *bit-rate* del muestreo del audio y video, *symbol rate*, resolución horizontal y vertical, y el *delay mode*.

El valor típico del *bit-rate* para DSNG es de 8Mbps (el cual es conocido como la tasa de información), aunque hoy en día la tendencia es disminuir esas tasas de información mientras la calidad de las señales se incrementa con el avance de las nuevas tecnologías.

La salida es una señal de audio y video multiplexada compatible con DVB, la cual puede ser entonces alimentada al modulador. Esto también es referido como un estándar ASI (*Asynchronous Serial Interface*). En el caso del sistema Flyaway en estudio esta salida es alimentada al siguiente equipo del mismo, el cual es el multiplexor.

El *PowerVu Model D9110 Digital Video Encoder* se basa internamente en una serie de productos a nivel de tarjetas que interactúan entre si, con las funciones de proceso principales cargadas en la tarjeta delantera, y las funciones del proceso de interfaces entrada-salida en la tarjeta más pequeña posterior. Las mismas pueden ser monitoreadas y gestionadas con el software PCC1000. Estas tarjetas internas son:

#### **3.4.1.1 Tarjeta de Video:**

La tarjeta de Video del Encoder es la encargada de comprimir un canal simple de entrada usando algoritmos de codificación MPEG, y puede operar con una entrada tanto del estándar de 525 líneas (NTSC) o el de 625 líneas (PAL). En esta tarjeta se elige la rata de bit de compresión del video transmitido; para nuestro sistema esta velocidad es de 8 Mbps. El video comprimido es entonces empaquetado en secuencia y enviado a la tarjeta de control.

#### **3.4.1.2 Tarjeta de Audio:**

La tarjeta de Audio del Encoder provee codificación en tiempo real de hasta cuatro canales de audio usando el algoritmo de codificación MPEG 1 Layer 2. Todas las velocidades de compresión y muestreo MPEG definidas son soportadas por esta tarjeta. Luego la señal es empaquetada y enviada a la tarjeta de control.

#### **3.4.1.3 Tarjeta MuxControl:**

Es usada para multiplexar las señales de audio y video en una secuencia de transporte MPEG-2, las cuales deben estar sincronizadas en fase y tiempo a una frecuencia común de referencia. En esta tarjeta se encuentra la interfaz Ethernet que permite la comunicación entre el equipo y el software de control PCC1000. Esta tarjeta no puede ser modificada o en ella cambiar los parámetros de operación prefijados.

Tanto la tarjeta de Audio como la de Video están en la capacidad de generar señales de pruebas para poder ensayar con el sistema sin necesidad de tener una señal de video compuesta a la entrada. La señal de video mas usada para este fin es una señal Barra de Color 75%, y para las pruebas de audio se usa generalmente un tono de 0dB a una frecuencia de 1000 Hz.

### **3.4.2 Multiplexor.**

El *PowerVu Model D9130 Digital Multiplexer* combina y encripta la información que proviene del Encoder, y la información multiplexada a la salida del mismo es entregada al Modulador.

Este Multiplexor puede combinar hasta 12 flujos MPEG 2 y encripta cada servicio individual para proveer una salida única de transporte MPEG 2 hacia el modulador. A los fines del sistema Flyaway éste se encuentra configurado para transportar una sola señal de video y audio compuesto. Entonces la finalidad de este multiplexor en el sistema es que permite la posibilidad de encriptar la información que debe ser enviada.

El *PowerVu Model D9130 Digital Multiplexer*, al igual que el *PowerVu Model D9110 Digital Video Encoder*, funciona internamente por medio de varias tarjetas que interactúan entre si, y las cuales pueden ser monitoreadas y gestionadas con el software PCC1000. Estas tarjetas internas son:

#### **3.4.2.1 Tarjeta MuxControl:**

Tiene la misma funcionalidad que la tarjeta MuxControl que se encuentra en el Encoder. La misma multiplexa los flujos de señales en el multiplexor en una sola ráfaga de transporte MPEG-2. La señal de reloj de esta tarjeta se usa para la sincronización de los relojes del servicio y la misma puede ser utilizada como reloj principal de referencia del sistema. Además, todo el control del estado de las tarjetas es enviado desde aquí al centro de control del software PCC1000. En esta tarjeta no se puede modificar sus parámetros operativos de los predeterminados.

### **3.4.2.2 Tarjeta Conditional Access:**

La tarjeta *Conditional Access and Encryption* (CAE) opera junto a la tarjeta MSYNC (Mux) Control, y provee además de acceso condicional, funciones de procesamiento y *scrambling* de señales de video para el sistema de video digital. La información de acceso condicional que se genera en el PCC1000 se pasa al multiplexor vía una conexión de Ethernet. A cada vídeo, audio, o servicio de datos se le asigna un identificador único del paquete (PID) y es encriptado independientemente por el sistema. Este nivel de control permite acceder los diferentes niveles de encargo para cada decodificador. En esta tarjeta tampoco se puede modificar sus parámetros operativos de los predeterminados.

### **3.4.2.3 SWIF:**

La tarjeta Receptora *Single Wire Interface* (SWIF) es usada para recibir diferentes flujos de data provenientes de hasta cuatro diferentes dispositivos. Todos los servicios generados dentro de un solo codificador de video son transferidos por paquetes al Multiplexor por medio de una interfaz óptica SWIF. Esta tarjeta emplea un sistema de fibra óptica económico y confiable para la interconexión y proporciona señales inmunes al ruido.

### 3.4.3 Modulador.

El modulador de video digital *PowerVu Model D9380* es totalmente compatible con los estándares para sistemas satelitales de la ETSI. El mismo acepta dos tipos diferentes de interfaz de entrada: DVB-ASI o SWIF (Interfaz Óptico), con la señal de información entrante conteniendo el video y audio comprimido del programa. La salida es una señal modulada QPSK a una IF de 70 MHz o 140 MHz. También permite al operador variar el *Symbol Rate* y elegir diferentes *FEC Rate* para maximizar la *Usefull Data Rate* (Tasa de Data Útil) o *Information Rate* (Tasa de Información) para el ancho de banda disponible y las condiciones y componentes del enlace.

El modulador tiene los siguientes controles en el panel frontal:

- Selección de Interfaz de entrada primaria y de respaldo DVB-ASI o SWIF.
- FEC rate – 1/2, 2/3, 3/4, etc.
- Data rate.
- Frecuencia de salida de portadora – entre 70 MHz hasta 140 MHz.
- Portadora on/off – esta es la portadora pura antes de que se añada la modulación.
- Control de nivel de salida – El nivel final de la señal.

El código de corrección de error Reed-Solomon esta ajustado en (204,188), y no son configurables por el usuario.

La salida del Modulador, generada por el filtro FIR (*Finite Impulse Response*), esta diseñada para caer dentro de la mascara especificada en la recomendación DVB ETS 300 421, anexo A. La forma espectral normalizada es siempre la misma, sin importar el centro de la frecuencia o el ancho de banda. Por lo tanto, para un *symbol rate* dado, el nivel de potencia relativo por debajo de la portadora 'dBc' (por ejemplo: -3dBc, -10dBc, o -40dBc) es fijo a cualquier ancho de banda. De esta manera, el operador determina el espectro de salida simplemente introduciendo el *symbol rate* deseado.

Si el *symbol rate* no es conocido, se puede introducir un nivel relativo de potencia a un ancho de banda específico. Se provee de una elección entre siete niveles típicos de potencia relativa. Y con un nivel en particular de potencia relativa seleccionado, se elige el ancho de banda. De esta manera se ajusta automáticamente el *symbol rate*. La tabla siguiente describe los niveles de potencia relativos y los factores de *rolloff* asociados y los rangos de ancho de banda.

Tabla 3-2. Niveles de Potencia Relativos y Factores de rolloff asociados.

<b>Rev Lvl (dBc)</b>	<b>Rolloff Factor</b>	<b>BW Range (MHz)</b>
-3	1.0	1.0 - 31.0
-10	1.2	1.2 – 37.2
-16	1.28	1.28 – 39.68
-20	1.31	1.31 – 40.61
-26	1.34	1.64 – 41.54
-30	1.36	1.36 – 42.16
-40	1.38	1.38 – 42.78

Se aplican las dos formulas siguientes:

$$BW = Sym Rate * Rolloff Factor \quad (3.1)$$

Y

$$Usefull Data Rate = Sym Rate * M * FEC \left(\frac{188}{204}\right) \quad (3.2)$$

Donde:

BW = Ancho de banda de la portadora.

M = Mod Index = 2.

FEC = *Foward Error Correction* = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 o 7/8.

Por lo tanto, si:

Sym Rate = 6.1113 Msym/s

y

FEC = 3/4

Entonces:

BW de la portadora @ -40 dBc = 6.1113 MSym/s \* 1.38

= 8.4335 MHz.

Y

Useful Data Rate = 6.1113 MSym/s \* 2 \* 3/4 \* (188/204)

= 8.4479 Mb/s.

## CAPITULO IV

### **4 Diseño para ampliación y adaptación de telefonía y datos al sistema Flyaway 1:**

#### **4.1 Modem Satelital Banda-L con Multiplexor Versátil P310VMUX.**

El P310VMUX combina dos productos en una única unidad compacta de 1U, proveyendo máxima flexibilidad al unir el *P310 L-Band Turbo Satellite Modem* junto con el *V100 Multiplexer* de Vocality International. El mismo provee al usuario hasta 8 puertos de canales de voz o fax, un puerto Bridge/Router IP, y un puerto de datos síncrono. La data de todos estos servicios es combinada y transmitida a través del modem a velocidades de hasta 2 Mbps.

La tarjeta Integrada V100 esta diseñada para soportar hasta 8 canales de voz o fax, 10/100base-T Ethernet, tiene dos puertos de datos y además tiene presente la interfaz de conexión con el modem. Para minimizar el tamaño y el peso, la tarjeta viene en dos variantes, una que ofrece interfaces FXS POTS (Interfaz conectada al teléfono remoto) y la otra la cual ofrece FXO POTS (Interfaz conectada a la PBX). Los puertos de data usan conectores 15-way D-type de alta densidad, y al operar el equipo en configuración estándar (sin encriptación externa) se usa un cable de *loop*, el cual debe ser conectado entre el puerto 1 del multiplexor 'PORT 1' en modo 'aggregate' (como agregado) y el puerto del modem 'MODEM'.

Tanto el 'PORT 1' y el 'PORT 2' de data pueden ser configurados como 'aggregate link' o 'tributary port'. Pueden ser síncronos o asíncronos, y usan conectores 15-way estándares con interfaces eléctricas V.24, V.11/RS530/RS449 o V.35. Cada puerto de data provee gran flexibilidad en cuanto a la sincronización, ya que permite a la unidad aceptar o generar sincronización de reloj.

#### **4.2 Diseño del Sistema Satelital Flyaway Final.**

Con los equipos disponibles en el departamento, y con el modem satelital Banda-L con Multiplexor Versátil P310VMUX como pilar principal del subsistema de comunicaciones y datos, se procedió al diseño de las interfaces y conexiones de los mismos de tal manera que operen de forma satisfactoria entre ellos.

Aunque el *transponder* del satélite Intelsat 705 con el cual trabaja CANTV tiene un ancho de banda de 36 MHz, para la operación del Sistema Satelital Flyaway solo se dispone de un ancho de banda de 9 MHz para video y de 4 MHz para telefonía y datos. Basado en estos datos se procedió a realizar el diseño previsto.

Como la telefonía y los datos implican una comunicación bidireccional se utilizan dos portadoras para el transporte de las señales, cada una se origina en los módems que integran el sistema (el FXO que se encuentra en la estación terrena Camatagua, y el FXS que se encuentra en la maleta de voz y datos del sistema Flyaway). Y al usar los módems a su máxima capacidad de transmisión (2048 Mbps) se obtienen portadoras con el siguiente ancho de banda:

$$BW = \text{Sym Rate} * \text{Rolloff Factor} \quad (3.1)$$

y el *Symbol Rate* viene dado por

$$\text{Sym Rate} = \frac{\text{Data Rate}}{M}$$

(3.3)

*M = 2, ya que la modulación usada es QPSK*

Entonces el ancho de banda de cada portadora de Voz y Datos es:

$$BW = \frac{2048 \text{ Mbps}}{2} \times 1.38 = 1.711 \text{ MHz}$$

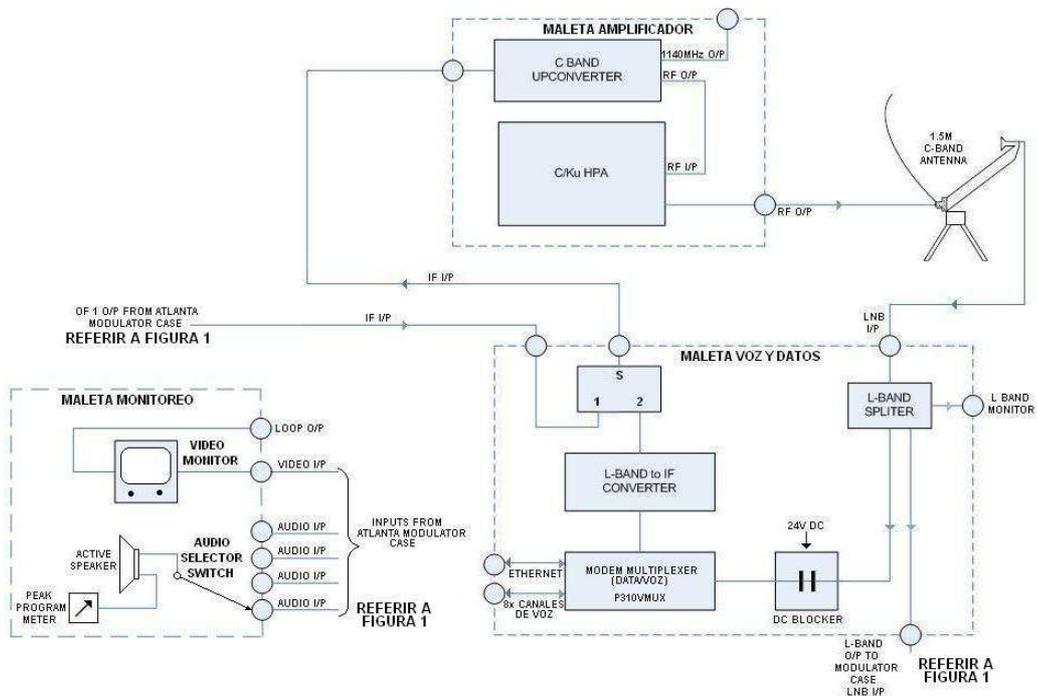
Teniendo en cuenta de que se cuenta con un ancho de 4 MHz para las dos, es decir 2 MHz para cada una, se observa que se puede trabajar sin mayores problemas a estas velocidades ya que inclusive se cuenta con un margen de protección para evitar interferencias entre las mismas.

Una vez seleccionada la frecuencia de transmisión de la portadora de video en banda C, se procede a seleccionar las frecuencias de transmisión para las portadoras de Voz y Datos. La primera portadora de Datos estará separada al menos 5.5 MHz

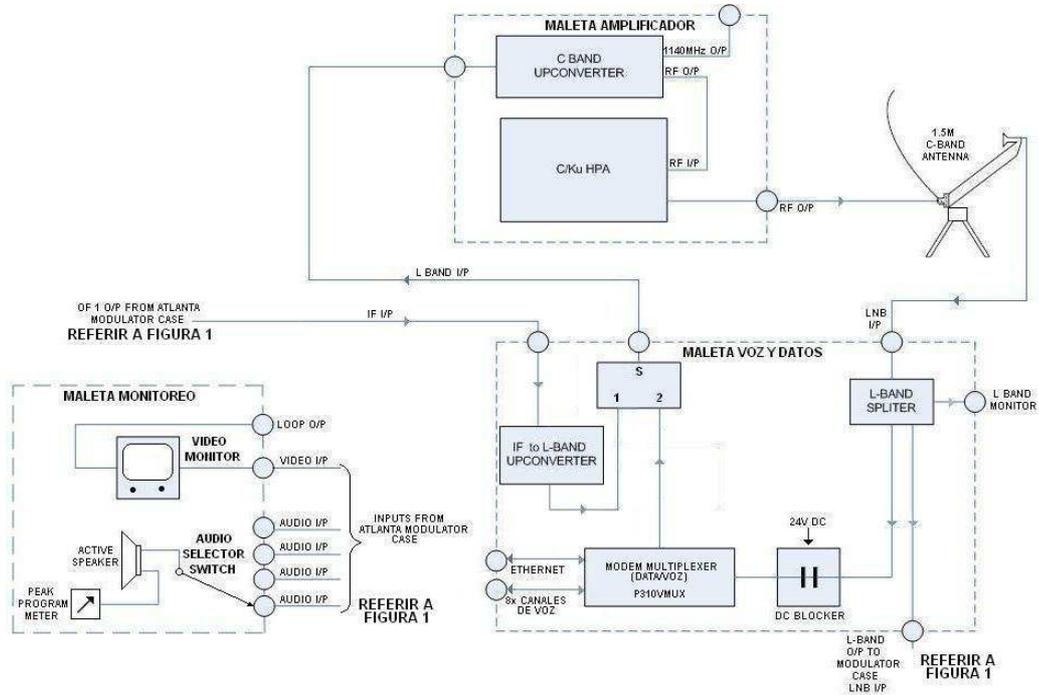
por encima de la portadora de video, y la siguiente se encontrara al menos 7.5 MHz por encima de la misma.

El primer inconveniente que se encuentra a la hora de realizar el diseño es el hecho de que los módems con los que se cuenta se comunican entre ellos en banda-L, es decir que generan portadoras en esta banda, y la salida del modulador del subsistema de electrónica es una señal en IF (Generalmente 70 MHz). Así para poder trabajar con estos equipos en conjunto es necesario el uso de un *upconverter* o un *downconverter* de tal manera que la señal a la salida del modulador en IF se suba hasta banda L, ó la señal en banda L a la salida del modem satelital de la maleta de Voz y Datos de la Flyaway se baje hasta IF, de esta manera al tener las dos señales en una misma banda es posible usar un combinador que mezcle las señales y estas puedan ser entregadas al *upconverter* final que llevara estas señales a RF para que puedan ser enviadas al satélite.

En las siguientes Figuras (Figuras 4.1 y 4.2) se muestran estas dos posibles opciones:

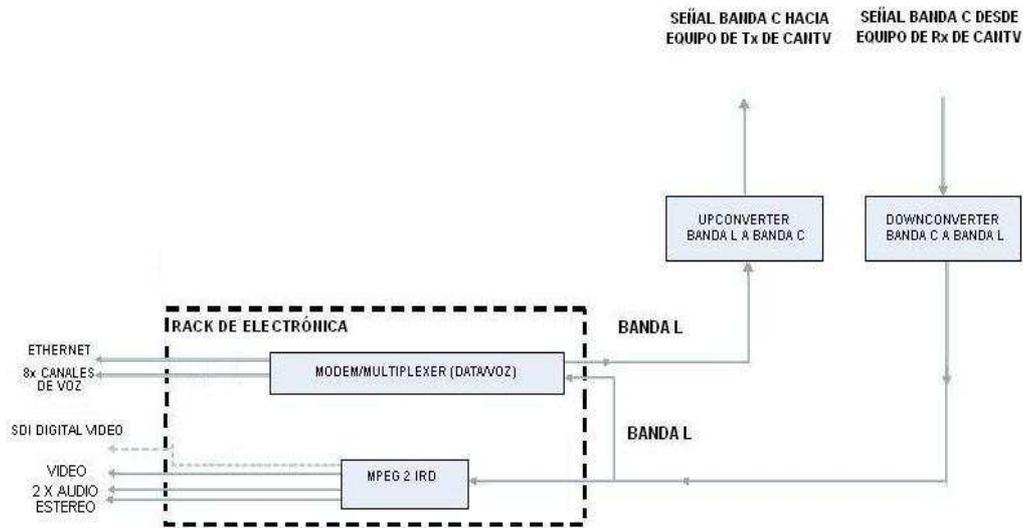


**Figura 4-1** Sistema de Transmisión Satelital Flyaway con Servicios de Telefonía y Datos. (Señal en IF entregada al Upconverter Banda-C)



**Figura 4-2** Sistema de Transmisión Satelital Flyaway con Servicios de Telefonía y Datos. (Señal en Banda-L entregada al Upconverter Banda-C)

Finalmente los equipos que se encuentran en la estación terrena Camatagua estarán dispuestos de la siguiente manera:



**Figura 4-3** Disposición de equipos en la Estación Terrena Camatagua.

En base a la frecuencia de operación de la portadora de video del Sistema Flyaway actual (6266.75 MHz), se procede a elegir los parámetros de operación para el sistema final. Los mismos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4-1.** Frecuencias de Trabajo y Parámetros de Operación.

	Flyaway		Camatagua
	Video	DATA	Retorno DATA
Up-Link (MHz)	6266.75	6272.25	6274.25
Down-Link (MHz)	4041.75	4047.25	4049.25
Banda L Up-Link (MHz)	1108.25	1102.75	1101.75
FEC	3/4	3/4	3/4
Symbol Rate (MSymb/seg)	6.113	1.024	1.024

Aquí se observa que las distintas portadoras se encuentran lo suficientemente espaciadas entre sí, y de esta manera se evita alguna interferencia entre las mismas.

## CAPITULO V

### 5 Configuración e Instalación de Equipos y Ejecución de Pruebas de Operación del Sistema Diseñado:

#### 5.1 Configuración de los Equipos del Sistema Satelital Flyaway por medio del Centro de Comando PCC-1000 (PowerVu Comand Center 1000):

Con todos los equipos del Subsistema de Electrónica conectados, se inicializa el programa PCC-1000 que se encuentra instalado en la laptop. Lo primero que requiere el programa es el registro por parte del usuario, el cual debe introducir su ID de usuario y el *password* respectivo para acceder al mismo. (Figura 5.1)

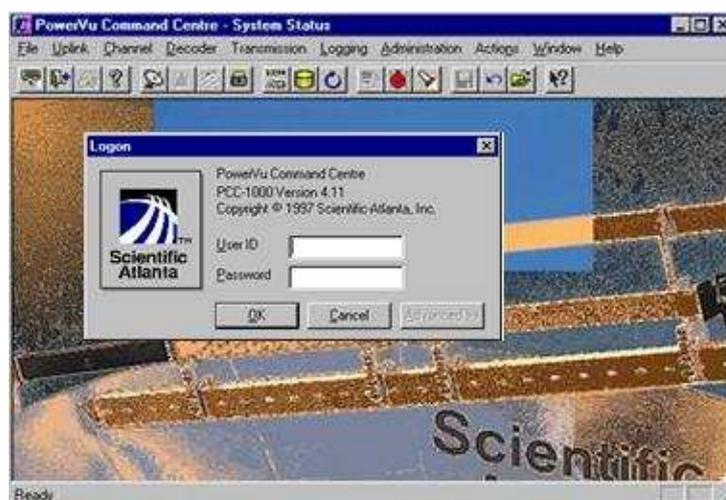


Figura 5-1. Ventana de Registro.

Una vez el usuario introduce sus datos correctamente el mismo accede al programa y puede comenzar a configurar y monitorear el sistema.

El primer paso para la configuración de los equipos del subsistema de electrónica de la Flyaway se encuentra en la selección del menú 'uplink', con el cual se muestran al usuario los equipos del subsistema conectados a la red. (Figura 5.2)

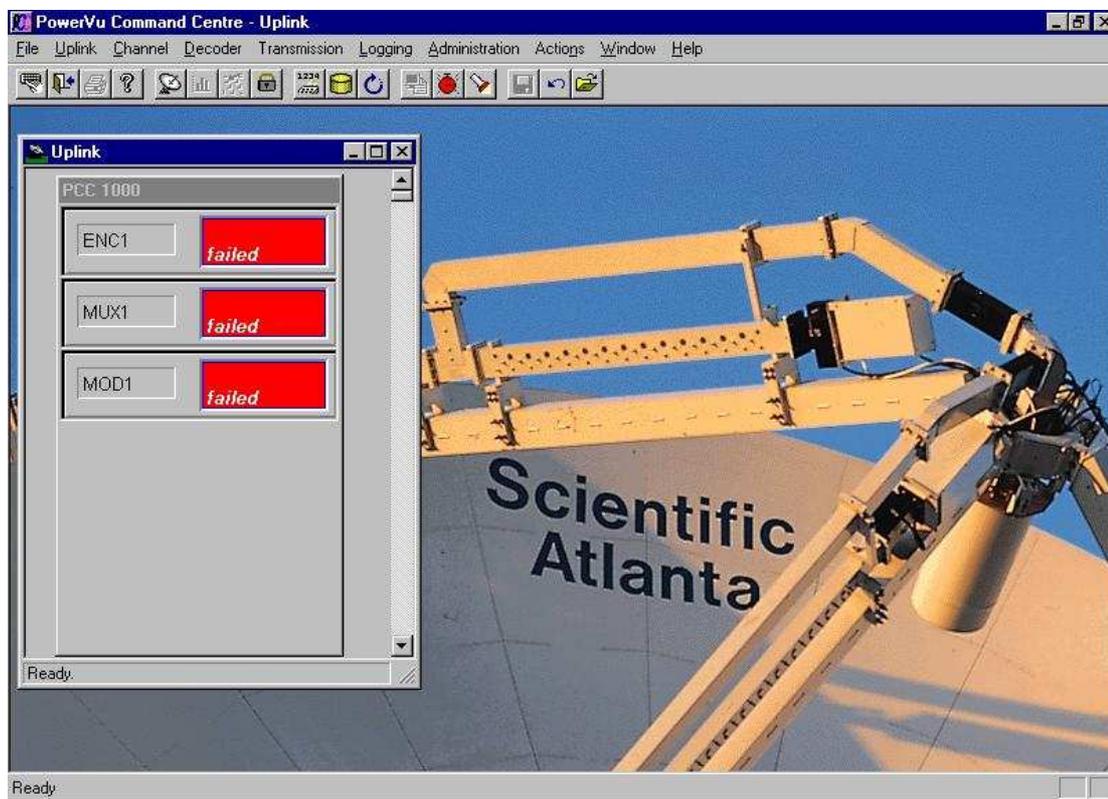
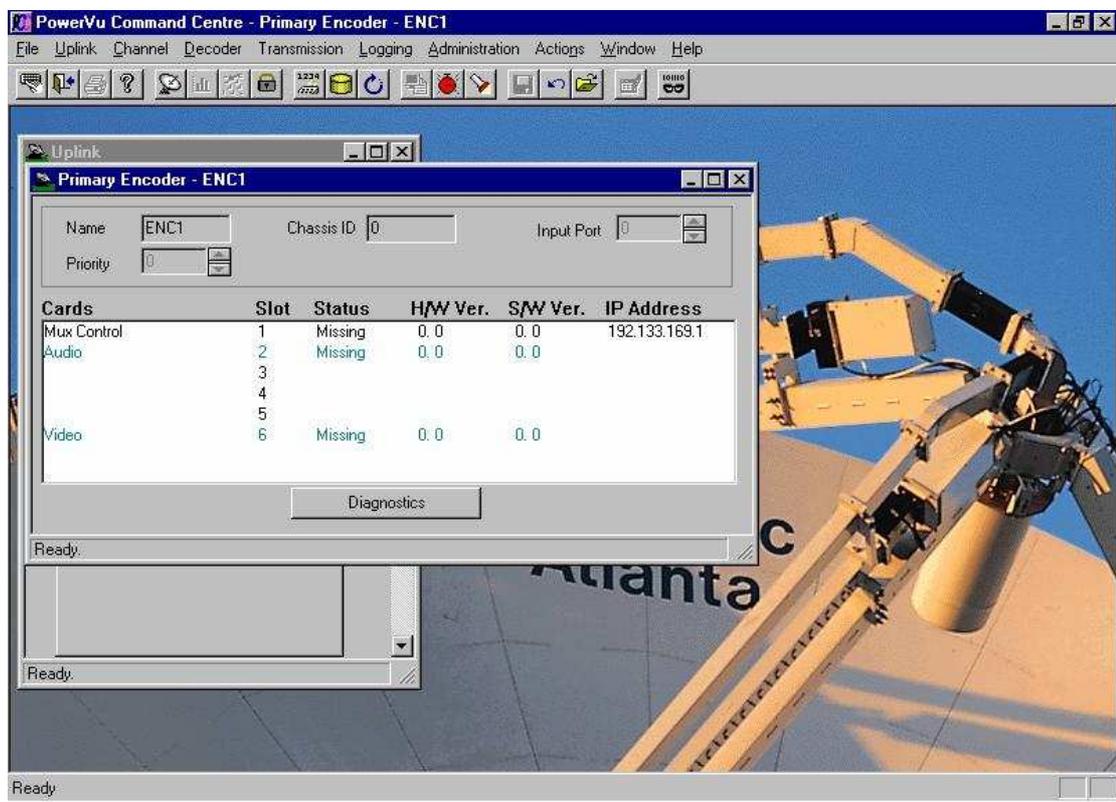


Figura 5-2. Menú Uplink.

En este submenú además de observar el estado de cada uno de los equipos del sistema, es posible acceder a ellos a través de la red. Solamente es necesario hacer doble *click* en el equipo deseado y ya es posible entrar a la pantalla que permite

observar el status de cada una de las tarjetas que los conforman y proceder a configurar las mismas de esta manera.

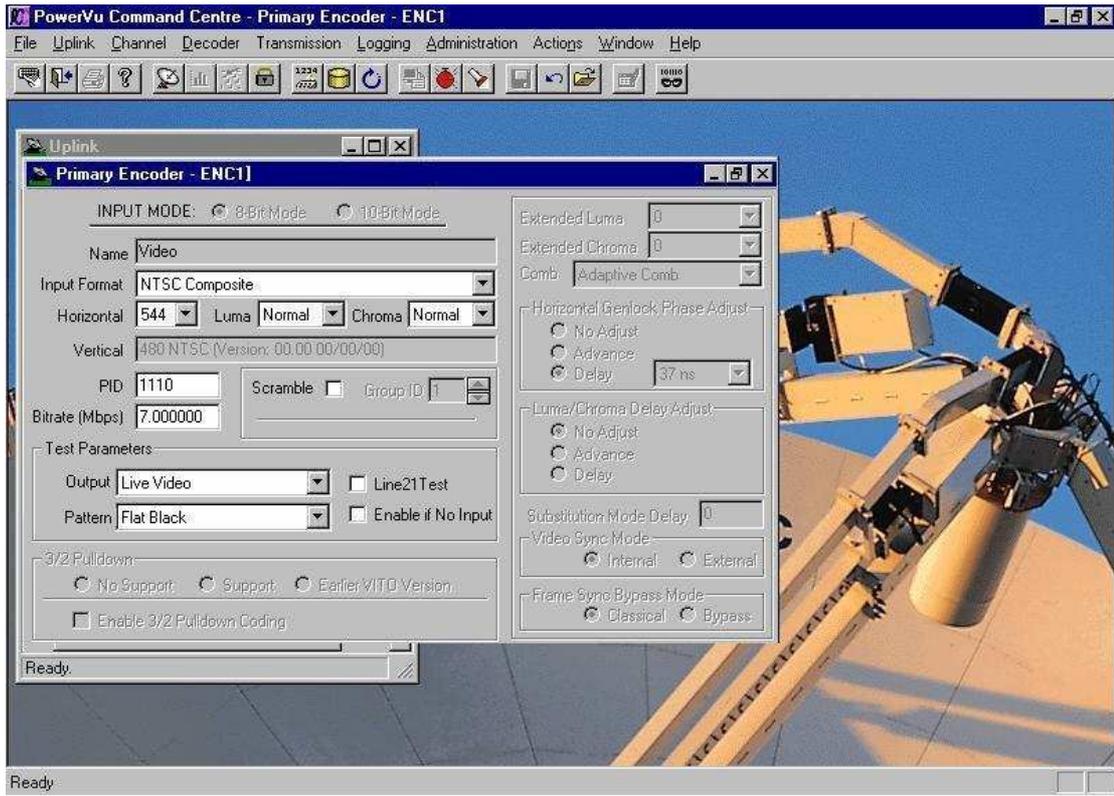
Ahora se procede a monitorear y configurar el primer equipo del subsistema de electrónica, el Encoder. Al hacer doble *click* en el botón del Encoder (ENC1) se observa la siguiente pantalla: (Figura 5.3)



**Figura 5-3:** Ventana de Monitoreo del Encoder.

En esta ventana se visualizan las tarjetas que se encuentran en el equipo, además de mostrar el slot dentro del chasis en el cual se encuentra cada una de ellas, su status, su dirección IP, y las versiones de hardware y software de las mismas. Haciendo doble *click* en cada una de ellas es posible acceder a las mismas para su

configuración. (La tarjeta Mux Control no puede ser modificada ni configurada de sus parámetros operativos prefijados). A continuación se muestra la ventana que aparece al hacer doble *click* en la tarjeta de video (Figura 5.4).



**Figura 5-4.** Ventana de Configuración de la Tarjeta de Video del Encoder.

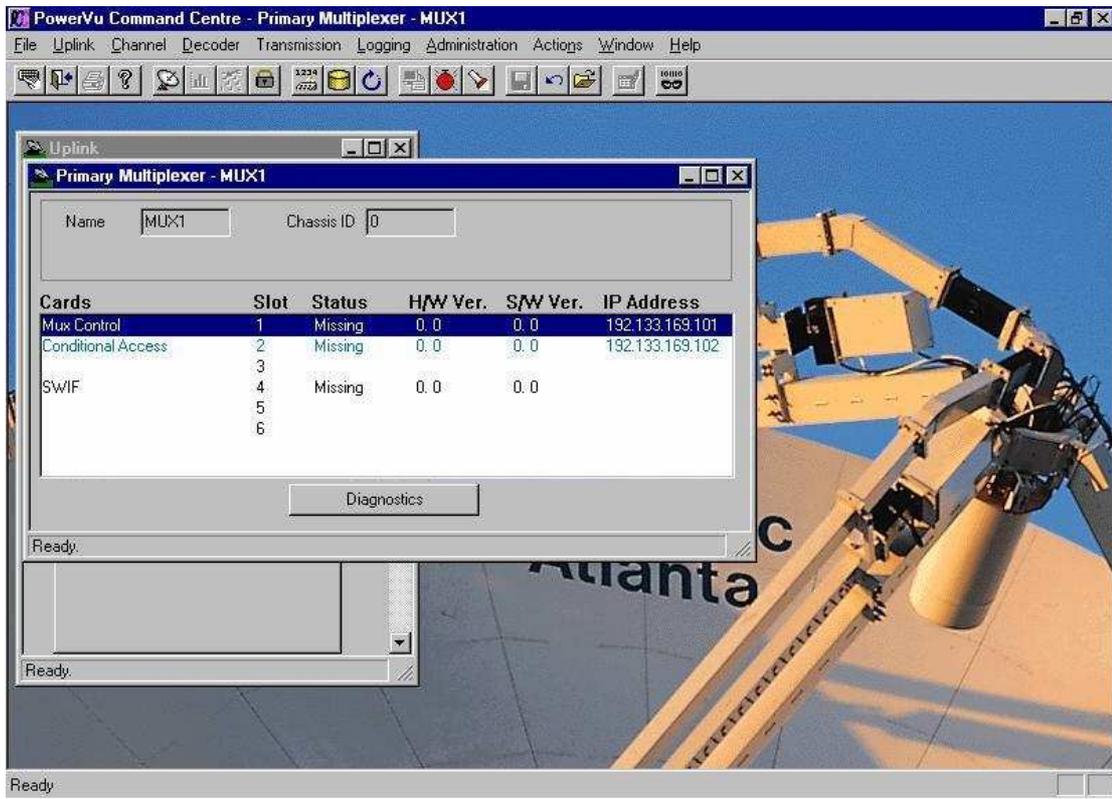
En esta tarjeta lo primordial es la configuración del tipo de señal a la entrada del Encoder y la velocidad de transmisión de los datos una vez codificado el video. En este caso se trabaja con un formato de señal a la entrada NTSC compuesto, con el valor de Luma y Chroma (luminancia y crominancia) en 'Normal' y la resolución horizontal de la misma en 544. La velocidad de transmisión de la señal de video se selecciona en 7,0 Mbps.

En la sección ‘test parameters’ es posible elegir a la salida de la tarjeta una señal de prueba en vez de la que se encuentra a la entrada del equipo; y de esta manera revisar, con ayuda del sistema de monitoreo, el correcto funcionamiento del sistema.

En la tarjeta de Audio es posible configurar los canales de audio que conforman el sistema; el mismo permite la entrada y el manejo de cuatro canales analógicos distintos. Estos pueden ser configurados como canales simples o agrupados en dos pares como canales estéreo. La configuración seleccionada es de cuatro canales individuales, cada uno con una velocidad de transmisión de 256 Kbps. El PCC-1000 calcula automáticamente el valor del ‘Delay’ necesario para mantener las señales de audio sincronizadas con el video asociado a cada una.

En esta tarjeta es posible generar un tono de pruebas para cada canal, y probar el correcto funcionamiento de los mismos sin necesidad de tener presente un audio a la entrada de los equipos.

Una vez realizado esto, se procede a monitorear y configurar al siguiente equipo del subsistema de electrónica. Al hacer doble *click* en el botón MUX1 en el submenú ‘uplink’ se presenta la siguiente pantalla (Figura 5.5):



**Figura 5-5:** Ventana de Monitoreo del Multiplexor.

En este equipo solo se puede realizar un monitoreo de sus componentes, ya que la configuración de los mismos no puede ser modificada de sus valores predeterminados a través de este programa.

Finalmente se encuentra el Modulador, y se accede a el mismo haciendo doble *click* en el botón MOD1 del submenú 'uplink'. Al hacer esto aparece la siguiente pantalla (Figura 5.6).

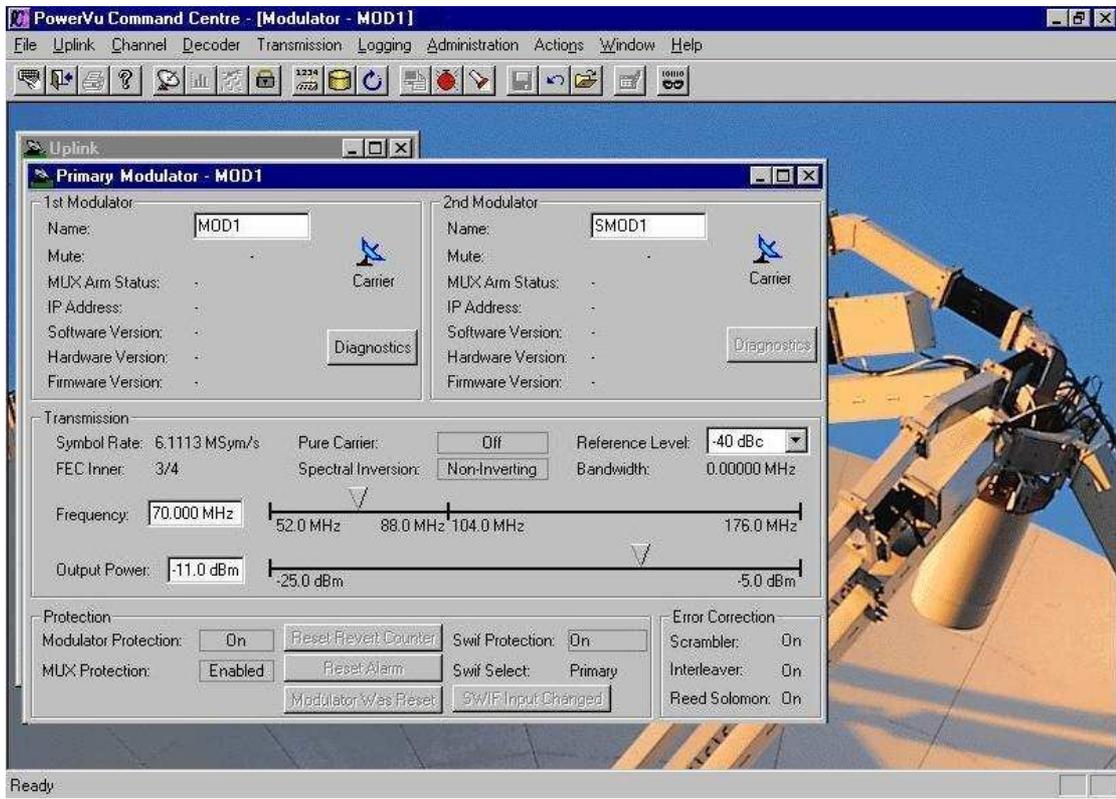


Figura 5-6. Ventana de Configuración y Monitoreo del Modulador.

En esta sección se pueden visualizar los parámetros operativos del modulador, tal como el *Symbol Rate*, el FEC, el ancho de banda, entre otros y elegir el valor de la frecuencia intermedia IF a la salida del mismo. Generalmente este valor está prefijado en 70 MHz. Todos estos valores pueden ser configurados directamente en el equipo modulador por medio de los controles en el panel frontal del mismo.

## 5.2 Configurando la Tarjeta V100 del Modem Satelital Banda-L P310VMUX.

Una red V100 puede ser gestionada a través del puerto dedicado V100 M&C de cualquier equipo de la red. El usuario se 'logea' a la unidad requerida y configura la red desde el puerto mas conveniente de gestión usando una visualización simple y clara, la cual puede ser accesada usando una PC con un paquete de emulación como el HyperTerminal de Windows.

```
*****
*
*      Vocality International V100 Integrated Multiplexer      *
*              Version 02_01.22 H/W RevD                      *
*
*              CRs:PRODUCTION REL02_01.22C.12                 *
*
*      Serial Number: 20200 MAC Address: 00:50:c2:20:32:9d     *
*
*      Please press the UP ARROW key on your terminal         *
*              to connect to the supervisor                   *
*
*****
```

Figura 5-7. Ventana Inicial del Programa de Gestión y Control de la tarjeta V100.

```
Node1                      V100 Multiplexer Supervisor
Agg Status: 0:1 256000
-----[ MAIN MENU ]-----

                        SYSTEM
                        CONFIGURATIONS
                        VOICE
                        DATA
                        DIRECTORY
                        ROUTING
                        IP
                        FEATURE KEYS
                        DIAGNOSTICS
                        REMOTE

-----Configuration #1 is active-----
<CR> to select item
```

Figura 5-8. Menú Principal.

### 5.2.1 El ID del Nodo:

El primer factor que debe ser configurado en el V100 es el ID del Nodo. Este es un número único entre 0 y 239 el cual especifica cada chasis dentro de la red y debe ser programado antes que cualquier otra cosa. Esto se hace en el menú SYSTEM.

```

0                               V100 Multiplexer Supervisor
Agg Status: 0:1 2048000
-----[ SYSTEM ]-----

NODE NAME           : 0          NODE ID           : 000
CONFIGURATION BY REMOTE : Enabled

ALARM RELAY DELAY   : None       OPTION 0          : None
ALARM RELAY MODE    : Auto

COUNTRY             : GERMANY    RW PASSWORD       :
RECEIVE READY FILTER : 10 seconds RO PASSWORD       :
DATA CHANNEL ACTIVATION : Auto    ACCESS TIMEOUT    : 30 seconds
TIE-LINE ACTIVATION  : Auto      ACTIVITY TIMEOUT  : 30 seconds
ASYNC BUFFER SIZE   : 32 buffers  BACKUP TIMER      : 40 seconds
                      FALLBACK MODE : Timer
                      FALLBACK TIMER : 40 seconds
-----
Enter Text

```

Figura 5-9. Menú System.

### 5.2.2 Números de ‘Slot’ y ‘Port’:

Las referencias durante la configuración del V100 son hechas por medio de la localización de los slots y de los números de los puertos a través de la red. Por convención, la sintaxis usada es “NODE: SLOT: CHANEL”, donde NODE es el ID del Nodo, SLOT es un número para denotar cada parte dentro del chasis (0), Option Slot 1 (1), Option Slot 2 (2) y CHANEL es un número que establece el canal en particular dentro de ese slot.

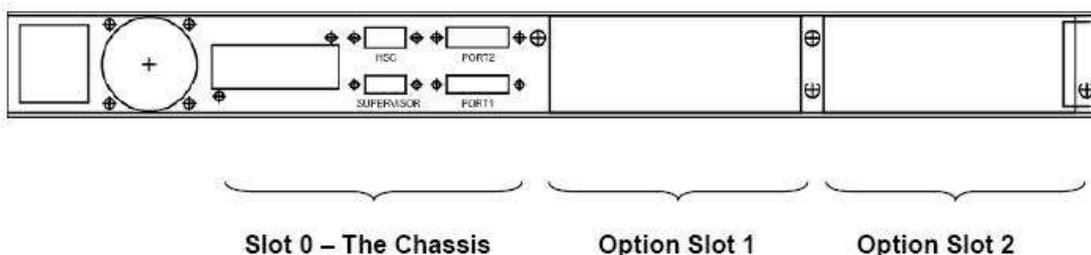


Figura 5-10. Chasis de equipo Multiplexor Típico.

En la Tarjeta Integrada de Comms V100 la numeración de los puertos obedece a esta convención pero sin la existencia de los Option Slots. Los puertos de data son numerados de manera normal y los canales de voz ocupan el slot lógico 1 (slot1). El puerto Ethernet se le puede asignar cualquier número de puerto lógico desde 0:10 hasta 0:31.

**Tabla 5-1.** Numeración de los puertos de la tarjeta V100.

<b>Puerto</b>	<b>Número de Puerto</b>
Link	0:1
Data	0:2
Línea-Tel	1:1 1:2 1:3 1:4 1:5 1:6 1:7 1:8
LAN	0:10 hasta 0:31

### **5.2.3 Acceso Remoto**

El menú principal permite al usuario 'logearse' a cualquier unidad de la red a través de la opción 'REMOTE'. El usuario debe introducir el número ID del NODO de la unidad que se quiere seleccionar, como se muestra a continuación:



**Figura 5-11.** Menú de Acceso Remoto.

Cuando la conexión sea exitosa, el menú principal de la unidad seleccionada aparecerá en pantalla como si se estuviera 'logueado' localmente. Todos los menús se presentan de manera normal, y se guardará en ese chasis toda la data editada y aceptada. Para regresar a la unidad local se presiona la tecla [CTRL] + [E] en cualquier momento.

### 5.2.4 Configuración del menú DATA:

Todos los puertos de data del V100 son considerados como universales. Cualquiera puede ser configurado como agregado o tributario, como DTE o DCE, como sincrónico o asincrónico y con una amplia variedad de opciones para el sincronismo.

```
0 V100 Multiplexer Supervisor
Agg Status: 0:1 2048000
-----[ DATA #1]-----
Channel  Iface  Mode  Type  Format  Rate  Source Ref Rate  Source Ref Destination
0:1     RS449  Agg   DTE   NRZ    0      Int  <GRX 2048000  Int  -
0:2     V.35   Trib  DCE   NRZ   64000  Ext  <GRX 64000    Rxc  - 1:0:2
-----Configuration #1 is active-----
```

Figura 5-12. Menú de Data.

Cada canal de Data puede operar de dos maneras básicamente, como un canal Agregado 'Aggregate' o uno Tributario 'Tributary'. Un puerto agregado cumple con la función de multiplexar un número de conexiones tributarias sobre una portadora hacia una unidad remota. El V100 es capaz de operar con múltiples puertos agregados.

El V100 opera enviando paquetes de los puertos Tributarios hasta su correspondiente puerto usando una ruta, la cual es obtenida basada en la cabecera de destino de cada paquete; usualmente esta es un puerto Agregado. De todas maneras la ruta por la cual se desplaza un paquete que sale del multiplexor puede ser indirecta, ya que puede viajar a través de otra unidad hasta que llega a su destino final. Los puertos Agregados usan solamente la información de enrutamiento y por lo tanto no es necesario especificar una dirección específica en el menú; por lo tanto el campo 'destination' debería dejarse en blanco para este caso. Por otro lado los puertos Tributarios son los *end points* de las conexiones, por lo tanto, la dirección del puerto destino debe ser especificada para cada puerto tributario.

### 5.2.5 Configuración de Voz en el V100:

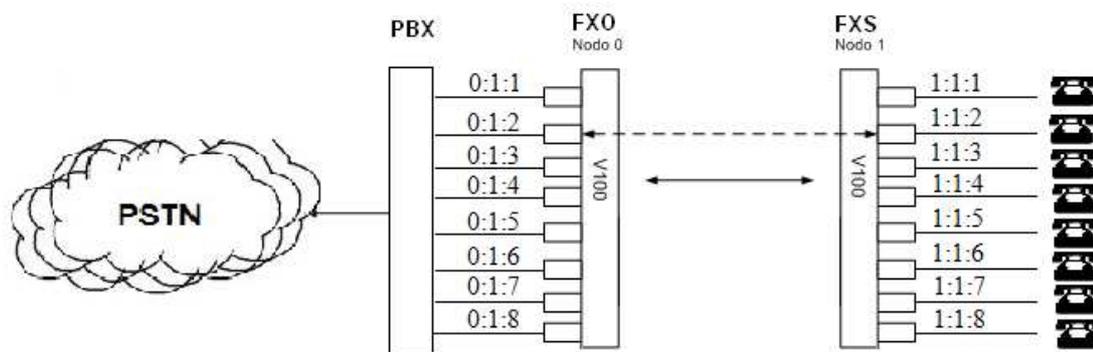


Figura 5-13. Diagrama de Conexión para la telefonía analógica a través de los V100.

El menú de configuración de Voz trabaja normalmente con 8 canales de voz en el slot 1 de la tarjeta. Si se trabaja con el V100 funcionando como FXS, todos los canales del mismo estarán restringidos para trabajar como 'FXS' a excepción de los canales 1 al 4, los cuales pueden configurarse en modo 'tie-line'. Igualmente ocurre cuando se trabaja en el lado del FXO.

```

] V100 Multiplexer Supervisor
Agg Status: 0:1 2048000
----- [ ANALOGUE PORTS #1] -----

```

Channel	ClkRef	SigType	Interface	Algorithm	I-Gain-O		Destination
1:1	GRXCLK	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:1
1:2	"	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:2
1:3	"	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:3
1:4	"	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:4
1:5	"	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:5
1:6	"	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:6
1:7	"	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:7
1:8	"	DTMF	FXO	NetCode 9.6K	+3dB	+3dB	1:1:8

```

----- Configuration #1 is active -----

```

Figura 5-14. Menú de Configuración de Puertos Analógicos de Voz.

Todos los canales detectados se presentan en el menú bajo el parámetro 'Channel'. El número de slot y el número del canal denotan la posición del canal dentro del chasis. Cada puerto de voz puede ser configurado completamente independiente de los otros. La única restricción es que el reloj de referencia (ClkRef) debe ser común para todos los canales que compartan un slot. La señal de sincronismo PCM generada en la tarjeta de voz debe estar en fase tanto al bus del reloj GRX o el GTX.

Las conexiones de los canales de voz son hechos marcando el número del destino remoto con el cual se desea comunicar. Esto puede ser hecho usando señalización basada en el uso de tonos, *loop dialling* o por pulsos E&M dependiendo de la aplicación. El parámetro 'SigType' permite al usuario especificar de qué manera es operado el canal. En este caso se trabaja con la señalización 'DTMF', que decodifica los dígitos de los pares de tonos y los envía al sitio remoto.

En el submenú 'Algorithm' se puede encontrar un amplio rango de algoritmos de codificación de voz, los cuales permiten elegir un compromiso entre la calidad de la voz, retardos y ancho de banda ocupado dependiendo de las necesidades de cada usuario. Es posible seleccionar una codificación diferente para cada dirección, con el codificador que envía forzando al codificador que recibe; esto permite que se usen diferentes anchos de banda para el canal dependiendo de que codificador realice la llamada.

Las aplicaciones de voz analógicas de vez en cuando requieren ajustes para optimizar la calidad de la voz en la red. Esto puede ser debido a mal acoplamiento de impedancia, pérdida de la señalización o generación de 'ecos' en la red de telefonía. Una combinación de ajustes en las ganancias a la entrada y la salida permiten lograr una línea lo suficientemente clara, la cual pueda cancelar los efectos del eco. En el submenú 'Destination' se elige el destino de cada canal de voz, especificando 'NODO: SLOT: CANAL' del destino para cada uno. Cuando el destino se especifica como 'AUTO', las llamadas hechas en este canal son automáticamente enrutadas al puerto de destino marcado dependiendo del tipo de señalización utilizada.

Los parámetros y opciones del menú de Puertos Analógicos de Voz se muestran en la siguiente tabla:

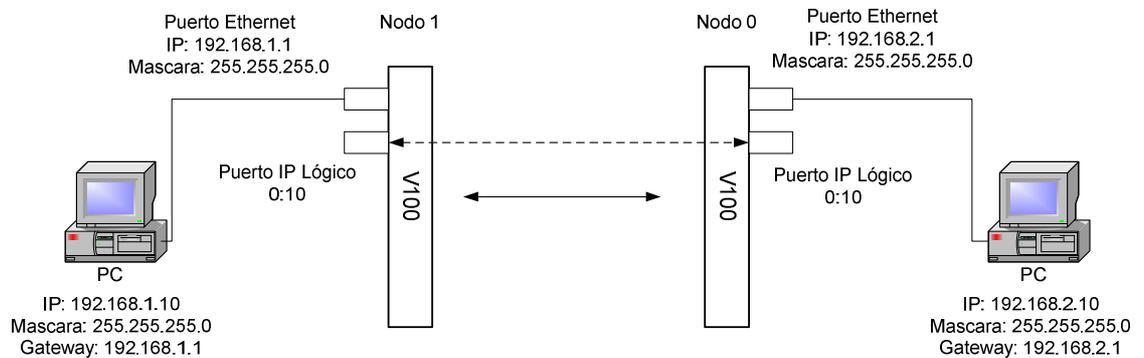
**Tabla 5-2** Parámetros y Opciones del menú de Puertos Analógicos de Voz.

<b>Campo</b>	<b>Opciones</b>	<b>Descripción</b>
CHANNEL	Información solamente.	Muestra el número de los canales de voz instalados.
CLKREF	GRXCLK GTXCLK	Referencia del Reloj, usado por la tarjeta de voz PLL.
SIGTYPE	DTMF. E&M. V.22.  STU. NOSTU	Tipo de señalización DTMF. Tipo de señalización E&M. Como DTMF, pero solo esta permitido el uso de V.22  Como DTMF, pero solo se permiten STU-IIB/ III Como DTMF, se permiten todas menos STU-IIB/ III
INTERFACE	FXS, FXO, Tie-line	Puerto 2 cables, interfaz conectada al teléfono Puerto 2 cables, conectado a un puerto de extensión Puerto E&M de 4 cables. No se permiten voltajes telefónicos en esta configuración.
ALGORITHM	Off, G.711-A 64K, G.711-u 64K G.726 16K, 24K, 32K, 40K G.727 16K, 24K, 32K. G.727 24/16K, 32/16K, 32/24K G.727 40/16K, 40/24K, 40/32K G.723.1 5.3K, 6.3K. G.729A 8K. Transp. 64K. Netcode 6.4K, 7.2K, 8K, 8.8K, Netcode 9.6K	Canal sin usar Codificación de voz PCM Codificación de voz ADPCM Codificación de voz E-ADPCM Codificación de voz asimétrica TX/RX E-ADPCM  Codificación de voz asimétrica TX/RX  Codificación de voz ML-PLQ Codificación de voz CELP Muestreo de voz Raw PCM Codificación de voz Propietario CELP  Codificación de voz Propietario CELP
I-GAIN-O	-31dB hasta +31dB	Ganancias a la entrada y a la salida
DESTINATION	"NODE:SLOT:CHANNEL" AUTO BTXnnn, BRXnnn, BTRttt,rrr"	Los datos serán enviados a este puerto virtual Es enrutada dependiendo del número marcado Emisión del número del canal de Tx. Emisión del número del canal de Rx. Emisión de los números de Tx y Rx.

## 5.2.6 Configuración IP del V100:

### 5.2.6.1 Comunicación PC a PC:

Supongamos que se desea comunicar dos PC a través de los equipos V100 como se muestra en la figura 5.15:



**Figura 5-15.** Diagrama de conexión entre dos PCs a través de los V100.

Para la comunicación de PC a PC, el V100 puede configurarse en ambos extremos como servidor DHCP, o se pueden usar IP estáticas, en este caso se usarán IP estáticas. La configuración del servidor DHCP se realiza en el menú IP seleccionando la opción general (Figura 5.16).

```
Node0 V100 Multiplexer Supervisor
AGGREGATE STATUS : 0:1 Carrier 256000
-----I GENERAL #3I-----
ETHERNET MODE : AUTONEGOTIATE
DNS SERVER :
  PRIMARY : 192.168.000.001
  SECONDARY : 000.000.000.000
DHCP SERVER :
  MODE : SERVER
  LEASE(secs) : 0
  ADDRESS RANGE : 192.168.001.002
  TO : 192.168.001.010
  WINS SERVER : 000.000.000.000
  DOMAIN NAME :
SPANNING TREE :
  BRIDGE PRIORITY : 32768
  HELLO TIME(secs) : 10
-----Configuration #3 is active-----
Use <SPACE>/+ or - to select
```

Figura 5-16. Menú General.

El modo Ethernet es autonegociable por defecto y usualmente debe ser dejado como tal; luego aparecen los campos para introducir las direcciones del servidor DNS, en caso de que no se conozcan se pueden dejar como 0.0.0.0. Por último está la configuración del servidor DHCP, se pueden establecer 3 modos:

- OFF: Las peticiones DHCP son descartadas y no se envían a través de la red.
- Relay: Las peticiones DHCP se envían a través de la red hacia las direcciones específicas.
- Server: El V100 asignará las direcciones IP según el rango de direcciones y la duración especificada. 0 = permanente.

Para el caso en que se utilicen direcciones IP estáticas el modo DHCP debe ser configurado en OFF.

El próximo paso es configurar la interfaz Ethernet del V100 que se conecta a la PC o a la LAN; para ello a la interfaz Ethernet de cada V100 se le debe asignar una

dirección IP válida dentro de su red local. Esto se realiza en el menú Network dentro del menú IP (Figura 5.17).

```

Node1                               V100 Multiplexer Supervisor
AGGREGATE STATUS : 0:1 Carrier 512000
-----[ NETWORKS #1]-----
Chan DBA      IP Address      Mask      MTU  UDPGw  TCPGw  Bridge  Dest
[ENET]
0:10 512000  UNN 192.168.001.001 255.255.255.000 1514  ON
                                UNN 192.168.001.001 255.255.255.000 576   ON                                0:0:10

<NEW SUBNET>  <DELETE ALL SUBNETS>
Type <ctrl d> to delete selected entry
-----Configuration #1 is active-----
Use <SPACE>/+ or - to select

```

Figura 5-17. Menú Networks.

El campo Chan representa la interfaz o puerto virtual, en el caso de Ethernet se representa con el nombre ENET, a esta interfaz se le asigna la dirección IP y la máscara según la red a la cual se conectan, para este caso se le asignan las siguientes direcciones:

Tabla 5-3. Direcciones asignadas y máscara de conexión.

Equipo V100	Nodo 0	Nodo 1
Dirección IP	192.168.2.1	192.168.1.1
Máscara	255.255.255.0	255.255.255.0

A las PC conectadas directamente al V100 se les debe asignar como *gateway* la dirección IP asignada a la interfaz Ethernet del V100 a la cual se conectan.

El campo MTU (Unidad máxima de transmisión) se deja en su valor por defecto de 1514, UDPGw (UDP Gateway) se utilizará posteriormente, el campo DBA no se usa para el puerto Ethernet. TCPGw y Bridge son funciones para futuras versiones. El campo IP se coloca en NUM para el puerto Ethernet.

Luego se debe configurar el puerto IP virtual que comunica ambos V100. En este caso es el 0:10 (se pueden seleccionar desde el 0:10 hasta el 0:31). A estos puertos si es necesario configurarles el DBA que es la velocidad de transmisión máxima y el campo Dest que representa el puerto virtual del V100 destino (Nodo:Slot:Canal). Para este caso se configuraría como sigue:

**Tabla 5-4.** Valores de Configuración asignados en el Menú Networks

V100	Nodo 0	Nodo 1
Chan	0:10	0:10
DBA	512000	512000
IP	UNN	UNN
Dirección IP	192.168.2.1	192.168.1.1
Mascara	255.255.255.0	255.255.255.0
MTU	576	576
Dest	1:0:10	0:0:10

La siguiente tabla describe los parámetros que se encuentran en el menú IP:

**Tabla 5-5.** Descripción de Parámetros dentro del menú IP

Campo	Opciones	Descripción
CHAN	ENET, 0:10 – 0:31	Puerto o puerto virtual
DBA	0-2048000	Tasa máxima de transmisión de bits entre los V100
IP	Información solamente	Clase de paquete transferido
Address	Dirección IP numérica	Dirección IP del puerto
Mask	Entrada numérica nnn.nnn.nnn.nnn o como /numero de bits	Mascara de la dirección IP
MTU	Numérico de 128 a 1516	Máxima Unidad de Transmisión.
UDPGw	OFF, ON	Soporte para los datagramas de usuarios
TCPGw	Información solamente	Para futuras versiones
Destination	Nodo:Slot:Canal	Los datos serán enviados a este puerto virtual

Una vez configuradas las direcciones IP de las PC, debería ser posible la comunicación de cada PC a cada V100 directamente conectado. Esto se comprueba haciendo ping en el menú DIAGNOSTICS → IP → PING; también se comprueba haciendo ping desde la PC (Ver figuras 5.18 y 5.19).

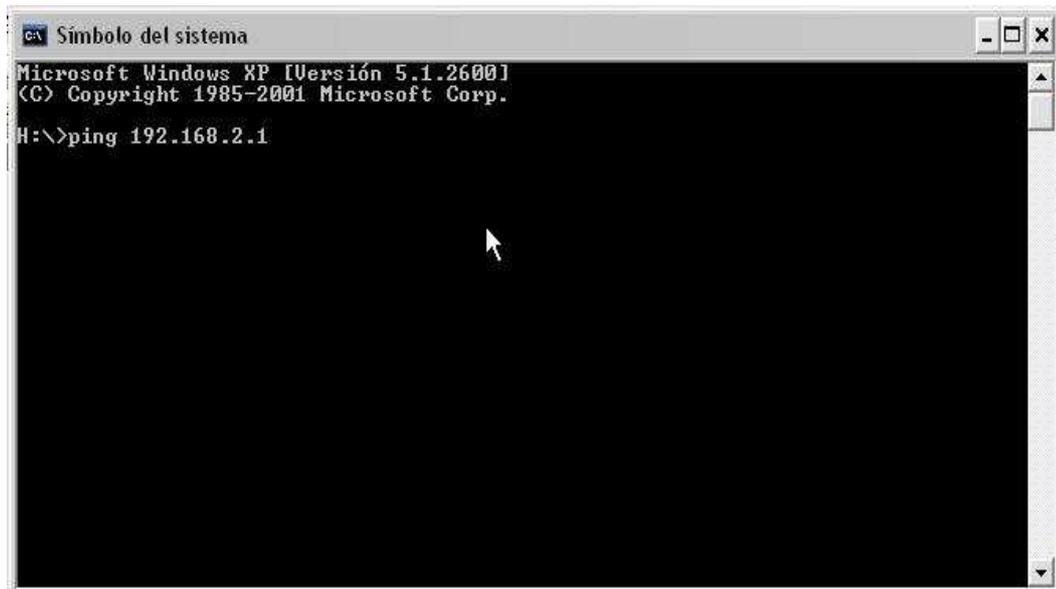


Figura 5-18. Comprobación de Conexión entre PCs, realizando un PING desde el Símbolo de Sistema.

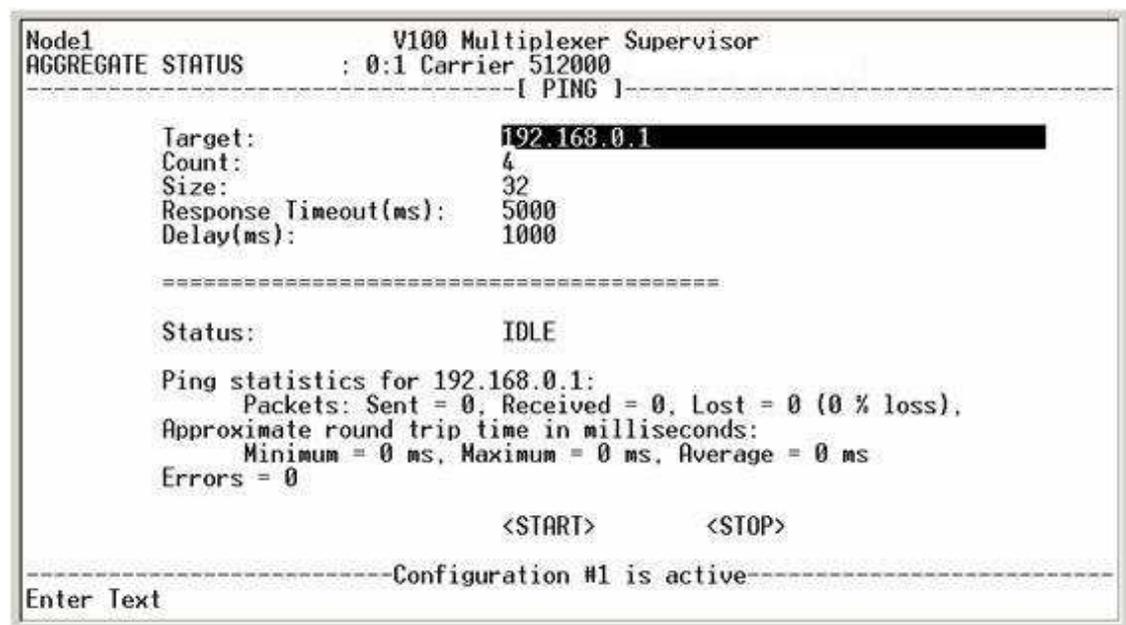


Figura 5-19. Comprobación de Conexión entre PCs, a través del menú PING.

Para permitir la comunicación de las PC a través de los V100, se debe crear una ruta estática entre ellos que le permita alcanzar la otra red además de su red local.

Esta configuración se realiza en el submenú IP STATIC ROUTE TABLE del menú IP (Ver figura 5.20). Cada ruta que se configura se compone de una descripción, una dirección destino una mascara para la dirección destino y el siguiente salto.

En este caso la dirección de destino sería la dirección de la red conectada al puerto Ethernet del otro V100 al que se quiere llegar, el salto siguiente sería el puerto que comunica, en este caso el puerto virtual 0:10; también puede ser una dirección IP. En el campo 'description' se puede colocar un nombre o se puede dejar en la opción por defecto.

**Tabla 5-6.** Valores asignados a cada Modem en el menú IP STATIC ROUTE TABLE

V100	Nodo 0	Nodo 1
Destination	192.168.1.0	192.168.2.0
Mask	255.255.255.0	255.255.255.0
Next Hop	0:10	0:10

Luego de esta configuración debería ser posible la comunicación de PC a PC y de V100 a V100, esto se comprueba haciendo ping entre los equipos.

```

Node0                               V100 Multiplexer Supervisor
AGGREGATE STATUS : 0:1 Carrier 256000
-----[ IP STATIC ROUTE TABLE #3]-----
Description      Destination      Mask              NextHop
Node1            192.168.001.000  255.255.255.000  0:10

<NEW ROUTE>    <DELETE ALL ROUTES>
                Type <ctrl d> to delete selected entry
-----Configuration #3 is active-----
Enter Text

```

Figura 5-20. Menú IP STATIC ROUTE TABLE.

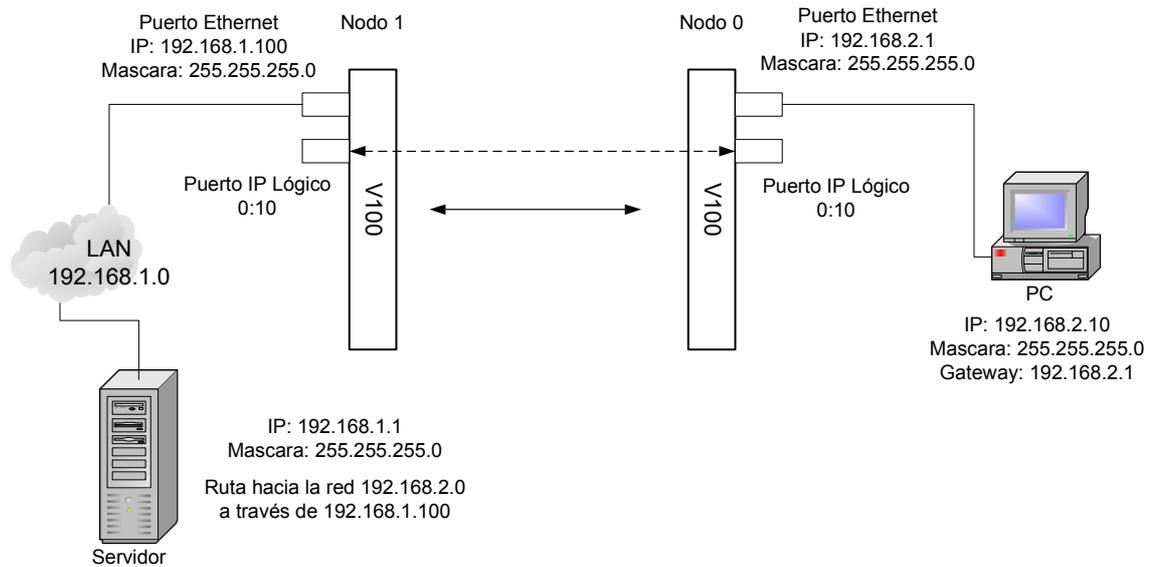
La siguiente tabla describe los parámetros del menú IP STATIC ROUTE TABLE:

Tabla 5-7. Descripción de los parámetros del menú IP STATIC ROUTE TABLE

Campo	Opciones	Descripción
Description	Alfanumérico	Para uso del usuario
Destination	Dirección IP numérica introducida como: nnn.nnn.nnn.nnn	Dirección IP de la red destino
Mask	Entrada IP numérica como nnn.nnn.nnn.nnn o como /numero de bits	Mascara de la red destino
Next Hop	Dirección IP o ID de puerto virtual	Dirección del nodo o puerto que envía

### 5.2.6.2 Comunicación de PC a LAN:

En este caso se describe la configuración para la comunicación entre una PC y una LAN a través de los equipos V100.



**Figura 5-21.** Diagrama de Conexión entre una PC y una LAN a través de los V100.

El puerto Ethernet del V100 se conecta a la LAN, la configuración es similar excepto por la dirección IP del puerto Ethernet del V100 conectado a la LAN que cambia a 192.168.1.100, ya que el servidor posee la dirección IP 192.168.1.1. Lo importante es que el V100 no tenga una dirección IP ya existente en la LAN; además el modo DHCP debe ser deshabilitado ya que de eso generalmente se encarga el servidor. Al V100 se le configura la ruta estática que le permite alcanzar la red de la PC remota, tal y como se vio en el caso anterior.

Para que las PC de la LAN se puedan comunicar con la PC remota al servidor se le debe configurar una ruta hacia la red de la PC remota 192.168.2.0 a través del V100 local 192.168.1.100. Una vez configurado esto debe ser posible hacer ping desde cualquier PC de la LAN a la PC remota y viceversa. Para acceder a todas las funcionalidades que permite la navegación de PC en Windows, se debe activar UDPGw en los puertos Ethernet y lógicos de cada V100 en el menú NETWORK.

Además estas entradas deben ser agregadas en el submenú UDP RELAY TABLE del menú IP (Ver figura 5.22):

- Netbios name: puerto 137.
- Netbios Datagram: puerto 138.
- Domain Name: puerto 53.

Otras opciones comunes son Time (puerto 37) y el puerto 200, se agregan seleccionando New Entry y presionando la barra espaciadora. En caso de haber problemas con algunas aplicaciones se requerirán otras entradas a la tabla.

```

Node0                                V100 Multiplexer Supervisor
AGGREGATE STATUS                      : 0:1 Carrier 256000
----- [ UDP RELAY TABLE #3] -----
SERVICE          PORT NUMBER
Domain Name      53
NetBIOS Name     137
NetBIOS Datagram 138
Time             37
Other            200

<NEW ENTRY>   <DELETE ALL ENTRIES>
Type <ctrl d> to delete selected entry
----- Configuration #3 is active -----
Use <SPACE>/+ or - to select

```

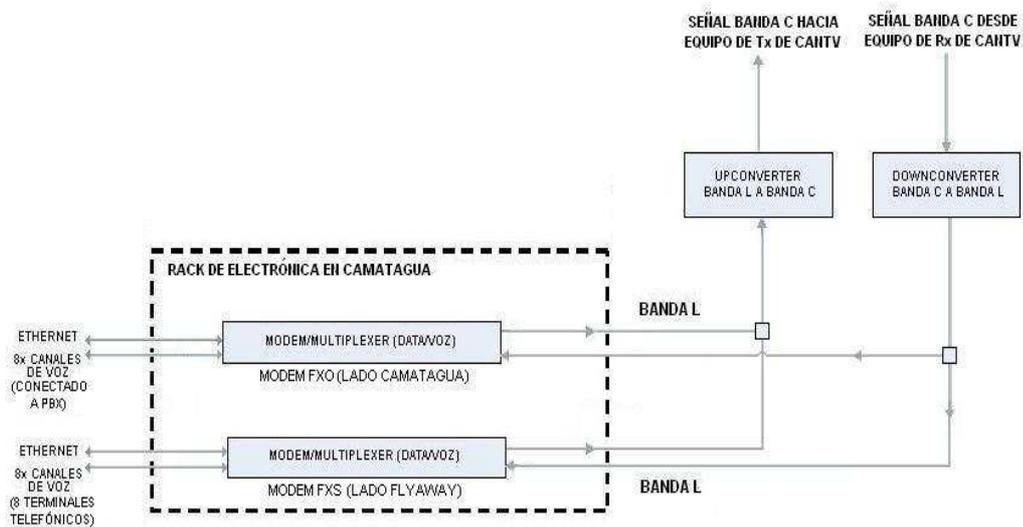
Figura 5-22. UDP RELAY TABLE.

### 5.3 Instalación y Ejecución de Pruebas de Operación del Sistema Diseñado:

Antes de realizar las pruebas de operación del sistema diseñado en conjunto, se procedió a probar por separado tanto al sistema de transmisión de video como al de transmisión de telefonía y datos. El subsistema de electrónica, el cual se encarga del transporte de la señal de video compuesto, fue probado en mas de una ocasión y el mismo opera a la perfección; hay que recordar que estos equipos han funcionado satisfactoriamente durante varios años prestando servicios como el sistema Flyaway 1 perteneciente a CANTV, siendo una solución muy versátil y atractiva para los clientes a la hora de ofrecer transporte de señales de video compuesto a través de enlaces satelitales.

### 5.3.1 Pruebas Iniciales del Funcionamiento y Operación de los Módems Satelitales Banda-L con Multiplexor Versátil P310VMUX a Utilizar:

Las pruebas del sistema de comunicación se realizaron en las instalaciones de la Estación Terrena Camatagua. Los equipos se instalaron de manera tal que los módems compartieran el mismo camino para el *uplink* y el *downlink* de la información, es decir, usaron la misma antena para transmisión y recepción. Las conexiones se hicieron siguiendo el siguiente esquema:



**Figura 5-23** Conexión para la ejecución de pruebas del Sistema de Comunicaciones.

El modem que estará en la estación terrena Camatagua (configuración FXO) fue configurado (a través de controles en el panel frontal del mismo) para generar una portadora en frecuencia banda-L de 1100.2 MHz, y transmitir en banda-C luego de pasar por un upconverter a una frecuencia de 6274.8 MHz. Por su parte el modem del lado remoto (lado flyaway, configuración FXS) opera a una frecuencia banda-L de 1102.2 Mhz, y transmite en banda-C a una frecuencia de 6272.8 MHz. El *downlink* de la señal generada por el lado remoto se hace a una frecuencia de 4047.8 MHz, por

lo tanto la recepción de esta señal la realiza el lado de Camatagua y la maneja en banda-L a una frecuencia de 1102.2 MHz la cual es entregada al modem FXO y manejada por el mismo para su posterior utilización. Por su parte, el *downlink* de la señal generada por el modem FXO se realiza en el lado remoto a una frecuencia de 4049.8 MHz, y luego de pasar por el LNB esta señal se baja hasta una frecuencia en banda-L de 1100.2 MHz, la cual es entregada y manejada al modem FXS.

Luego de esto y de configurar la tarjeta V100 del Modem como se vio anteriormente, los dos equipos lograron establecer comunicación. Los mismos lograron engancharse entre si tanto en recepción como en transmisión (unos leds en el panel frontal de los equipos se encienden e indican cuando esto ocurre).

Una vez estando en el menú de configuración de la tarjeta V100 de alguno de los dos equipos, es posible acceder remotamente al otro para monitorear y reconfigurar al mismo. El siguiente paso fue configurar los módems para operar a su máxima velocidad de transmisión (2.048 Mbps).

Seguidamente se empezó con las pruebas de operación para los distintos canales telefónicos. Las primeras pruebas se realizaron utilizando codificación PCM simple a 64Kbps, se obtuvieron buenos resultados en cuanto a calidad de la voz y los retardos son los esperados al tratarse de una comunicación satelital; es importante recalcar que estas pruebas se basaron en la opinión del personal que se encontraba presente, tomando en cuenta la calidad de la percepción de la voz y el retraso de la misma. Otras codificaciones que se probaron fueron ADPCM (16K, 24K, 32K, 40K) y Netcode (6.4K, 7.2K, 8K, 8.8K, 9.6K) de las cuales se decidió que la codificación a utilizar seria la Netcode 9.6K, debido a su menor ocupación del ancho de banda disponible comparada con los otros tipos de codificación y la calidad que presenta la

señal de voz es adecuada para el establecimiento de conversaciones. Las codificaciones Netcode de menor velocidad presentaban ciertos problemas que las hacían menos deseables que la de 9.6K.

Se procedió luego a variar la velocidad de transmisión del sistema total, bajándola hasta 1.024 Mbps. Se observó que el funcionamiento de los canales telefónicos permanece constante y no se ven afectados por esta disminución; ya que los mismos, al operar cada uno a 9.6K, solo necesitan una velocidad mínima de transmisión menor a 80 Kbps.

Finalmente se efectuó la prueba para la transmisión de data, inicialmente se comunicaron dos PC como se muestra en la parte de configuración IP de la tarjeta V100, para luego conectar en el lado de Camatagua una red que permitiera acceso a Internet al lado remoto de la Flyaway. Los resultados obtenidos son satisfactorios, ya que de esta manera fue posible ofrecer servicios de Internet al lado remoto Flyaway.

### **5.3.2 Pruebas del Sistema Final Diseñado:**

Con los equipos ya configurados en la manera deseada, se procedió a instalar e interconectar los mismos conforme al diseño presentado. Se optó por utilizar el diseño que trabaja en banda-L para mezclar las diferentes portadoras del sistema, esto debido a la disponibilidad de los equipos que se tenían presentes al momento de realizar las pruebas. (Ver figura 4.2)

Al encender los equipos, es necesario esperar tres minutos para el calentamiento del tubo TWT del HPA. Para el subsistema de electrónica es importante primero inicializar el software de control, luego encender los equipos (Modulador, Encoder, Multiplexor); y finalmente, con ayuda del software de control, observar y escuchar en el monitoreo de los mismos una señal de barras 75% y un tono a 0db y 1000 Hz. De esta manera se asegura que los equipos están funcionando correctamente y se encuentran en la capacidad de manipular señales de video compuesto a la entrada de los mismos.

En el subsistema de comunicaciones es posible conectar hasta 8 terminales telefónicos y se cuenta con un puerto Ethernet para transmisión de datos. En este caso se conecto una laptop para las pruebas, pero es posible conectar un hub o un router para una posible ampliación de los servicios.

El siguiente paso para la puesta en operación del sistema es la alineación de la antena. Con los valores de longitud y latitud del punto donde se encuentra la estación Flyaway se procede a calcular los valores de azimut y elevación necesarios para la correcta alineación del mismo. Se utiliza un programa llamado 'Pylon GDS-SAT', o también una pagina en Internet de gran utilidad para este fin '[www.dishpointer.com](http://www.dishpointer.com)', ya que de esta manera se facilita su obtención. Con estos valores, y con la ayuda de un analizador de espectro se realiza la alineación de la antena.

Finalmente se enciende la salida RF del HPA y se lleva su potencia hasta la potencia nominal del enlace. En el analizador de espectro se observa la señal que llega hasta al satélite y es enviada de vuelta a tierra, en la cual se puede observar y distinguir las tres portadoras de manera clara y precisa, sin que generen interferencia o algún solapamiento entre si.

Se prueba primero la señal de video compuesta, esto se realiza llamando a Camatagua y preguntando los niveles de la señal y la calidad de la misma en la recepción. Se obtiene que la misma llega en buenas condiciones para su comercialización, presentando un BER de  $10^{-8}$  y una relación de  $(C_o+N_o)/N_o= 11\text{dB}$ .

Seguidamente se prueban los 8 canales telefónicos, con los cuales se realizan llamadas de pruebas a distintos números y se verifica su correcto funcionamiento. Se realizaron llamadas tanto a teléfonos fijos como a celulares pertenecientes a la Red de Movilnet. La recepción presenta un BER de  $10^{-8}$  y una relación de  $(C_o+N_o)/N_o= 11\text{dB}$ . Por ultimo se prueba la conexión Ethernet del modem de manera satisfactoria, con la cual se ofrecen servicios de Internet al computador conectado a la misma.

De esta manera se realizó la puesta en operación de los dos sistemas en conjunto (video compuesto, telefonía y datos) de manera óptima y satisfactoria para las partes interesadas.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó el diseño y la puesta en ejecución de un Sistema Flyaway de pruebas, con el cual se estableció la factibilidad de ampliación y adaptación de servicios de telefonía y datos al Sistema Satelital Flyaway1 perteneciente a la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV).

A continuación se indican las conclusiones extraídas del trabajo:

- A partir del diseño planteado, y por medio de las pruebas realizadas, se mostró que es posible ampliar y adaptar servicios de telefonía y datos al Sistema de Transmisión Satelital Flyaway1 perteneciente a la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV) de una manera eficiente, y sin comprometer la calidad del servicio de transporte de señales de video compuesto prestado actualmente.
- Con los Módems Satelitales Banda-L con Multiplexor Versátil P310VMUX es posible ofrecer servicios de hasta 8 canales de voz, y un puerto Ethernet para la transmisión de datos. Al trabajar a una velocidad de transmisión máxima de 2.048 Mbps cada uno, y al usar una modulación QPSK, se ajusta el espectro de estos servicios dentro del ancho de banda de 4 MHz disponible para la telefonía y datos.

- Es posible aumentar la tasa de información que se transmite dentro del ancho de banda disponible para los servicios de telefonía y datos (4 MHz) utilizando otros equipos con capacidad de transmitir a velocidades mayores de 2.048 Mbps y usando otros tipos de modulación como 8PSK o 16QAM. Debe tenerse siempre presente que se incrementa la mínima relación señal a ruido requerida en los sistemas receptores al aumentar la cantidad de información que se transmite dentro de un mismo ancho de banda.
- La codificación de canal de voz que mejor desempeño mostró durante la ejecución de estas pruebas fue la Netcode a 9.6Kbps, la cual presenta una calidad de las señales de voz transmitidas satisfactoria, y además una ocupación menor del ancho de banda en comparación con otros tipos de codificación disponibles. Esto deja espacio para mayores velocidades de transmisión a través del puerto Ethernet para los servicios de transmisión de datos e Internet.
- El diseño implementado para las pruebas trabaja con las portadoras del subsistema de electrónica y del de comunicaciones a la entrada del *upconverter* final en banda L. Es posible trabajar de manera similar con el diseño que trabaja en IF. Todo esto en función de los equipos con los que se disponga a la hora de implementar el sistema final y de las preferencias de quien la realice.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio en profundidad sobre los posibles efectos que podrían originar los productos de intermodulación a la hora de combinar las distintas portadoras de trabajo. De esta manera se puede tener una mejor base a la hora de seleccionar el diseño a implementar (ya sea el diseño en banda L o en IF).
- Se recomienda realizar estudios más profundos en relación al comportamiento en operación de los 8 canales telefónicos, y el tipo de codificación utilizado para garantizar calidad del servicio (QoS) a la hora de ofrecer estos a un cliente.
- Se debe contemplar y estudiar la posibilidad de ofrecer servicios basados en tecnologías IP, como por ejemplo VoIP, a través del puerto Ethernet del equipo Modem. Al mismo se puede conectar un hub o un router y es posible ofrecer una ampliación de los servicios por medio de estos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wikipedia. Órbita geosíncrona. EN:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rbita\\_geos%C3%ADncrona](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rbita_geos%C3%ADncrona) - Resumen en Línea [Consulta: 2007, Diciembre].
- [2] Rec. UIT-R SNG. 770-1. Procedimientos operativos uniformes para el periodismo electrónico por satélite (SNG). p.p. 3.
- [3] Higgins, J. Introduction to SNG and ENG microwave, EE.UU.: Elsevier Focal Press, 2004. p.p. 114-117.
- [4] Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición. México: Pearson Educación, 2003. p.p. 805-821.
- [5] Peredo A, Sergio. Software para análisis del presupuesto de enlace para comunicaciones vía satélite. EN:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo3.pdf) - México, 2004. p.p. 8-12 [Consulta: 2008, Marzo]
- [6] Fernandez, Luis. Difusión y Multimedia, Clase Número 04. Presentación en PowerPoint. Venezuela. 2008.
- [7] AudioCodes. Analyzing COMSAT Test Results for Voice Quality. EN:  
<http://www.audiocodes.com/objects/NetCoder.pdf> - EE.UU. p.p. 3 [Consulta: 2008, Febrero]

[8] Wikipedia. Antena. EN: <http://es.wikipedia.org/wiki/Antena#Offset> - Resumen en Línea [Consulta: 2008, Enero].

## **BIBLIOGRAFÍA**

Higgins, J. Introduction to SNG and ENG microwave, EE.UU.: Elsevier Focal Press, 2004.

Higgins, J. Satellite Newsgathering - EE.UU.: Elsevier Focal Press, 2004.

Green, J.H. The Irwin Handbook of Telecommunications Management, 3ra Edición - EE.UU.: McGraw-Hill, 2001.

Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición. México.: Pearson Educación, 2003.

Continental Microwave Limited. Technical Manual for Dual SNG System C/Ku Venezuela. Issue 2. Bedfordshire. 1997.

Continental Microwave Limited. System Description for the SNG-60/140DT Flyaway Satellite Uplink Terminal for C and Ku Bands. Bedfordshire. 1997.

Scientific Atlanta. Installation and Operation Guide, PowerVu Plus Model D9380A Digital Video Modulator. Canada. 1999.

Scientific Atlanta. PowerVu Model D9130 Digital Video Multiplexer Operation Guide. Canada. 1996.

Scientific Atlanta. PowerVu Model D9110 Digital Video Encoder Operation Guide. Canada. 1996.

Scientific Atlanta. PowerVu Command Centre 1000 Control System v4.00 User Guide. Canada. 1997.

Paradise Datacom. Installation & Operating Handbook for P300 Series Satellite Modems (including P310 L-Band and Turbo FEC options). Inglaterra. 2003.

Vocality International. V100 Integrated Multiplexer Technical Supplement. Inglaterra. 2003.

Vocality International. V100 Versatile Multiplexer and V100 Compact Multiplexer Technical Manual. Inglaterra. 2003.

Rec. UIT-R SNG. 770-1. Procedimientos operativos uniformes para el periodismo electrónico por satélite (SNG).

Rec. UIT-R SNG. 1421. Parámetros de funcionamiento común para la interoperabilidad en la transmisión del periodismo electrónico por satélite por televisión digital.

Rec. UIT-T G.711. Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.

Rec. UIT-T G.723.1. Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedios a 5.3 y 6.3 kbit/s.

Rec. UIT-T G.726. Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s.

Rec. UIT-T G.727. Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa y (MICDA) jerarquizada con 5, 4, 3 y 3 bits por muestra.

Rec. UIT-T G.729. Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.

Peredo A, Sergio. Software para análisis del presupuesto de enlace para comunicaciones vía satélite. EN:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo3.pdf) - México, 2004. [Consulta: 2008, Marzo]

Wikipedia. Órbita geosíncrona. EN:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rbita\\_geos%C3%ADncrona](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rbita_geos%C3%ADncrona) - Resumen en Línea [Consulta: 2007, Diciembre].

Wikipedia. Antena. EN: <http://es.wikipedia.org/wiki/Antena#Offset> - Resumen en Línea [Consulta: 2008, Enero].

## GLOSARIO

**AES/EBU:** es una interfaz de comunicación estandarizada pensada para transmitir en tiempo real señales digitales de audio, sin compresión entre dispositivos de audio preparados para ello; también es conocida como AES3.

**ASI:** Asynchronous Serial Interface, o Interfaz Serial Asíncrona.

**Azimut:** El ángulo de azimut se define como el ángulo horizontal de una antena terrestre, tomando como referencia al norte como 0°.

**Bit Rate:** Tasa de Bit, es la velocidad de transmisión de cada bit.

**CML:** Continental Microwave Limited.

**dBW:** Unidad de decibel referenciada a un Watt. Expresa unidades de decibel por encima de 1 W. Por ejemplo,  $X \text{ (dBW)} = 10 \log (X / 1W)$ .

**DCE:** Data Circuit Equipment.

**DHCP:** Dynamic Host Configuration Protocol. Es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente.

**Downlink:** Enlace de bajada.

**DSNG:** Digital Satellite Newsgathering. Periodismo Electrónico Digital por Satélite.

**DTE:** Data Terminal Equipment.

**DTH:** Direct to the Home. Se refiere a servicios Directo al Hogar.

**DVB:** Digital Video Broadcasting. Es una organización que promueve estándares aceptados internacionalmente de televisión digital, en especial para HDTV y televisión vía satélite, así como para comunicaciones de datos vía satélite.

**E&M:** Tipo de señalización analógica, comúnmente conocida como 'Ear and Mouth'.

**Elevación:** El ángulo de elevación se define como la apertura entre el plano horizontal y la señal electromagnética radiada por la antena.

**ETSI:** European Telecommunications Standards Institute o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones. Es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.

**FXO:** Puerto de 2 cables, conectado a un puerto de extensión PBX.

**FXS:** Puerto de 2 cables, interfaz conectada al teléfono.

**Gateway:** es un dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino. Es normalmente un equipo informático configurado para hacer posible a las máquinas de una red local (LAN) conectadas a él de un acceso hacia una red exterior.

**GRX:** Global Receive Clock. Reloj Global de Recepción.

**GTX:** Global Transmit Clock. Reloj Global de Transmisión.

**HDTV:** High Definition Television. La televisión de alta definición es uno de los formatos que se caracteriza por emitir las señales televisivas en una calidad digital superior a los demás sistemas (NTSC, SECAM, PAL).

**HPA:** High Power Amplifiers. Amplificador de alta potencia.

**IP:** Internet Protocol. El Protocolo de Internet es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

**LAN:** Local Area Network. Una red de área local es la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de hasta 100 metros. Su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc.

**LNB:** Low Noise Block. El Bloque Amplificador de Bajo Ruido es un dispositivo utilizado en la recepción de señales procedentes de satélites. Situado en la antena parabólica, tiene la función de recibir o captar el máximo posible de la señal proveniente del satélite, reflejada en la parábola de la antena.

**NTSC:** National Television System Committee. Es un sistema de codificación y transmisión de Televisión a color analógica. Se emplea en la actualidad en la mayor parte de América y Japón, entre otros países.

**OMT:** Las bocinas pueden transmitir ó recibir dos ondas con polarización distinta, siempre que la polarización sea ortogonal. Esto se consigue con un dispositivo llamado Acoplador Ortomodo (OMT), que es un sistema de guía de ondas en forma de T, donde por la guía principal se propagan dos modos dominantes ortogonales y cada guía adosada soporta uno de los dos modos anteriores.

**PAL:** Phase Alternating Line. Es un sistema de codificación y transmisión de Televisión a color analógica. Es de origen alemán y se utiliza en la mayoría de los países africanos, asiáticos y europeos, además de Australia y algunos países latinoamericanos.

**PBX:** Private Branch Exchange. Es cualquier central telefónica conectada directamente a la red pública de teléfono por medio de líneas troncales para gestionar, además de las llamadas internas, las entrantes y/o salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica.

**PCM:** Pulse Code Modulation. Es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

**PING:** Packet Internet Grouper. Se trata de una utilidad que comprueba el estado de la conexión con uno o varios equipos remotos por medio de los paquetes de solicitud de eco y de respuesta de eco (definidos en el protocolo de red ICMP) para determinar si un sistema IP específico es accesible en una red.

**POTS:** Plain Old Telephone Service. Conocido también como Servicio Telefónico Tradicional, se refiere a la manera en como se ofrece el servicio telefónico analógico (o convencional) por medio de cableado de cobre.

**SFS:** Servicio Fijo por Satélite. Un servicio fijo por satélite consiste en establece comunicación entre las estaciones terrenas a través de uno o varios satélites, con la característica de que las estaciones siempre permanecen fijas en el mismo punto geográfico donde se hayan instalado.

**SNG:** Satellite Newsgathering. Periodismo Electrónico por Satélite.

**Symbol Rate:** Tasa de Símbolo, se refiere a la velocidad de transmisión cada símbolo.

**TCP:** Transmission Control Protocol. Es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por ordenadores pueden usar TCP para crear conexiones entre ellos a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

**UDP:** User Datagram Protocol. Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera.

**UIT:** La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

**Uplink:** Enlace de subida.

## **ANEXOS**