

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
POSTGRADO EN ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
DIGITALES**

**EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL DIRECWAY DE  
HUGHES PARA PROVEER CALIDAD DE SERVICIO EN  
REDES IP**

Presentado por:

**Ing. Aquiles A. Leandro R.**

**Caracas, Febrero de 2006**

**DEDICATORIA**

***A mi madre, cuyo amor y cariño son la luz y la fuerza de mi vida***

***A mi viejo, que aunque no lo veo, se que está conmigo siempre.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios sobre todas las cosas por darme la fuerza para salir adelante y superar las adversidades

A mis padres por el cariño y amor que me han brindado.

Agradezco a Victoria por ser paciente frente a las dificultades que se nos han presentado.

A mis maestros y guías cuyas enseñanzas me han ayudado a ser cada día mejor ser humano.

Al Ingeniero Hermann Martínez por el apoyo incondicional que me ha brindado en todo momento.

Al Ingeniero Carlos Teixeira por darme la oportunidad de crecer profesionalmente

Al Profesor Francisco Varela por su oportuna y fundamental orientación para la elaboración de este proyecto.

A mis familiares, amigos y compañeros de trabajo que me han acompañado en esta etapa de mi vida profesional.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xx</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>xiv</b>
<b>Lista de símbolos y abreviaturas.....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>4</b>
1.1 Objetivo General.....	4
1.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcances.....	5
1.5 Situación Actual.....	6
1.6 Limitaciones.....	7
<b>CAPÍTULO II: SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES</b>	<b>8</b>
2.1. Breve reseña histórica de la evolución de los sistemas satelitales.....	9
2.2. Componentes principales de los sistemas satelitales.....	12
2.2.1. Segmento espacial.....	12
2.2.1.1. Carga Útil.....	13
2.2.1.2. Plataforma.....	16
2.2.2. Segmento terrestre.....	17

2.3. Tipos de tecnologías Satelitales.....	21
2.3.1. SCPC.....	22
2.3.2. VSAT.....	27
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÍPICOS DE LOS USUARIOS DE LOS SISTEMAS SATELITALES COMO RED DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN</b>	<b>40</b>
3.1. Características de los clientes para redes VSAT.....	41
3.2. Aplicaciones y servicios prestados por las redes VSAT.....	42
3.3. Situación actual de las redes VSAT y la tendencia futura de las aplicaciones.....	46
<b>CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA PES 5000 DE HUGHES</b>	
4.1. Visión general del sistema PES 5000.....	50
4.2. Características de la tecnología PES 5000.....	52
4.3. Componentes del sistema PES 5000.....	55
4.3.1. El Telepuerto.....	56
4.3.2. El Hub.....	57
4.3.3. Red de gestión.....	60
4.3.4. Terminales Remotas.....	61
4.4. Operación del sistema.....	65
4.4.1. Protocolo ODLC.....	66
4.4.2. Acceso satelital.....	68
4.4.2.1. Organización del enlace satelital.....	69
4.4.2.2. Descripción del Outroute y del Inroute.....	71
4.4.2.2.1. Descripción del Outroute.....	72
4.4.2.2.2. Descripción Inroute.....	75
4.5. Configuración típica de una red VSAT basada en PES 5000.....	79

4.5.1. Estudio de una red X.25 utilizando la tecnología PES 5000.....	79
--	----

**CAPÍTULO V: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DIRECWAY DE HUGHES** 85

5.1. Visión general del sistema Direcway.....	85
5.2. Características de la tecnología Direcway.....	88
5.3. Componentes del sistema Direcway.....	92
5.3.1. El Hub Direcway.....	93
5.3.2. Red de gestión (Network Management System o NMS).....	97
5.3.3. Terminales remotas.....	99
5.3.3.1. Equipamiento externo.....	99
5.3.3.2. Equipamiento Interno (IDU).....	102
5.4. Operación del sistema.....	111
5.4.1. Organización del enlace satelital.....	113
5.4.1.1. Organización de las tramas bajo MPEG-2 y DVB-S.....	113
5.4.1.2. Descripción del Outroute.....	118
5.4.1.3. Descripción del Inroute.....	121
5.5. Configuraciones de redes típica para el sistema Direcway.....	129
5.5.1. Acceso a Internet de un Cyber café.....	129
5.5.2. Acceso corporativo a Internet/intranet y servicios de voz....	131

**CAPÍTULO VI : ESTUDIO COMPARTIVO DE LAS TECNOLOGÍAS PES 5000 Y DIRECWAY** 133

6.1. Equipamiento.....	133
6.2. Manejo de los protocolos y de las tramas a nivel de la capa de enlace de datos.....	136

6.3. Comparaciones a nivel de la capa de red o capa 3.....	138
6.4. Gestión y control de las remotas del sistema.....	140
6.5. Puesta en marcha de los sitios remotos. Comisionamiento.....	142
6.6. Implementación de aplicaciones y servicios de capas superiores..	143
<b>CAPÍTULO VII : PRUEBAS BÁSICAS DE DESEMPEÑO</b>	<b>147</b>
7.1. Prueba de tráfico de datos para la tecnología PES 5000.....	147
7.1.1. Descripción de la remota utilizada para las prueba de los puertos seriales RS232 y del puerto Ethernet 10baseT.....	147
7.1.2. Descripción de la prueba para los puertos RS232 de PES 5000.....	151
7.1.2.1. Procedimientos y resultados obtenidos.....	151
7.1.3. Descripción de prueba para puerto Ethernet.....	159
7.1.3.1. Procedimientos y resultados obtenidos.....	160
7.2. Prueba de tráfico de datos para una remota Direcway.....	161
7.2.1. Descripción de la remota.....	161
7.2.2. Descripción de la prueba de acceso http.....	162
7.2.2.1. Procedimientos y resultados obtenidos.....	163
7.2.3. Descripción de prueba de FTP.....	166
7.2.3.1. Procedimientos y resultados obtenidos.....	167
7.3. Comentarios y particularidades observados en las pruebas a las tecnologías estudiadas.....	168
7.3.1. Comentarios y particularidades observados en las pruebas a la tecnología PES 5000.....	168
7.3.2. Comentarios y particularidades observados en las pruebas a la tecnología Direcway.....	169
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>171</b>

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>174</b>
<b>MANUALES TÉCNICOS.....</b>	<b>175</b>
<b>REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>177</b>
Anexo I: Especificaciones técnicas de DW6000.....	178
Anexo II: El Protocolo IP.....	179
Anexo III: Servicio de Dominio de Nombre o DNS (Domain Name Server)..	187
Anexo IV: Protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP).....	188
Anexo V: MPEG-2.....	190
Anexo VI: La norma DVB-S (Digital Video Broadcasting) .....	193



## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II: COMUNICACIONES SATELITALES

Figura II-1	Diagrama de bloques de la carga útil de un satélite.....	14
Figura II-2	Diagrama de bloques del receptor de banda ancha del satélite.....	15
Figura II-3	Diagrama de bloques de una estación terrestre de alta capacidad.....	18
Figura II-4	Convertidor de subida/bajada marca Codan con SSPA y amplificador de bajo ruido.....	20
Figura II-5	Modem satelital marca Comtech modelo SDM 300A.....	
Figura II-6	Diagrama de un enlace satelital SCPC entre dos puntos remotos.....	25
Figura II-7	Diagrama de bloques de los elementos mas importantes en una estación remota de un sistema SCPC.....	25
Figura II-8	Modelo de un enlace satelital VSAT.....	29
Figura II-9	Red de difusión de señales de video/TV.....	31
Figura II-10	Diagrama de red VSAT bidireccional de datos/Internet/Telefonía.....	32
Figura II-11	Principio de la técnica de acceso FDMA.....	36
Figura II-12	Principio de la técnica de acceso TDMA.....	37
Figura II-13	Principio de la técnica de acceso CDMA.....	38

### CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA PES 5000 DE HUGHES

Figura IV-1	Modelo básico de una red VSAT PES 5000.....	51
-------------	---	----

Figura IV-2	Modelo de ODU PES 5000 versión 2 de 1 vatio de potencia y con polarización vertical.....	62
Figura IV-3	Visión Frontal y Posterior de una IDU PES 5000.....	65
Figura IV-4	Protocolo ODLC con respecto al Modelo de referencia ISO/OSI.....	66
Figura IV-5	Disposición de las señales del Outroute y del Inroute...	69
Figura IV-6	Formato de la super trama del Outroute.....	72
Figura IV-7	Formato de las tramas que componen al Outroute.....	73
Figura IV-8	Formato del bloque de paquetes de datos que son transportados dentro del protocolo ODLC.....	74
Figura IV-9	Formato final de la super trama del Inroute.....	76
Figura IV-10	Formato de la trama del inroute.....	76
Figura IV-11	Red X.25 típica basada en la tecnología PES 5000.....	80
Figura IV-12	Procesamiento de protocolo X.25 según PES 5000.....	81
Figura IV-13	Diagrama de los elementos mas importantes de un sitio remoto en una red bancaria de cajeros automáticos.....	82
Figura IV-14	Diagrama de bloques de una red de datos X.25 soportada en la tecnología PES 5000.....	82

## **CAPÍTULO V: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DIRECWAY DE HUGHES**

Figura V-1	Configuración simple de una red Direcway utilizando el modelo DW6000.....	87
Figura V-2	Formato de transporte de paquetes dentro de MPEG-2.	89
Figura V-3	Diagrama de bloques de los componentes del NOC de Direcway.....	96
Figura V-4	Pantalla del DMN Vision por medio de la cual se configura el Satellite Gateway (SGW) .....	98

Figura V-5	Diagrama de conexión de cables para transmisión y recepción de la ODU.....	100
Figura V-6	Modelos de antenas satelitales para Direcway circulares (izquierda) y elípticas (derecha) .....	101
Figura V-7	Foto de una ODU con una bocina rectangular.....	102
Figura V-8	Vista frontal de la IDU DW6000 de Direcway.....	102
Figura V-9	Operación de la funcionalidad de TCP spoofing.....	106
Figura V-10	Operación de la funcionalidad de ACK Reduction.....	106
Figura V-11	Modelo de referencia de la arquitectura MPEG-2/DVB..	116
Figura V-12	Proceso de empaquetamiento de la información dentro de MPE para luego ser segmentado y convertido en celdas de tamaño fijo.....	118
Figura V-13	Campos que componen al datagrama de sección encriptado.....	119
Figura V-14	Encapsulación de celdas dentro de la trama MPEG-2 para ser transportadas en la portadora de outroute.....	120
Figura V-15	Campos que componen al paquete transportado en el Outroute.....	120
Figura V-16	Proceso de encapsulamiento de los datos de las capas superiores para conformar el Superframe del inroute....	123
Figura V-17	Formato de paquete de Inroute para el método de acceso slotted Aloha.....	126
Figura V-18	Formato de paquete de Inroute para el método de acceso.....	126
Figura V-19	Vista del proceso de asignación de ancho de banda del Inroute.....	127
Figura V-20	Diagrama de los elementos mas importantes que conforman a un sistema de transporte para Internet para un Cyber café.....	130

Figura V-21	Diagrama de los elementos mas importantes que conforman a un sistema de transporte para una sucursal de un cliente con acceso a Internet, intranet y servicios de voz.....	132
-------------	--	-----

## **CAPÍTULO VI : ESTUDIO COMPARTIVO DE LAS TECNOLOGÍAS PES 5000 Y DIRECWAY**

Figura VI-1	Parte posterior de la IDU de PES 5000 (izquierda) y parte posterior de la DW6000 de Direcway (derecha)...	135
Figura VI-2	Indicadores externos de la IDU DW6000 (izquierda) y de la IDU de PES 5000 (derecha), vista frontal.....	136
Figura VI-3	Foto de una de las pantallas de la consola del Hub PES 5000.....	140
Figura VI-4	Pantalla de selección de modo de operación de la IDU PES 5000 por medio del Diu editor.....	141
Figura VI-5	Pantalla de configuración de la IDU DW6000 por medio del Internet Explorer.....	141
Figura VI-6	Diagrama de configuración de voz sobre IP utilizando la tecnología Direcway.....	145

## **CAPÍTULO VII : PRUEBAS BÁSICAS DE DESEMPEÑO**

Figura VII-1	Fotos de los equipos utilizados para las pruebas de desempeño de la tecnología PES 5000.....	148
Figura VII-2	Diagrama de conexiones realizadas para la prueba de tráfico de datos serial de la tecnología PES 5000.....	149
Figura VII-3	Configuración seleccionada para el monitoreo del tráfico de la remota.....	150

Figura VII-4	Foto del banco de prueba instalado para realizar las mediciones.....	151
Figura VII-5	Pantalla del Analizador de protocolos para observar el tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU.....	152
Figura VII-6	Pantalla del Analizador de protocolos del tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU orientado a la capacidad de procesamiento del sistema (throughput).....	153
Figura VII-7	Pantalla del Analizador de protocolos del tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU para cuatro sesiones PING de paquetes de 1400 bytes cada uno.....	154
Figura VII-8	Pantalla del Analizador de protocolos para observar el tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU para cuatro sesiones PING de paquetes de 1400 bytes cada uno, orientado a la capacidad de procesamiento del sistema. ....	155
Figura VII-9	Capacidad de procesamiento máxima del sistema (rendimiento) .....	156
Figura VII-10	Inicio de saturación del Inroute al abrir una quinta sesión PING con paquetes de 1400 bytes con un time out de 3 segundos.....	156
Figura VII-11	Saturación del Inroute al abrir una quinta sesión PING con paquetes de 1400 bytes con un time out de 3 segundos donde ya no se recibe respuesta del Hub	157
Figura VII-12	Suspensión de remota por parte del Hub por alto consumo de recursos.....	158

Figura VII-13	Diagrama de conexiones realizadas para la prueba de tráfico de datos por el puerto ethernet 10baseT de la tecnología PES 5000.....	159
Figura VII-14	Fotos de los equipos utilizados para las pruebas de desempeño de la tecnología Direcway.....	161
Figura VII-15	Configuración de la remota por vía Telnet de las coordenadas geográficas del sitio donde se efectuaron las pruebas.....	162
Figura VII-16	Foto del banco de prueba utilizado para el acceso HTTP.....	163
Figura VII-17	Múltiples sesiones a páginas web utilizando un Outroute de 128 Kbps.....	166

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II: COMUNICACIONES SATELITALES

Tabla II-1	Asignación de frecuencias utilizadas en comunicaciones satelitales.....	22
------------	---	----

### CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA PES 5000 DE HUGHES

Tabla IV-1	Ejemplo de las configuraciones de polarización de algunos satélites.....	54
------------	--	----

### CAPÍTULO V: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DIRECWAY DE HUGHES

Tabla V-1	Relación de la velocidad del inroute con el ancho efectivo utilizado.....	128
-----------	---	-----

### CAPÍTULO VII : PRUEBAS BÁSICAS DE DESEMPEÑO

Tabla VII-1	Velocidades de acceso a la dirección web <a href="http://www.bancomercantil.com">www.bancomercantil.com</a> en función del número de intentos consecutivos con un Outroute de 128 Kbps.....	164
Tabla VII-2	Velocidades de acceso a la dirección web <a href="http://www.bancomercantil.com">www.bancomercantil.com</a> en función del número de intentos consecutivos con un Outroute de 256 Kbps.....	165
Tabla VII-3	Resultados de descargas de un archivo de 1,3 MB de un servidor FTP en Internet.....	167
Tabla VII-4	Resultados de descargas de un archivo de 5,5 MB de un servidor FTP en Internet.....	167

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ACK: reconocimientos positivos.

ATM: Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncronico

ARQ: Automatic Repeat request, Solicitud Automática de Repetición

BCD: Burst Channel Demodulators, Demoduladores de Canales de Ráfagas.

BPSK: Binary Phase-Shift Keying, Modulación por Desplazamiento de Fase Bivalente

BSC: Binary synchronous Communications, Comunicación Sincrónica Binaria

CAC: Conditional Access Control, Control de Acceso Condicional.

CBR: Constant Bit Rate, Tasa Constante de Bits.

CRC: Cyclic Redundancy Check, Códigos de Redundancia Cíclica

CS: Common Subsystem, Subsistema Común

DCE: Data communication equipment, Equipo de comunicaciones de datos

DES: Data Encryption Standard, Estadar de encriptacion de Datos

DHCP: Dinamic Host Configuration Protocol, Protocolo de Configuración Dinamica de Servidores

DMN Vision: Direcway Multimedia Network Vision

DNCC: Direcway Network Control Cluster, Contenedor del Control de la Red Direcway.

DNS: Domain Name Server, Servidor de Dominios de Nombres

DPC: Data Port Cluster, Contenedor de los puertos de datos

DTE: Data Terminal Equipment, Equipamiento de Terminal de Datos

DVB: Digital Video Broadcast, Difusión de Video Digital.

FEC: Forward Error Correction, Corrección de errores hacia adelante

FTP: File Transfer Protocol, Protocolo de transferencia de Archivos



HDLC: High-level Data Link Control, Control de Enlace de Datos de Alto nivel  
HTTP: Hyper Text Transfer Protocol, Protocolo de transferencia de Hipertexto  
HTML: Hyper Text Markup Language , Hyper Texto o Texto Enriquecido.

ICMP: Internet Control Messaging Protocol, Protocolo de mensajes de control de Internet

IDU: indoor unit, Unidad Interna

IF: Intermediate Frequency, Frecuencia Intermedia

IFL Interfacility Link, Enlace entre Localidades

IP: Internet Protocol, Protocolo de Internet

IPC: Integrated Port Cards, Tarjetas de Puertos Integradas.

IPGW: IP Gateway, Pasarela IP.

IRU: Indoor Receive Unit, Unidad Interna de Recepción

ISP: Internet Service Provider, Proveedor de Servicios de Internet.

ISO: International Standards Organization, Organización de Estándares Internacionales.

ITU: Indoor Transmit Unit, Unidad de transmisión Interna.

LAP-B: Link Access Procedure Balanced, Procedimiento de Control de acceso Balanceado.

LHCP: Left Hand Circular Polarized, Polarización circular mano izquierda

LNB: Low-noise block Converter, Bloque Convertidor de bajo ruido

LQT: Link Quality Test, Prueba de Calidad del Enlace

MPE: Multiprotocol Encapsulation, Encapsulación de Multi-protocolo

MPEG: *Motion Picture Expert Group*. Es un estándar para la decodificación y descompresión de imágenes y sonidos digitales en archivos muy grandes. El MPEG-1 (Audio Layer 3) está estrechamente vinculado al MP3. El MPEG-2 es utilizado fundamentalmente por las tecnologías de discos DVD

NAPT: Network Port Address Translation, Traducción de Direcciones de Puertos de Red

NAT: Network Address translation, Traducción de Direcciones de Red.

NCC: Network Control Processor, Procesador de Control de Red

NMS: Network Management System, sistema de Gestión de Red

NOC: Network operation controller, Controlador de las operaciones de Red.

ODLC: Optimun Data Link Controller, Controlador de Enlace de Datos Óptimo

ODU: Outdoor Unit, Unidad Externa.

OSI: Open System Interconnection, Interconexión de sistemas abiertos

PEP: Proxy Enhancing Performance, Proxy Mejorador del Comportamiento de

PID: Packet Identifier, Identificador de Paquete.

PING: *Packet internet Groper*. Búsqueda de Direcciones de Internet

PLC: Port Level Conversion Module, Modulo de Conversión de Niveles de Puerto.

PPP: *Point-to-Point Protocol*. Protocolo Punto-a-Punto.

PSTN: Play Simple Telephone Network, Red Simple de Telefono.

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying, Modulación de Fase en Cuadratura

RF: Radio Frequency, Radio Frecuencia

RHCP: Right Hand Circular Polarized, Polarización circular mano derecha

RIP: Routing Information Protocol, Protocolo de Información de Enrutamiento

RTP: Real Time Protocol, Protocolo de Tiempo Real

RPC: Remote Procedure Call, Llamada Remota de Procedimiento.

SBB: Subsistema Banda Base

SCP: System Control Processor, Procesador de Control del Sistema

SCPC: Single Channel per Carrier, Portadora Simple por Canal  
SDLC: Synchronous Data Link Control, Control de enlace de datos sincrónico  
SGW: Satelital Gateway, Pasarela Satelital.  
SLIP: Serial Link Internet Protocol, Protocolo de Línea Serial Internet  
SNA: System network Arquitectura, Arquitectura de Red de Sistemas.  
SNMP: Simple Network Management Protocol, Protocolo de Gestión de red simple  
SNMS: System Network Management Subsystem, Subsistema de Gestión del Sistema de Red  
SRF: Subsistema de Radio Frecuencia

TCP: Transmission Control Protocol, Protocolo de Control de Transmisión  
TCP/IP: Transport Control Protocol/Internet Protocol (Protocolo de control de transmisión / Protocolo entre redes).

Ts: Time spot, Ranura de Tiempo

UDP: User Datagram Protocol, Protocolo de Datagramas de Usuario.  
UPS: Uninterruptible Power Supply, Sistemas Ininterrumpibles de Potencia

VPC: Voice Port Cluster, contenedor de puertos de voz  
VPN: Virtual Private Networks, Red Privada Virtual.  
VOC: Virtual Operator Console, Consola de Operador Virtual.  
VoIP: Voice over IP, Voz sobre IP.  
VSAT: Very Small Aperture Terminal, Terminal de Apertura muy Pequeña

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
**POSTGRADO EN ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES**  
**DIGITALES**

**EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL DIRECWAY DE**  
**HUGHES PARA PROVEER CALIDAD DE SERVICIO EN REDES IP**

Autor: Ing. Aquiles A. Leandro R.      Tutor: Prof. Francisco Varela

Febrero de 2006

**RESUMEN**

En el siguiente proyecto se realiza una evaluación de la tecnología satelital DirecWay de Hughes para proveer calidad de servicio en redes IP. Para esto, en primer lugar se hace un estudio de las necesidades comunicacionales más importantes de los clientes que utilizan las redes VSAT como medio de transporte de su información, de esta forma, se plantea un perfil básico de los requerimientos más importantes de velocidades de acceso y de desempeño que los clientes esperan.

También se estudian los aspectos más relevantes de las tecnologías satelitales PES 5000 y Direcway, ambas de Hughes Network, con la finalidad de plantear las diferencias y similitudes que estas presentan, con la meta de determinar cual se ajustaría mejor a las exigencias y necesidades de los clientes que utilizan a estos sistemas de transporte de información. Finalmente se realizan pruebas básicas de desempeño a dichas tecnologías en un ambiente de laboratorio, simulando las condiciones a las cuales serán sometidas en los sitios de los clientes, para así comprobar las funcionalidades que cada una presenta.

Como resultado de este estudio se ofrece un soporte teórico y práctico para la selección de la tecnología satelital más adecuada en función las necesidades de los clientes.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo especial de grado se presenta una evaluación de la tecnología satelital Direcway de Hughes para proveer calidad de servicio en redes IP, con el cual se pretende dar un aval teórico y práctico para la toma de decisión a la hora de implementar esta tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminal, Terminal de Apertura muy Pequeña). Esto es, considerando las necesidades y requerimientos de los clientes que utilizan estos sistemas como soporte para el tráfico de su información.

El sistema Direcway está orientado a satisfacer principalmente las necesidades de acceso a Internet, es por esta razón por la que gran parte de sus funcionalidades están orientadas al protocolo IP, en especial a TCP/IP. No obstante, una de las ventajas más notables de las redes VSAT es la capacidad de manejar múltiples protocolos en los sitios de los clientes, ya que el desempeño de la red satelital no se ve afectado por las aplicaciones que este ejecute, esto es motivado a que los protocolos de capas superiores son transparentes a la red de transporte. Un ejemplo notable de lo mencionado anteriormente es la tecnología PES 5000 de Hughes Network, la cual es capaz de manejar en los puntos remotos un gran número de protocolos, tales como X.25, Ethernet, SDLC, entre otros.

La propuesta de Hughes Network, como respuesta al creciente número de servicios y aplicaciones de alta velocidad soportadas en redes IP fue la tecnología Direcway, de forma tal, que las funcionalidades del sistema estén dirigidas a este protocolo.

Tomando en cuenta que el sistema PES 5000 es una de las tecnologías de transporte de información de mayor implementación a nivel mundial y cuyo

modo de operación ilustra adecuadamente a los sistemas VSAT, en este trabajo, se hace un estudio de sus características más importantes con la finalidad de tener un punto de comparación para la evaluación de la tecnología Direcway y de esta forma poder determinar cuales son las mejoras que dicha tecnología le ofrece a los clientes y a los proveedores de servicios.

También se realiza un estudio del escenario actual de las comunicaciones satelitales en lo relativo a las necesidades de los clientes y a las respuestas que el proveedor de tecnología Hughes Network propone, con la finalidad de evaluar la tecnología Direcway para su posible implementación.

Para lograr los objetivos, este trabajo se estructuro en siete capítulos. El Capítulo I se refiere al PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, donde se establecen de manera clara y precisa las incidencias del problema; además junto a éste se enuncian la justificación, los objetivos (general y específicos), el alcance y las limitaciones.

El Capítulo II presenta los conocimientos básicos acerca de los sistemas satelitales así como un breve resumen de los aspectos más importantes del protocolo IP.

En el Capítulo III, se describen los requerimientos típicos de los usuarios de los sistemas satelitales, esto con la finalidad de tener demarcado cuales son las necesidades mas importantes de los clientes en lo relativo al transporte y al manejo de su información.

En el capitulo IV, se hace un estudio de la tecnología PES 5000 donde se exponen las características mas importantes de este sistema.

Para el Capítulo V se presenta un estudio de los aspectos más resaltantes de tecnología Direcway. Con estos dos puntos, en el capítulo VI se plantean las diferencias y similitudes más relevantes que tienen estas dos tecnologías satelitales.

Finalmente en el capítulo VI se muestran los procedimientos y resultados de las pruebas de desempeño a las cuales se sometieron las tecnologías anteriormente estudiadas.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar las características de implementación y de operación de la tecnología satelital Direcway de Hughes Network para prestar calidad de servicio en redes soportadas en el protocolo IP.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estudiar los requerimientos actuales de velocidades de acceso y de desempeño de los servicios prestados por las redes satelitales.
- ✓ Analizar las ventajas y desventajas que la tecnología Direcway ofrece en comparación con la tecnología PES 5000.
- ✓ Definir los elementos y dispositivos necesarios para la implementación de la tecnología Direcway.
- ✓ Realizar pruebas de comportamiento y de desempeño del sistema Direcway

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto de investigación está orientado a prestar los conocimientos más importantes relacionados con las redes VSAT, en especial para ofrecer un soporte técnico-teórico del modo de operación de la tecnología Direcway.



Con este trabajo se pretende dar los lineamientos más importantes del funcionamiento de este sistema, enfocándose en la operación de los componentes de la red así como las ventajas y desventajas obtenidas al migrar a la plataforma del sistema Direcway, de forma tal, que sirva de ayuda para la toma de decisión en caso de requerirse migrar hacia esta tecnología.

La finalidad de este estudio es que dicha decisión esté basada en fundamentos técnicos y teóricos, y no solamente en la propuesta comercial de los proveedores de la tecnología.

#### **1.4. ALCANCES**

Este estudio no pretende abarcar una evaluación profunda de los programas necesarios para la puesta en marcha del sistema, así como del equipamiento necesario a nivel de telepuerto ni entrar en detalle acerca de la composición y funcionamiento de los Hubs de ambas tecnologías. Las pruebas serán realizadas en un ambiente de laboratorio, con remotas que simularan los requerimientos de los clientes.

Aunque no se desarrollarán en detalle los elementos de la red en su totalidad, se tocarán algunos puntos de interés, con lo cual se podrá dar una visión global del comportamiento del sistema, de forma tal que los resultados obtenidos en este proyecto sirvan como aval para la migración de la tecnología PES 5000 a la Direcway, sin embargo, no debe ser considerado una guía de pasos a seguir para lograr dicha transición, para ello, un estudio más exhaustivo es necesario para el desarrollo de manuales técnicos de implantación y de instalación de dicha tecnología.

## **1.5. SITUACION ACTUAL**

El amplio crecimiento de la Internet ha traído como consecuencia el surgimiento de una infinidad de recursos, aplicaciones y servicios disponibles para todo público, convirtiendo a esta como la era de la información.

Esta orientación de los sistemas hacia un protocolo estándar como el IP ha hecho que aquellas redes que no se ajusten a dicho protocolo se vayan desechando, o en el mejor de los casos, disminuyendo su operatividad, en vista de que no son aptas para soportar estas nuevas aplicaciones.

Esta situación toca, de forma particular, a los sistemas de transporte de información, ya que estos deben ser el medio sobre el cual IP y todos los protocolos, aplicaciones y servicios que en el reposen, sean llevados a sus destinos finales.

Para el caso de las redes VSAT, este es un punto de suma importancia, ya que una de las ventajas que proporcionó este tipo de tecnología de transporte, desde su concepción, es la capacidad de ajustarse a los requerimientos del cliente, sean cuales sean los protocolos que estos manejasen ya que para esta red de transporte, estos eran transparentes. No obstante, aunque han tenido un gran éxito, se han visto limitados en la prestación de servicios de Internet a alta velocidad, esto es debido a que sus procesos internos para el manejo de los datos no son los más adecuados para el manejo de protocolos como IP y por ende a la Internet.

Como respuesta a esta dificultad, los proveedores de tecnología VSAT han buscado como ajustar las funcionalidades de IP con el modo de operación de sus equipos. Uno de los resultados de estos estudios es la tecnología Direcway de la empresa Hughes Network, con la cual pretenden solventar la problemática

que hay en el transporte de información por medio de enlaces satelitales a altas velocidades y a costos accesibles, particularmente orientado a la prestación del servicio de Internet de banda ancha.

## **1.6. LIMITACIONES**

En vista de no poder tener acceso a las áreas que albergan a los componentes del Hub Direcway y del Hub de PES 5000, es posible que se requiera de un estudio complementario al presentado en este trabajo para poder dar una evaluación más completa al sistema Direcway.

Es importante destacar que el acceso a los recursos para la realización de las pruebas es limitado, así como también, la instrumentación con la que se cuenta para realizar las pruebas de desempeño no es de última generación. Por lo cual para un análisis mas detallado del comportamiento y rendimiento de las tecnologías se requiere un estudio que este orientado a dar estos resultados específicos.

## **CAPÍTULO II**

### **SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES**

En el amplio mundo de las telecomunicaciones, los sistemas satelitales conforman una pieza fundamental para lograr el intercambio de información y la transferencia de datos a nivel mundial.

Aunque muchas veces son considerados como una opción “costosa”, desde el punto de vista económico, en comparación con otros sistemas de transmisión (fibra óptica, radio enlaces, ADSL, etc.), las comunicaciones satelitales son de suma importancia, en especial para aquellos casos donde el acceso físico a los predios del cliente son complicados o difíciles, por lo que, las otras opciones no tienen presencia. Es por esto que gran parte de su éxito se debe a la capacidad de prestar servicios a nivel empresarial, donde una empresa puede integrar y comunicarse con todos sus sitios remotos sin importar el lugar físico donde estén.

En los últimos años, de las diferentes tecnologías satelitales disponibles en el mercado, el concepto de VSAT (Very Small Apertura Terminal, Terminal de apertura muy pequeña) ha permitido que la implementación de redes basadas en sistemas satelitales sean más accesibles, y por ende los costos de las mismas disminuyan.

En otro orden de ideas, en el mundo de las redes de paquetes y de computadoras, el soporte fundamental para la comunicaciones de datos (y consecuentemente la integración con los sistemas de voz o telefonía), es el protocolo de Internet IP (Internet Protocol, Protocolo de Internet), cuya

concepción fue la de interconectar redes de datos o sistemas de computadoras sin importar su ubicación física ni el medio de transmisión en el cual se soporta.

En este capítulo se muestran los conceptos fundamentales de las comunicaciones satelitales, en especial los concernientes a la tecnología VSAT, su desarrollo histórico, elementos, bandas de operación, etc.

## **2.1. Breve reseña histórica de la evolución de los sistemas satelitales**

Una de las primeras ideas que dio origen a las comunicaciones satelitales fue en 1945 cuando el físico y escritor de ciencia ficción Arthur C. Clark, en su artículo publicado en la revista Británica *Wireless World*, concibió un sistema de comunicaciones utilizando tres estaciones espaciales con cobertura global en órbita sincrónica. No obstante, para ese entonces, la tecnología necesaria para el lanzamiento de objetos espaciales no estaba desarrollada.

Casi 12 años después, en 1957, cuando se lanzó el satélite artificial Ruso Sputnik-1, se realizó la primera transmisión de ondas radioeléctricas dando origen a los sistemas de comunicaciones satelitales. Este hecho, dio inicio a la carrera espacial.

En los años subsiguientes se enviaron varios satélites al espacio, en 1958 los EE. UU enviaron los primeros satélites científicos, el Explorer I y el Score. En 1962 se lanzó el primer satélite con amplificador a base de tubos de onda progresiva (TWT, Travelling Wave Tube), el cual estuvo operativo durante 7 meses continuos.

En 1963 se constituyó la primera empresa dedicada a las comunicaciones, satelitales promovida por el gobierno de EE. UU, llamada COMSAT. En ese mismo año se expidieron las primeras reglas internacionales para las

comunicaciones satelitales. No obstante, es hasta 1964 cuando se crea la Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélites INTELSAT, cuya finalidad era lograr establecer acuerdos y regulaciones para la operación de un sistema comercial de comunicaciones con cobertura global. Posteriormente, INTELSAT se convertiría en la primera operadora de satélites del mundo.

Es en 1965 cuando se lanza el primer satélite comercial, el Intelsat I, también conocido como el *Early Bird*, cuya manufactura fue por parte de la Hughes Aircraft Company. Este satélite operaba en la banda C del espectro de frecuencias y contaba con dos transpondedores con capacidad de hasta 240 llamadas telefónicas o un canal de televisión. Este año se considera como el inicio del desarrollo de las comunicaciones comerciales vía satélite

Para Agosto de 1971, se firmaron los acuerdos definitivos de INTELSAT, y en Noviembre de ese mismo año se crea la organización internacional INTERSPUTNIK conformada principalmente por URSS y otros 9 signatarios.

El primer satélite nacional de los EE.UU fue lanzado en 1974, bajo la política de *Cielos Abiertos* la cual dio entrada a las empresas privadas de ese país a la operación y prestación de servicios a nivel nacional.

En 1976 se creó la organización internacional INMARSAT orientada principalmente para las comunicaciones marinas por medio de satélites espaciales.

En los años siguientes se establecieron muchos sistemas tanto nacionales como a nivel mundial, creándose varios sistemas internacionales de cobertura tanto regional como global.

Es en 1989 cuando se lanza el primer satélite comercial desarrollado por Hughes como principal contratista, este satélite tiene la particularidad de ser el primero en incorporar un sistema de Acceso Múltiple por División en Tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access) conmutado en el satélite, operando en la banda Ku del espectro de frecuencias.

Con el pasar de los años, la tecnología de lanzamiento de cohetes espaciales fue desarrollándose rápidamente, haciendo mejoras y ajustes en cada uno de los intentos, los cuales permitieron que también evolucionaran los servicios prestados, por ende los requerimientos del mercado fueron creciendo. Al crecer la demanda, los costos para estos sistemas disminuyeron (reducción de los costos de alquiler de los transpondedores instalados en los satélites, entre otras), convirtiendo a la tecnología satelital en una opción cada vez más atractiva en un mercado de telecomunicaciones creciente y competitivo.

Muchos de estos desarrollos se orientaron a mejorar los procesamientos en tierra de las señales, manejo digital de las señales, compresión de las mismas, etc. No obstante, la implementación de procesamiento de las señales por acceso múltiple permitió el surgimiento de las redes VSAT cuyo éxito ha sido a nivel mundial.

El acrónimo VSAT fue inicialmente una marca registrada por Telecom General de EE.UU en 1980 con la cual se referían a estaciones terrenas pequeñas, no obstante, con el pasar de los años se ha convertido en la tecnología dominante en lo referente a los sistemas satelitales ya que permite comunicaciones unidireccionales y bidireccionales entre todos los sitios remotos, con esto, se pueden tener enlaces satelitales para la prestación de servicios de televisión de cobertura nacional y regional, transmisión de datos entre diferentes sitios remotos, enlaces telefónicos de alta calidad, etc.

Aunque el crecimiento de las redes satelitales ha sido muy acelerado, en lo referente a los servicios de Internet de alta velocidad es donde se han encontrado mayores dificultades. Esto es debido al retraso experimentado por las señales de radio frecuencia como consecuencia del salto de subida y de bajada de las mismas. Sin embargo, se han ido incorporando virtudes y adelantos que permiten que los enlaces satelitales puedan prestar altas velocidades de acceso a Internet por medio de redes VSAT.

## **2.2. Componentes principales de los sistemas satelitales**

Los sistemas satelitales se pueden dividir en dos grandes segmentos: el **Segmento espacial** y el **Segmento terrestre**. A continuación se exponen las características más resaltantes de cada uno de ellos.

### **2.2.1. Segmento espacial**

El segmento espacial, además de incluir al satélite como tal, incluye a todo el equipamiento terrestre necesario para mantenerlo operacional, a estos equipos se les conoce como *Tracking, Telemetry, and Command* (TT&C) cuyo significado en español es *Telecomando, Telemetría y Comando*, no obstante, en español, el subsistema de TT&C se conoce como *TTL* por *Telecomando, Telemetría y Localización*

Un satélite de comunicaciones está compuesto por dos partes fundamentales: la **Carga útil** y la **Plataforma**

La Carga Útil de un satélite involucra todos los elementos y equipos necesarios para el establecimiento de los enlaces de comunicación entre la tierra y el satélite. Esto incluye al equipamiento destinado al procesamiento de las señales



recibidas por el arreglo de antenas receptoras, cadena de amplificadores y de atenuadores, multiplexores, demultiplexores, transpondedores, entre otros.

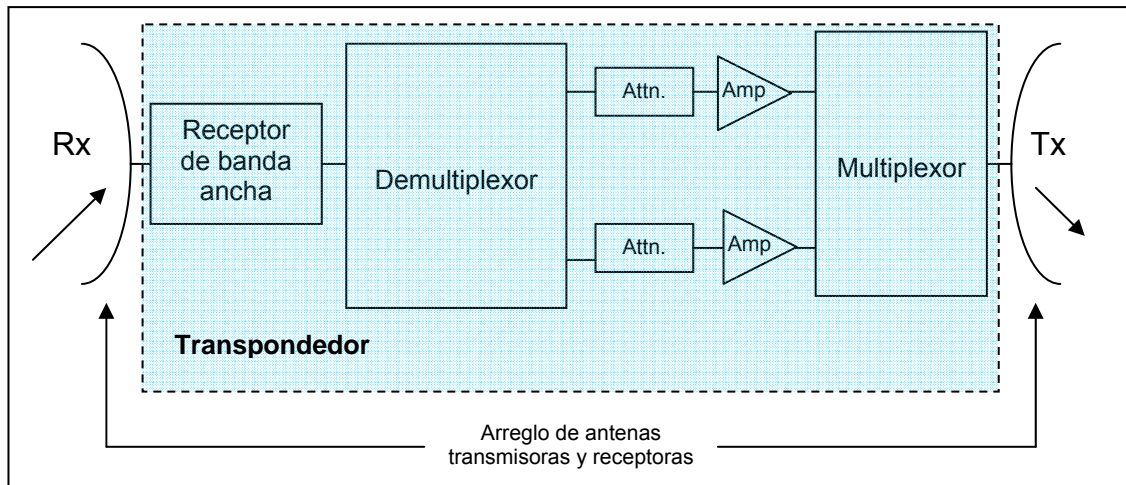
La Plataforma esta compuesta por todos aquellos elementos o equipos que proporcionan soporte mecánico al satélite, asistencia de funciones para el correcto funcionamiento de la carga útil, como por ejemplo banco de baterías, control orbital, control térmico, etc.

Cada uno de estos subsistemas está compuesto por un gran número de elementos, los cuales en su totalidad son los que hacen posible el funcionamiento del satélite.

#### **2.2.1.1. Carga Útil**

Como se mencionó anteriormente, la carga útil de un sistema satelital es todo el equipamiento necesario para prestar el servicio, para lo cual el satélite fue lanzado al espacio, siendo esta actividad, principalmente, la del transporte de información entre dos o más sitios remotos.

En líneas generales, se puede decir que los componentes principales de la carga útil son: las antenas transmisoras y receptoras, los transpondedores y todos los elementos necesarios para la comunicación entre estos.



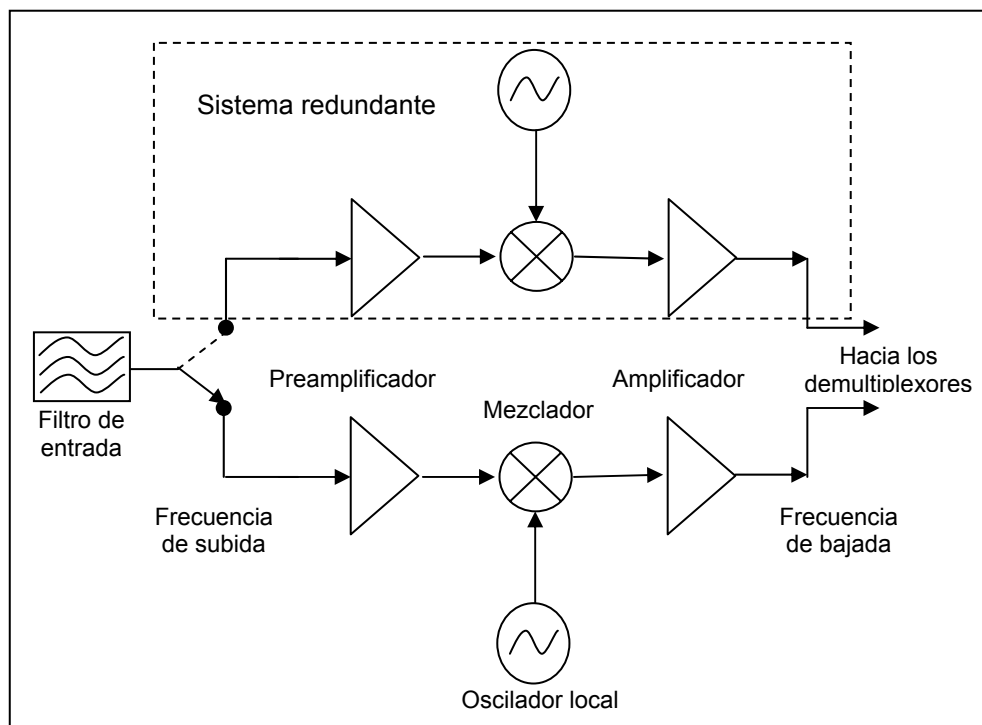
**Figura II-1. Diagrama de bloques de la carga útil de un satélite**

*Antenas transmisoras y receptoras:* Las antenas satelitales usualmente son paraboloideas del tipo Off-set, su funcionamiento es dual ya que pueden recibir y transmitir las señales. El tamaño de estas viene dado por las dimensiones y la capacidad del vehículo de lanzamiento, pueden ir de menos de 1 metro a 5 metros de diámetro. La frecuencia de recepción y de transmisión de las antenas difiere según la banda de frecuencia de operación del satélite. Los tipos genéricos de antenas utilizados son antenas reflectoras y las antenas phased array, siendo las primeras, como se mencionó anteriormente, las más utilizadas en los sistemas satelitales de comunicaciones.

*Transpondedores:* son los encargados de establecer la comunicación entre las antenas de transmisión y las de recepción (realizan la conversión de frecuencias). Son considerados un segmento del ancho de banda disponible en el satélite. De forma muy general, está compuesto por los siguientes elementos: receptor de banda ancha, el cual está conectado a la antena receptora del satélite y recibe las señales de esta para luego amplificarlas por medio un arreglo de amplificadores de bajo ruido (LNA, Low Noise Amplifiers, Amplificadores de Bajo Ruido). Previo a esto, la señal se filtra con la finalidad

de reducir la presencia de señales interferentes y de ruido. Una vez amplificada la señal se pasa por un convertidor de frecuencia cuya labor es la de llevar la frecuencia recepción a la de transmisión, la cual, por lo general es más baja. Es común que los amplificadores se separen en pre-amplificadores los cuales están antes del mezclador o convertidor de frecuencias y en post-amplificadores los cuales están después, esto es con la finalidad de reducir la presencia de ruido de señales interferentes así como los posibles armónicos que puedan surgir.

Como los sistemas satelitales tienen la capacidad de manejar grandes volúmenes de información cuyos destinos pueden estar esparcidos en amplias regiones geográficas, un conjunto de multiplexores y de-multiplexores se encargan de separar las señales entrantes y salientes del satélite. Se cuenta con un multiplexor de entrada y otro de salida, este último es el que lleva las señales al arreglo de antenas de transmisión para la señal de bajada.



**Figura II-2. Diagrama de bloques del receptor de banda ancha del satélite**

### 2.2.1.2. Plataforma

La Plataforma de un satélite, está compuesta por un conjunto de elementos y equipos cuya labor es la de garantizar el correcto funcionamiento de la carga útil.

Los principales subsistemas de la plataforma son los siguientes:

*Estructura:* encargada de darle la resistencia mecánica frente a las difíciles condiciones espaciales a las cuales se somete el satélite, así como lo concerniente al despliegue de las antenas y paneles solares, encendido del motor de apogeo, etc. Es construída comunmente con aleaciones livianas de aluminio y magnesio. Estos materiales tienen la característica de tener alta resistencia mecánica, resistencia a la radiación, rigidez, entre otras.

*Sistemas eléctricos de abastecimiento de potencia y de energía:* compuesto por los paneles solares y los bancos de baterías utilizados para mantener la operatividad del satélite durante la ocurrencia de eclipses solares. Corresponde a la parte del satélite más pesada y más costosa de implementar.

*Subsistema de control de actitud y de orientación de la órbita:* son un conjunto de sensores encargados de mantener al satélite dentro de un área definida en la órbita en que se encuentra, en la cual la señal recibida por los remotos esté dentro de los parámetros de calidad establecidos para los enlaces.

*Subsistema de TTL (en español significa Telecomando, Telemetría y Localización, también conocido por sus siglas en ingles como TTC por Telemetry, Tracking and Command):* su función principal es la organización de los intercambios de información entre los sistemas de operación del satélite con los sistemas de control y de gestión del centro de control terrestre. La

comunicación es bidireccional, tanto del satélite hacia la tierra (telemetría) como de la tierra hacia el satélite (telecomando). El equipamiento terrestre que compone este último segmento, aunque se encuentra en la tierra pertenece al segmento espacial de un sistema de comunicaciones satelitales.

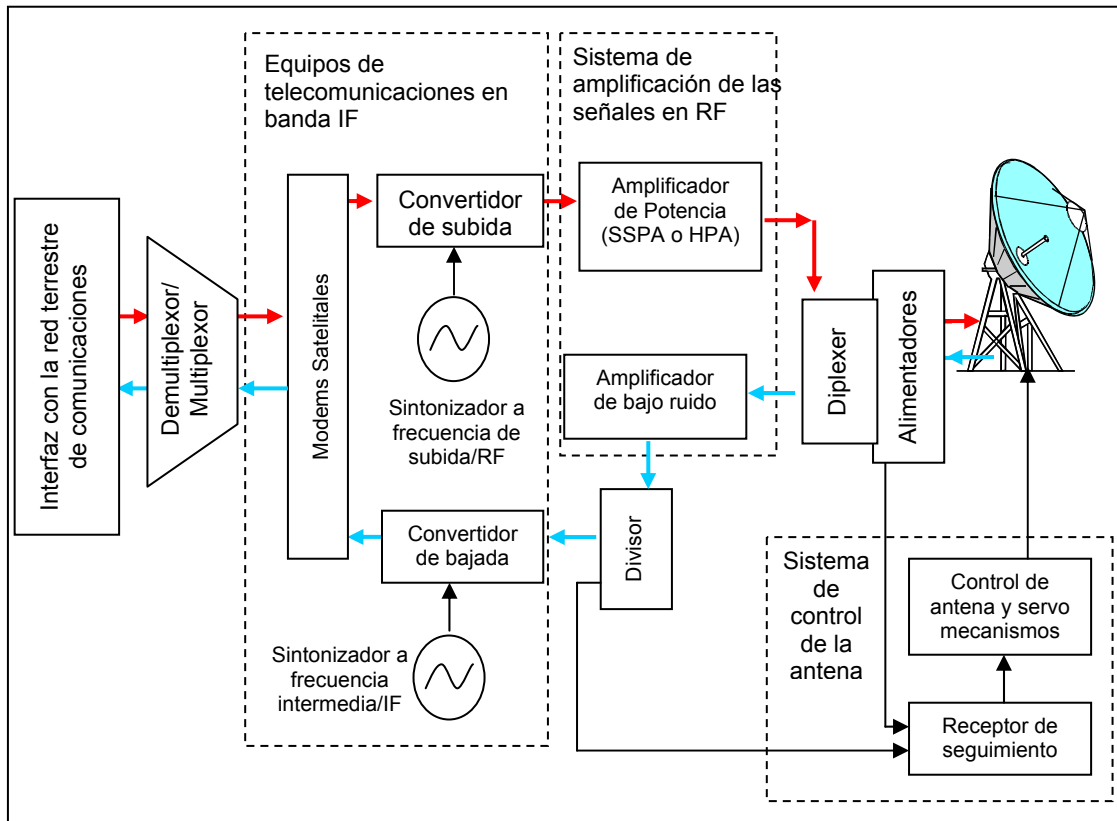
### **2.2.2. Segmento terrestre**

El segmento terrestre de un sistema de comunicaciones satelitales consiste en las estaciones terrestres de transmisión y recepción de las señales. Como se mencionó anteriormente, las estaciones terrestres encargadas de las funciones de TTL pertenecen al segmento espacial y no al segmento terrestre.

En líneas generales, el segmento terrestre está compuesto por todo el equipamiento de comunicaciones utilizados para la transmisión y recepción de señales satelitales. Existen diferentes tipos, pueden ser móviles o fijos en el caso de los terrestres; también pueden ser marítimos y aeronáuticos.

El segmento terrestre de un sistema satelital puede variar enormemente en tamaño y complejidad, usualmente las estaciones de alta capacidad son utilizadas en enlaces de alto tráfico de información como lo son los telepuertos, mientras que para remotas basadas en tecnología VSAT las estaciones son reducidas, con potencias de operación inferior a 5 vatios y diámetros de antenas no mayores a 3 metros

En la figura II-3 se pueden apreciar los elementos más importantes de una estación terrestre. Cabe destacar, que el siguiente diagrama es alusivo a una estación de alta capacidad, como por ejemplo una sección de un telepuerto, no obstante, una estación de menor capacidad tiene la mayoría de los elementos aquí mostrados.



**Figura II-3. Diagrama de bloques de una estación terrestre de alta capacidad.**

A continuación se describen brevemente algunos de los elementos que componen el segmento terrestre de un sistema de comunicaciones satelitales.

### **Antenas**

Las antenas son elementos pasivos que permiten transmitir y recibir las ondas electromagnéticas que transportan la información. Existen de diferentes tamaños siendo, las de mayor diámetro son las más utilizadas en los telepuertos o en los centros de convergencia de grandes volúmenes de tráfico de información, mientras que las antenas de menor tamaño (0.95 metros a 3

metros) son utilizadas para los sitios remotos. El sistema de antenas también incluye al alimentador primario, el reflector, el diplexer y en algunos casos filtros pasabanda cuya finalidad es evitar que componentes de las señales de subida se cuelen hacia la señal de bajada.

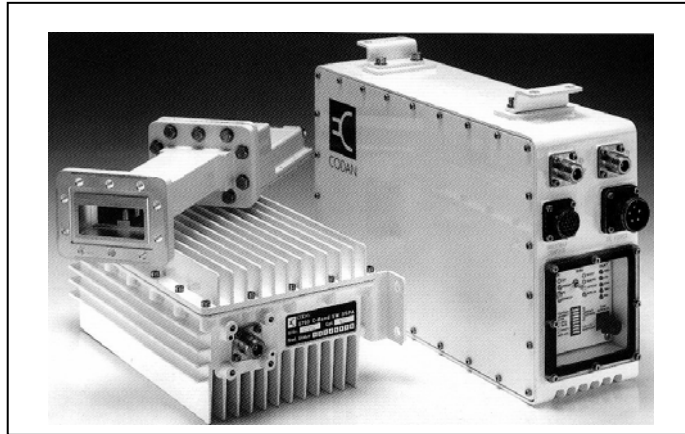
También se debe contar, en los sitios de alto tráfico, con sistemas de control y seguimiento automático, los cuales permiten que las señales que sean captadas por la antena se mantengan dentro de los límites de calidad establecidos para el enlace.

### **Transmisores y Receptores**

Al igual que en las antenas, existe una gran variedad de transmisores y de receptores. Dependiendo de la casa que los construya (Hughes, EF data, Gilat, etc.), existen aquellos en los cuales, para la parte de transmisión, tienen el convertidor de subida y el amplificador de potencia en un solo equipo, mientras que otros son elementos separados, esto es igual para los receptores (compuesto por un convertidor de bajada y amplificador de poco ruido). En general, los convertidores tienen la función de llevar la señal en IF (Intermediate Frequency, Frecuencia Intermedia) a RF (Radio Frequency, Frecuencia de Radio), en el caso de transmisión, y de RF a IF en el caso de recepción. Los amplificadores se encargan de aumentar el nivel de potencia de la señal para que esta pueda ser transmitida hacia el satélite, o en el caso del enlace de bajada, ser enviada hacia las antenas receptoras y luego hacia el convertidor de bajada.

Los convertidores de señales tienen un oscilador local que se encarga de llevar la señal a la frecuencia deseada, sea para el enlace de subida o para el de bajada. La frecuencia de IF más utilizada es alrededor de 70 MHz o de 140

MHz. Las frecuencias de operación RF del espectro radioeléctrico para las comunicaciones satelitales, puede estar en las bandas C, Ku, Ka, etc.



**Figura II-4. Convertidor de subida/bajada marca Codan con SSPA y amplificador de bajo ruido**

### **Modems satelitales**

Los modems (moduladores/demoduladores) son los encargados de modular la señal desde banda base hacia una frecuencia intermedia y viceversa. Además de las funciones de modulación y demodulación, realizan procesos de corrección de errores, ajuste de los niveles de potencia de salida del equipo, entre otros.



**Figura II-5. Modem satelital marca Comtech modelo SDM 300A**



## **Multiplexor/Demultiplexor**

Este elemento tiene la función de combinar varias señales de entrada en una salida y viceversa. La técnica de multiplexación mas utilizada es TDM (*Time Division Multiplex* o Multiplexación por División de Tiempo).

## **Sistema de control y seguimiento**

Este sistema es implementado mayormente en los telepuertos o en las remotas que tengan altos volúmenes de tráfico. Permiten la vigilancia y el control del estado de la señal recibida desde el satélite así como todo lo concerniente al sistema de reserva redundante en caso de que el principal falle.

## **2.3. Tipos de tecnologías Satelitales**

Aunque los sistemas satelitales soportan un gran número de aplicaciones, como por ejemplo GPS (Global Positioning System, Sistema de Posicionamiento Global), mediciones ambientales, vigilancia remota, etc. en este apartado se tocan solamente las redes basadas en la tecnología VSAT y en SCPC, ya que estos sistemas son los más utilizados para la transferencia de datos, televisión y telefonía.

Una de las diferencias más importantes entre un sistema basado en tecnología VSAT y otro en SCPC es que en el primero se requiere de un HUB o punto de control en el cual se reciben y se retransmiten todas las comunicaciones de todos los sitios remotos, mientras que en SCPC las comunicaciones entre los extremos no necesitan de un punto central para entablar un enlace entre dos o más puntos. No obstante, aunque entre las dos tecnologías existen diferencias

sustanciales, las bandas frecuencia de operación de ambas tecnologías es la misma (tabla II-1)

<b>Banda de frecuencias</b>	<b>Frecuencia de operación (GHz)</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Ejemplo de usos</b>
VHF	0,03 a 2,00	fijo	Telemetría
UHF	0,3 a 1,00	móvil	Navegación, militar
L	1,525 a 1,71	móvil	Audio, radiolocalización
S	2 a 4	móvil	Navegación
C	4 a 8	fijo	Voz, datos y video
X	7,2 a 8,4	fijo	Militar
Ku	12,4 a 18	fijo	Voz, datos y video
Ka	27,0 a 31,0	fijo	Video, comunicaciones intersatelitales

**Tabla II-1. Asignación de frecuencias utilizadas en comunicaciones satelitales**

A continuación, se mencionan las características más importantes de cada una de estas tecnologías.

### **2.3.1. SCPC**

El sistema de comunicación satelital SCPC, cuyas siglas significan *single channel per carrier* o Canal Simple Por Portadora, utiliza portadoras separadas para cada uno de sus canales. Esto quiere decir, que cada uno de los enlaces satelitales con los sitios remotos es dedicado, del tipo “clear channel”, en los que cada canal con su correspondiente ancho de banda es asignado a un solo cliente, según los requerimientos de este.

Los servicios soportados en esta tecnología están orientados a la satisfacción de necesidades de comunicaciones para aplicaciones que requieren el uso de canales exclusivos y permanentes, aptos para velocidades y capacidades de tráfico medias y altas.

Entre sus aplicaciones más destacadas se encuentran la difusión de videos y datos, así como las comunicaciones full duplex de audio y video. Una de las primeras aplicaciones de los sistemas SCPC fue el tráfico de voz telefónica a nivel intercontinental.

En estos sistemas, las transmisiones son enviadas al satélite de forma contínua en una sola portadora, la señal satelital es recibida en una sola localidad, cuando es el caso de redes punto a punto. En el caso de difusión, son recibidas por múltiples localidades. Todo esto se logra por medio de enlaces en los cuales no se cuenta con un punto central o hub que sirva como punto intermedio entre los extremos. El Hub o telepuerto solo tiene funciones de monitoreo de las señales, mas no interviene en la comunicación entre los puntos como tal.

Los sistemas basados en SCPC pueden usar tanto la banda C como la Ku del espectro de frecuencias asignado mundialmente para comunicaciones satelitales. También se utiliza a nivel experimental la banda Ka, no obstante, esta actualmente esta siendo utilizada comercialmente para enlaces VSAT, principalmente para comunicaciones entre satélites.

El ancho de banda del satélite, particularmente el del transpondedor, es dedicado a una sola fuente. Es por esto que su uso es primordialmente para grandes volúmenes de información, ya que no tendría sentido si fuese para tráfico esporádico, porque al cliente se le cobra por la totalidad del ancho de

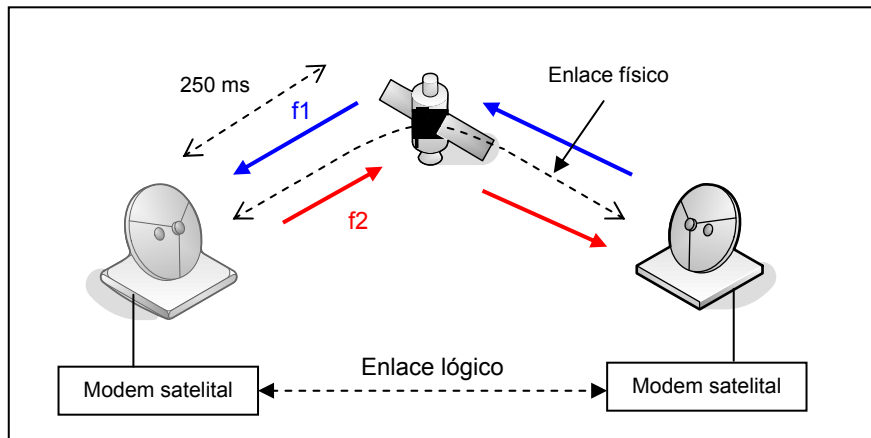
banda reservado en el satélite, sin importar si lo usa o no. No obstante, este tipo de sistema es ampliamente utilizado cuando los requerimientos del cliente exigen ancho de banda garantizado a toda hora y sin limitaciones de velocidad.

La principal ventaja de los sistemas SCPC es que su arquitectura permite conectividad total entre las diferentes localidades en una red, sin necesidad de tener un punto centralizado de control por el cual se tengan que manipular o manejar las señales. Como no se tiene un punto intermedio, los retrasos de las señales causados por los saltos satelitales son menores que en VSAT (se tienen retrasos de la señal alrededor de 500 ms, 250 ms en el salto de subida y 250 ms en el de bajada).

Sin embargo, existen varias desventajas en estos sistemas si se comparan con otras tecnologías, en particular con VSAT desde el punto de vista económico. Por ejemplo, en los sistemas SCPC se requiere de un modem satelital por cada canal de transmisión en las diferentes localidades. Esto trae como consecuencia que los costos de los equipos terrestres se incrementen a medida que la red se expanda.

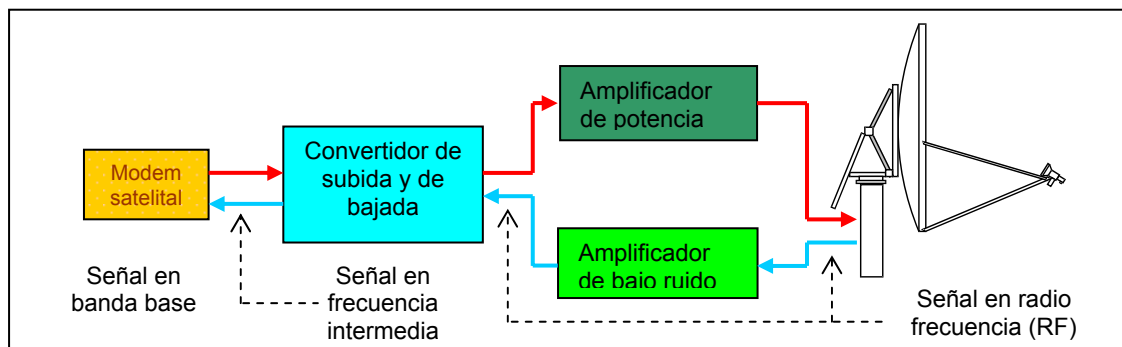
Otra desventaja muy importante es la necesidad de utilizar equipos de alta potencia, debido a que los enlaces son directos entre localidades y las atenuaciones de las señales son considerables. A esto se le suma el hecho de necesitar antenas de grandes dimensiones, las cuales no son fáciles de instalar, pero son menos sensibles a atenuaciones por efectos atmosféricos, lo cual le da a los enlaces SCPC mayor confiabilidad que a los VSAT.

Los sistemas SCPC pueden ser bidireccionales y, aunque pueden transmitir y recibir grandes volúmenes de información, utilizan ineficientemente el ancho de banda del satélite, a menos que sea una troncal, ya que para el tráfico tipo aleatorio y esporádico no es la opción más recomendable.



**Figura II-6. Diagrama de un enlace satelital SCPC entre dos puntos remotos**

El equipamiento de los sistemas SCPC consta de un modem (modulador/demodulador) satelital, un dispositivo que tome las señales de frecuencia intermedia utilizado por los modem y los convierta en radio frecuencia (y viceversa) llamado convertidor de subida y bajada, un amplificador de alta potencia, antenas del orden de 2,8 metros a 6 metros de diámetro, cables de poca atenuación, sobre todo aquellos que van a llevar las señales en RF, y los respectivos bocinas, filtros y conectores necesarios para la transmisión y recepción de las señales.



**Figura II-7. Diagrama de bloques de los elementos más importantes en una estación remota de un sistema SCPC**

Para la transmisión, la señal banda base se modula (con esto se logra mezclar y codificar la información para que esta sea más inmune al ruido, para ello se utilizan métodos de corrección de errores y de codificación de los datos) en BPSK, QPSK o 16PSK, para convertirla en frecuencia intermedia (IF), luego, por medio de los convertidores de subida y bajada pasarla a RF, se amplifica, y a continuación se transmite finalmente al espacio. El proceso de recepción es el inverso.

La tecnología SCPC involucra grandes niveles de potencia de transmisión (alrededor de 5 a 40 vatios), esto se traduce en antenas de dimensiones considerables, lo cual hace que los costos de implementación sean elevados. Si a esto se le suma el uso ineficiente del ancho de banda del transpondedor del satélite, estos costos aumentan aun más. Es por estas razones que esta tecnología se recomienda sólo para casos en los cuales el volumen de información que se va a manejar sea lo suficientemente grande, de forma tal que se justifique la inversión. Pueden darse casos en los cuales, por requerimientos del cliente, o por las características de las aplicaciones la única opción sea la tecnología SCPC.

Una de las formas que se ha logrado mejorar el desempeño de los sistemas SCPC fue con el desarrollo de la tecnología MCPC, Multiple channel per carrier cuyo significado en español es Múltiples Canales por Portadora. Esta evolución de SCPC multiplexa varios canales en una sola portadora haciendo más eficiente el uso del transpondedor satelital, por ende, mejorando el comportamiento y la eficiencia de todo el sistema

### 2.3.2. VSAT

El termino VSAT (Very Small Aperture Terminal, Terminal de Apertura muy Pequeña), se refiere a una estación satelital terrena o sitio remoto (parte del segmento terrestre en un enlace satelital) que permite acceso unidireccional o bidirrecional a Internet, bases de datos, centrales telefónicas u otras remotas por medio de un sistema satelital. El sistema cuenta con un hub o punto central el cual se encarga de todo el procesamiento de las señales así como el direccionamiento hacia sus respectivos destinos finales, considerando todo lo concerniente a privacidad y seguridad de la información

Un ejemplo de este servicio es la distribución de precios o actualización de mercancía en una cadena de tiendas, desde su sitio central hacia sus respectivas sucursales, las cuales pueden estar ubicadas a lo largo y ancho de amplias regiones geográficas, o para la entrega de estados de inventario de cada uno de los sitios remotos al lugar central. Otro ejemplo de mucha implementación con esta tecnología es la actualización de registros en los cajeros automáticos (ATM, Automatic Teller Machine) de un banco.

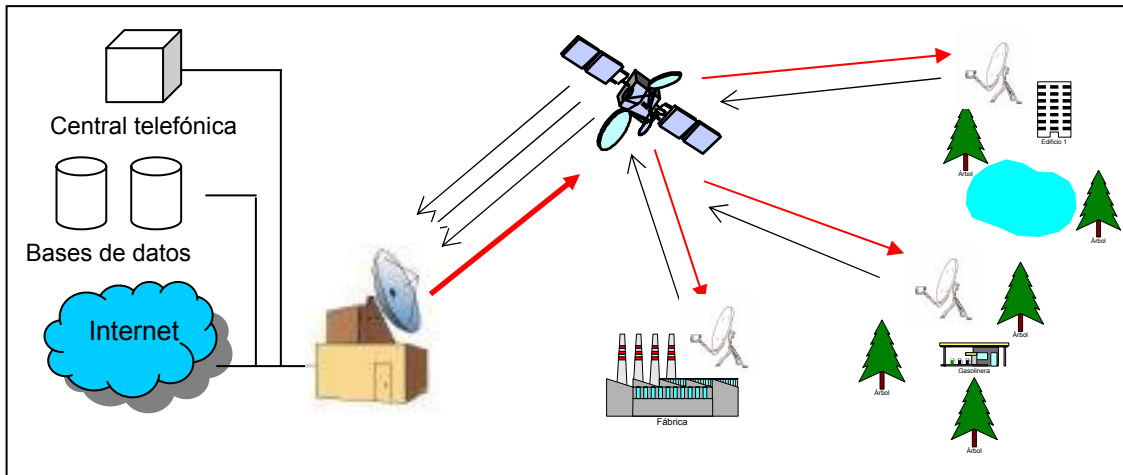
Los sistemas VSAT han evolucionado ampliamente a lo largo de su historia, a continuación se muestran las diferentes etapas por las que ha pasado dicha tecnología:

- Primera Generación: solo efectuaban transmisiones unidireccionales de video y audio de baja calidad. Datos del tipo broadcast o difusión.
- Segunda Generación. Transmisión de datos de modo Bidireccional a baja velocidad. Utilización de protocolos de contención para el acceso al medio. Se desarrollaron e implementaron los conceptos de Supervisión y Control de la Red por medio del hub.

- Tercera Generación. Uso eficiente del ancho de banda por medio de la asignación dinámica del recurso satelital. Uso de un sistema de asignación de puertos Multiprotocolos definidos por Software para la prestación de los servicios de acuerdo a las necesidades de los clientes. Sistemas de Supervisión y Control de la Red mejorados.
- Cuarta Generación. Sistemas Integrados de Bajo Costo. Audio y video de alta calidad (formato MPEG-2), transmisión de datos a alta velocidad, control centralizado de la red. Asignación del ancho de banda satelital mejorado. Manejo de múltiples protocolos y aplicaciones, los cuales son gestionados remotamente desde el hub.

Una de las características más resaltantes de los servicios VSAT es su facilidad de implantación en los sitios del cliente. Una vez que la red se encuentra operativa, los tiempos necesarios para la puesta en marcha de una aplicación son relativamente cortos. Esto es de suma importancia ya que esta tecnología posee esa parte del mercado de telecomunicaciones en la cual la activación rápida del servicio es primordial. Otra ventaja muy importante es que los requerimientos de construcciones civiles son considerablemente reducidos, en comparación con otras opciones, ya que no hay necesidad de pasar pares de cobre o hilos de fibras para llegar a los sitios remotos. Esto lo hace la opción idónea para llegar a puntos de difícil acceso.





**Figura II-8. Modelo de un enlace satelital VSAT**

Un punto crítico de las redes VSATs es la disponibilidad de las mismas. En este tipo de redes la disponibilidad se ve afectada por tres componentes principales: efectos causados por la atenuación de la lluvia, disponibilidad de los equipos y disponibilidad del software.

Los efectos causados por las lluvias son muy importantes en las redes operando en la banda Ku, no obstante, el uso de técnicas de dispersión de energía permiten la optimización de la disponibilidad del sistema por lo que estos efectos pueden ser disminuidos.

La disponibilidad del hardware o de los equipos satelitales es fundamental, en especial la del hub. El equipamiento en el hub debe contar con la opción de caminos redundantes que ofrezcan una disponibilidad global del sistema superior a 99,9%. La redundancia es de suma importancia ya que en estos sistemas existe un punto único de convergencia de las señales en la estación satelital. Puede haber redundancia en el satélite usando diferentes transpondedores o redundancia usando otros medios terrestres para la transmisión y recepción de la información.

El software de control del sistema opera bajo la condición de agilizar todos los procesos de manejo de los enlaces de subida y de bajada, lleva control de los sitios remotos activos así como su estado de operación, por lo tanto su disponibilidad debe ser la más alta posible ya que se encargan de administrar todos los recursos del sistema.

En el segmento espacial, se utilizan satélites geoestacionarios, los cuales están orbitando en el plano ecuatorial de la tierra a una altitud de 35786 KM sobre la superficie terrestre. Su período orbital es el mismo del de rotación terrestre. Por lo tanto, el satélite se mantiene en una órbita en la cual su posición en el espacio siempre es la misma con respecto a cualquier punto de la tierra. Esto permite que la utilización del satélite sea de 24 horas para transmisiones constante de señales.

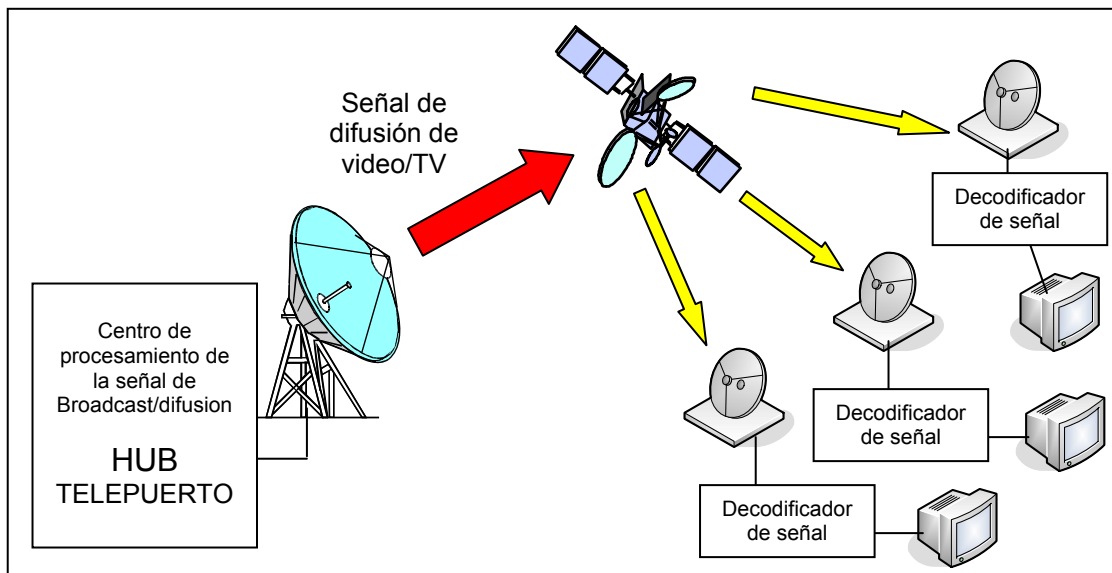
El uso de satélites estacionarios, por su posición tan distante de la tierra, introducen una atenuación en la portadora de radio frecuencia del orden de los 200 dB, tanto en el enlace de subida como en el de bajada, así como un retraso de propagación de aproximadamente 0,25 s en cada enlace.

Aunque los satélites utilizados para esta tecnología se encuentran muy distantes de la tierra, es posible transmitir la información tanto de forma unidireccional como bidireccional, incluso a altas velocidades y con grandes anchos de banda. Para esto es necesario el uso de protocolos de respuesta rápida para agilizar el intercambio de información, sobre todo en los casos cuando es en tiempo real como en los enlaces de voz. Esto ha sido un punto muy importante en el desarrollo de la tecnología VSAT ya que, en sus diferentes encarnaciones, la meta es mejorar considerablemente los tiempos de respuesta de los protocolos en los cuales se soporta la comunicación.

Cuando la información es enviada a través de una red VSAT, se utiliza un sistema de compresión de información para la transferencia de archivos, lo cual permite un uso más eficiente del recurso espacial. A esto se le suma, todo lo concerniente a corrección y detección de errores, y un punto muy importante, lo relacionado con el encriptado de las señales.

Las redes VSAT pueden dividirse en tres grandes categorías: redes de difusión (broadcast), redes punto a punto y en redes interactivas.

En las redes de difusión, el hub central transmite datos, audio y/o video a un grupo de terminales VSATs de solo recepción. Como ejemplo de estos servicios se puede mencionar: transmisión de noticias, servicios meteorológicos, información financiera, distribución de audio, distribución de canales de televisión, etc.

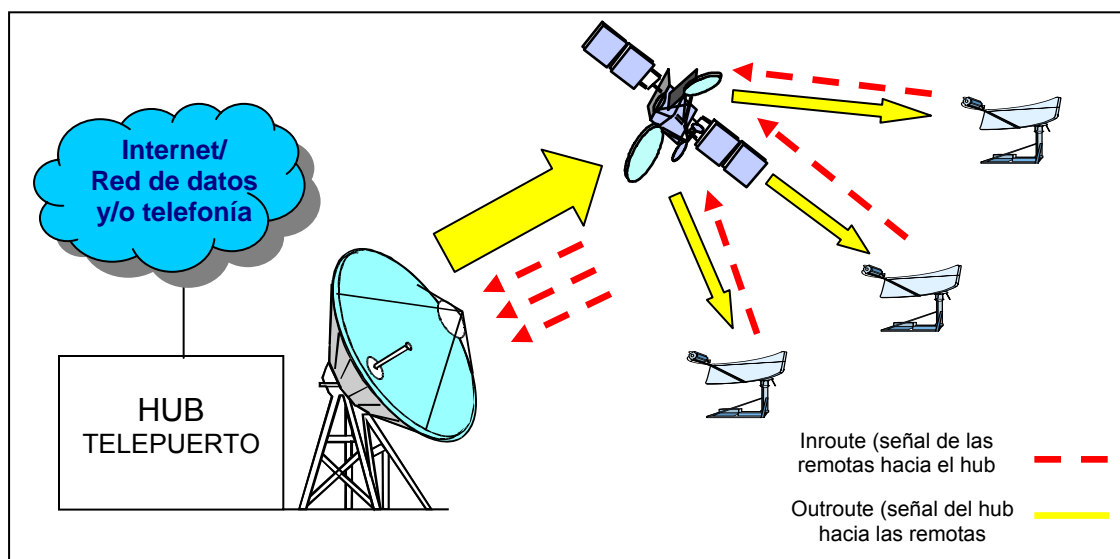


**Figura II-9. Red de difusión de señales de video/TV**

Las redes punto a punto proporcionan comunicación directa entre dos localidades sin la necesidad de un punto centralizado o hub para la transmisión de datos, voz o imágenes. De este tipo de redes existen múltiples variantes,

como por ejemplo: punto a multipunto, circuitos dedicados, accesos por demanda, entre otros. Este tipo de servicio es implementado principalmente con la tecnología SCPC, ya que se requieren grandes niveles de potencia de transmisión, antenas de amplio diámetro y equipamiento más sofisticado para garantizar que los más altos niveles de disponibilidad y de calidad.

Las redes interactivas se utilizan principalmente para servicios de comunicaciones bidireccional entre un hub central y un gran número de estaciones VSATs en forma de topología estrella. El hub VSAT puede ser considerado como la última milla para el acceso a recursos como la Internet, bases de datos centralizadas, centrales telefónicas, incluso el direccionamiento para comunicación entre remota y remota. La necesidad de utilizar este tipo de topología surge como consecuencia del tamaño reducido de las estaciones con potencia de transmisión del orden de  $\frac{1}{2}$  vatio a 5 vatios.



**Figura II-10. Diagrama de red VSAT bidireccional de datos/Internet/Telefonía**

En estos sistemas, los enlaces de radio frecuencia (RF) que contiene la información a ser transportada son modulados por medio de una portadora. En la mayoría de los sistemas VSAT, para la transmisión de las señales, se usa modulación BPSK o QPSK dependiendo de las características del tipo de red, así como de las aplicaciones que esta soporte.

Es de suma importancia recalcar que las redes VSAT están diseñadas para soportar un gran número de aplicaciones tales como HDLC, X.25, Ethernet, Frame Relay, etc., esto hace que sean lo suficientemente versátiles para poder ajustarse a las diferentes necesidades de los clientes. Esto es posible por medio de un sistema de gestión remoto el cual descarga a la estación del cliente la información relacionada a la aplicación para lo cual será utilizada.

Además de los procesos de modulación a los cuales son sometidas las portadoras, se utilizan métodos de correcciones y detección de errores insertando información adicional a la transmitida, con lo cual se mejora el comportamiento del sistema. Existen dos clases de control de errores: la Petición Automática de Repetición en caso de detectarse error o ARQ cuyas siglas en inglés significan Automatic Repeat Request y la Corrección de Errores Hacia Adelante o FEC (Forward Error Correction).

La ARQ requiere un canal de retorno para poder efectuar la corrección y detección de los errores. Por medio de este canal, se realiza la petición de retransmisión al origen en los casos en que se detecte la presencia de un error en la información. Los métodos para la detección de los errores son muchos, entre los más utilizados se pueden mencionar la verificación de paridad, la violación de código y la verificación cíclica de redundancia (CRC). Este método de corrección y detección de errores tiene la desventaja de necesitar un sistema de almacenamiento de la información para poder realizar la revisión de la

integridad de la misma, es por esto que es utilizado en aplicaciones de bajas velocidades.

La codificación FEC permite corregir los errores en el destino sin necesidad de retransmitir en su totalidad la información. Su funcionamiento general se basa en la adición de bits a la información previa la modulación de esta.

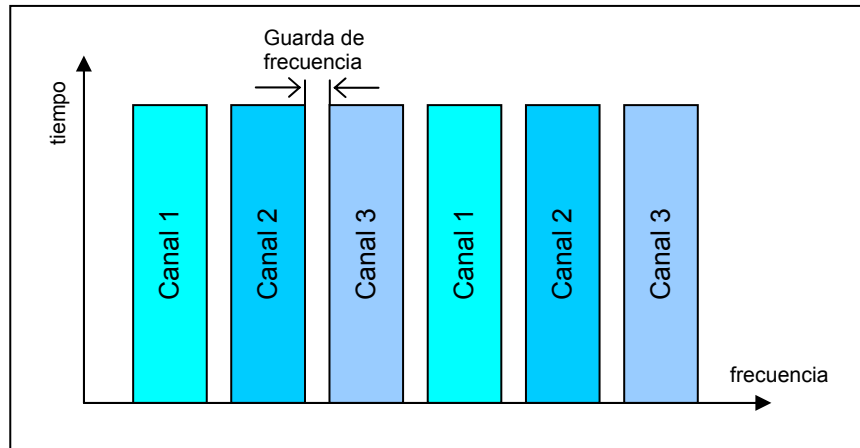
Con este último método de corrección de errores, las señales al ser codificadas, se logra un uso más eficiente del ancho de banda satelital. Entre los métodos de codificación más implementados están los métodos Convolucionales, los cuales son continuos y donde los datos de entrada son pasados por un registro de desplazamiento. La secuencia de bits se convoluciona (multiplica) por una secuencia polinómica específica. Entre los más utilizados se pueden mencionar el Vitterbi y el Secuencial. El otro tipo de codificación implementado ampliamente en las redes VSAT son los lineales. Estos toman un bloque específico de bits de entrada a los cuales se les añaden bits calculados según lo bits de la secuencia. En VSAT se utiliza el código Reed-Solomon.

Tanto la modulación como la codificación dependen del sentido de la señal, si es la portadora de Inroute (señal que va de la remota hacia el hub) o Outroute (señal que va del hub hacia las remotas), ya que, como es evidente, tienen características de operación muy diferentes

En el caso de las redes interactivas, el canal de inroute es compartido en contención con la finalidad de utilizar eficientemente el espacio satelital, esto quiere decir que todas las remotas comparten el canal. El Outroute son todas aquellas señales que van desde el hub hacia las remotas, su ocupación espectral es bastante grande en comparación con las inroutes, ya que todas las remotas utilizan este espacio espectral para descargar información del Hub. Usualmente es de mayor velocidad que las primeras.

Como se mencionó anteriormente, las estaciones VSAT se comunican a través de la red por medio de portadoras moduladas. Para ello se utilizan técnicas de acceso múltiple, siendo estas las que permiten que distintas estaciones terrenas utilicen un mismo transpondedor. Dependiendo la configuración de la red, así como de la disponibilidad del recurso satelital (ancho de banda del transpondedor arrendado), existen diferentes métodos para que las diferentes remotas tengan acceso al medio, siendo las más utilizadas en este tipo de redes las siguientes:

*Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA, Frequency Division Multiple access):* en este método de acceso al medio, cada estación terrestre utiliza un segmento de la totalidad de la banda de frecuencias disponibles en el transpondedor. Esta fué la primera técnica de acceso utilizada en comunicaciones satelitales ya que su aplicación es bastante sencilla, considerando que para su implementación sólo se requiere que cada una de las remotas transmita a una frecuencia diferente de las otras. Por esto es muy utilizada en los sistemas basados en SCPC y en algunas redes de VSAT orientadas al tráfico de voz comprimida. Su desventaja más notable es la generación del ruido de intermodulación, siendo este consecuencia del uso de múltiples portadoras, las cuales, por imperfecciones y por la no-linealidad del transpondedor son originadas.



**Figura II-11. Principio de la técnica de acceso FDMA**

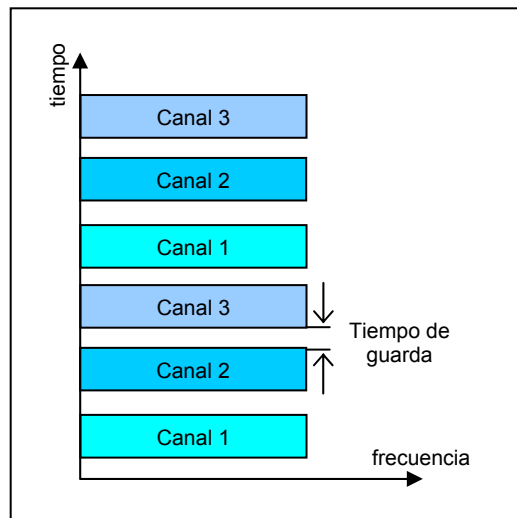
*Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, Time Division multiple access):* Esta técnica consiste en compartir la totalidad del ancho de banda disponible en el transpondedor por todas las remotas, las cuales toman turnos secuenciales en el tiempo para poder acceder al recurso satelital. A estos turnos se les conoce como ranuras de tiempo o Time Slots (Ts). Los Ts son de tamaño fijo, y su transmisión se hace por medio de ráfagas. Cada estación de la red transmite a la misma frecuencia, pero en ráfagas de tiempo separadas por espacios de guardas, las cuales evitan que factores externos (cambios en el trayecto de propagación, atenuación de las señales, entre otros) solapen una señal con la siguiente. Entre sus ventajas se puede mencionar la reducción de los efectos del ruido de intermodulación generado en los sistemas basados en FDMA, no obstante, requiere que las portadoras sean digitales.

La secuencia de transmisión puede ser tanto aleatoria como sincronizada. En la transmisión aleatoria cada una de las remotas envía la información en los Ts cada vez que requiera la utilización del canal. Este tipo de acceso es conocido también como TDMA aleatorio, donde uno de los mejores ejemplos de esta técnica es el protocolo ALOHA. Como no existe ningún tipo de coordinación, la



posibilidad de que dos o más remotas transmitan a la misma vez es alta, por lo que las colisiones entre los paquetes pueden conllevar a retrasos en el sistema.

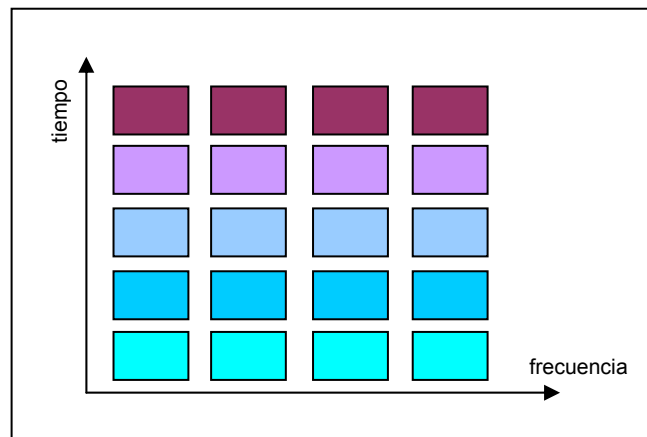
La otra alternativa es transmitir las señales de forma ordenada y sincronizada, tal que, cada ráfaga transmitida por las remotas no colisione con otra. Para esto se requiere que cada transmisión sea realizada en el momento exacto al cual le corresponde. Por lo tanto, los temporizadores de cada remota deben estar en constante sincronización con el satélite para así poder garantizar que al acceso al medio sea ordenado.



**Figura II-12. Principio de la técnica de acceso TDMA**

*Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, Code Division Multiple Access):* esta es una técnica de acceso utilizada también sólo para señales digitales, en la cual las portadoras son transmitidas continuamente ocupando la totalidad del ancho de banda disponible en el transpondedor satelital. Como se puede deducir, ocurren interferencias entre las señales, ya que son transmitidas al mismo tiempo y en la misma frecuencia, sin embargo, esto es resuelto mediante la transformación de cada carácter binario por medio de un código individual en una señal que ocupa la totalidad del ancho de banda destinado para la red.

Las secuencias de códigos son la base de este sistema, cuya mayor ventaja es la reducción de los efectos del deterioro de las señales causados por interferencias o por desvanecimientos de las señales inherentes a las frecuencias de transmisión. Cada receptor rechaza aquellas señales que no le corresponden y sólo acepta aquellas cuyo código le indica que son para él, esto es efectuado por métodos de correlación, que permiten una alta probabilidad de recepción de las señales.



**Figura II-13. Principio de la técnica de acceso CDMA**

La selección de un método de acceso al medio también está ligada a los requerimientos de potencia y de ancho de banda, no sólo de las remotas, sino del transpondedor satelital.

En la actualidad, la mayoría de los sistemas VSAT utiliza una combinación de TDMA y FDMA para el acceso al medio. Esta permite un equilibrio aceptable entre el uso del ancho de banda del transpondedor y los requerimientos de potencia de las estaciones remotas. También permite la implementación de diferentes técnicas de asignación de los recursos, por ejemplo, se puede utilizar asignación por demanda el cual es ideal para el tráfico fluído o del tipo *stream*, con esto se logran altos niveles de capacidad del canal a expensas de un retraso aceptable.

Otra técnica utilizada para la asignación de los recursos en las redes VSAT bajo la combinación de TDMA-FDMA, es el acceso aleatorio al medio. Este es particularmente útil para el tráfico de ráfagas o *bursty*. Los métodos de acceso aleatorio pueden ser combinados con técnicas de reservación de la capacidad de transmisión de las señales.

Dentro de las variaciones que existen del TDMA aleatorio, se destaca el ALOHA ranurado o Slotted ALOHA el cual se diferencia de su predecesor (el ALOHA puro) en que, aunque mantiene la capacidad de transmisión aleatoria de las remotas, estas lo hacen de una forma sincronizada en ráfagas similares a los Ts, mas no de forma coordinada. La sincronización del sistema viene dado por las señales transmitidas por el hub a través del canal del outroute en un proceso previo a la puesta en marcha del sitio remoto. Este proceso de sincronización se conoce comunmente, dentro del argot de las redes VSAT como *comisionamiento*, el cual depende directamente del tipo de plataforma en que se soporte la red.

En los sistemas basados en tecnología VSAT, es común que se utilice un esquema de acceso diferente para el Outroute y para el Inroute, este dependerá de la plataforma utilizada. Como ejemplo, se verá en capítulos posteriores, que para los sistemas PES 5000 el método de acceso de la señal de outroute es por medio de TDM mientras que la del Inroute es por TDMA.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÍPICOS DE LOS USUARIOS DE LOS SISTEMAS SATELITALES COMO RED DE TRANSPORTE DE INFORMACIÓN**

Los clientes que utilizan a los sistemas satelitales como medio de transporte de su información para satisfacer sus problemáticas de comunicaciones, pueden englobarse dentro de los siguientes rubros:

- Dentro de sus diversas sucursales existe una alta dispersión geográfica entre los puntos a conectar.
- En muchos casos, las aplicaciones en los sitios remotos ameritan ciertas condiciones de homogeneidad en la solución para cada uno de los puntos a conectar.
- Localización fuera de las zonas de cobertura de infraestructura terrestre.

En un mercado tan competitivo como el de las telecomunicaciones, los sistemas satelitales son la solución idónea para aquellos clientes que posean alguna de las características antes mencionadas. No obstante, la competencia con el ADSL, los enlaces con fibra óptica y los radioenlaces no es tan directa como suele creerse, en realidad, pueden verse como servicios complementarios.

Considerando esto, aunque el crecimiento y desarrollo de los sistemas terrestres (fibra óptica, enlaces de radio, ADSL, etc.) ha sido muy acelerado, en el mundo de las telecomunicaciones satelitales, las redes VSAT han sufrido también un gran crecimiento. Según las últimas investigaciones, se ha

determinado que el aumento anual del negocio de las redes VSAT fue de un 50 a un 60% durante los últimos años del siglo XX y se espera que en los primeros diez años de este siglo XXI el crecimiento anual esté comprendido entre un 30 y un 40%.

No obstante, los requerimientos de los clientes cada vez son mayores, por lo que es muy importante que el desarrollo tecnológico de los sistemas VSAT vaya orientado a satisfacer estas crecientes necesidades.

En este capítulo se estudian las características más resaltantes de los actuales y potenciales clientes VSAT, con miras a plantear los requerimientos más importantes que se deben cumplir para poder satisfacer las necesidades de estos.

### **3.1. Características de los clientes para redes VSAT**

Como se mencionó anteriormente, el crecimiento de los clientes que utilizan a los sistemas satelitales como medio de transporte a precios razonables va de la mano con el desarrollo de los sistemas VSAT. Por lo tanto, se puede definir un perfil básico del usuario típico de las redes VSAT, claro está, a medida que el desarrollo, las velocidades de acceso y las diversas exigencias de los clientes aumenta, las redes VSAT deben ajustarse a estos cambios.

No obstante, aunque cada cliente es muy diferente del otro, se puede establecer un usuario VSAT estándar, delimitado por los siguientes puntos:

- ✓ Elevada dispersión geográfica de sus sucursales o localidades.
- ✓ Alto número de emplazamientos.
- ✓ Complejo y difícil acceso, así como carencia de infraestructura en alguno de los puntos, que inclusive pueden llegar a ser localidades temporales.

- ✓ Generación y procesamiento de gran volumen de datos.
- ✓ Necesidad y oportunidad de integración en el contexto internacional.
- ✓ Capacidad de ampliación dinámica y flexible.

Dentro de este perfil se pueden mencionar sectores económicos como los bancos, la industria, el sector petrolero y minero, empresas multinacionales, pequeñas y medianas Industria (PYMEs) de amplia cobertura tanto nacional como internacional. En líneas generales, los sistemas VSAT en la actualidad, son una opción cuya aplicación es ideal a nivel empresarial mas no, para un mercado masivo.

### **3.2. Aplicaciones y servicios prestados por las redes VSAT**

Las redes VSAT pueden ser soporte para un gran número de aplicaciones y servicios, las cuales, gracias a su versatilidad, se ajustan a las necesidades particulares de los clientes. Estas van desde telefonía pública internacional, servicios comerciales privados y públicos, banca, televisión digital, entre otros. A continuación se mencionan algunas de las aplicaciones y servicios prestados por estos sistemas.

#### **BANCA Y FINANZAS**

Desde los inicios de las redes VSAT, las instituciones financieras han sido beneficiadas ampliamente por este sistema. Esto es debido al gran número de agencias y de puntos de conexión que tienen las entidades bancarias extendidas a lo largo y ancho de una región geográfica. Esta condición, las hace idóneas para ser soportadas en una tecnología la cual una de sus características mas resaltantes es la independencia geográfica que cada uno de sus puntos dentro de la red posee.

Las redes VSAT interconectan los centros de datos con las diferentes agencias y sucursales de una manera confiable y segura, teniendo gran valor para estas instituciones la capacidad de reinstalación y configuración de las estaciones VSAT.

Aunque el uso primordial de las redes VSAT para los clientes del sector de la banca y de las finanzas es la transferencia de datos (puntos de ventas, cajeros automáticos, información de la bolsa, etc.) las aplicaciones de voz así como el acceso a Internet no han sido explotadas en su totalidad, no obstante es un servicio el cual tiene un amplio potencial para ser explotado.

## **DISTRIBUCIÓN DE NOTICIAS**

Es una aplicación de gran utilidad en la industria de la distribución de la información de noticias y bolsas de valores.

Estas redes envían boletines y actualizan constantemente información sobre los valores de cotizaciones de acciones y mercado de capitales dentro de los principales centros de decisión.

Aunque va muy de la mano con el mundo de la banca y de las finanzas, su potencial de negocios no se ve limitado a estos.

Las redes VSAT pueden utilizarse como medio de transporte para la cobertura en sitios remotos de servicios de mensajería de texto para teléfonos celulares, donde los enlaces satelitales transportan la información desde el origen a todos los diferentes nodos del proveedor de servicio celular el cual se encarga de distribuirlo a todos los suscriptores.

## **COMERCIO**

Otra de las aplicaciones de las redes VSAT se refiere al ambiente minorista o punto de venta como por ejemplo cadenas de supermercados, comidas rápidas, farmacias y tiendas lo que permite un control constante de operaciones y ventas de cada una de las sucursales.

La utilización de estas redes tiene gran importancia en los concesionarios de automóviles quienes en todo el mundo utilizan las redes VSAT para recibir la información acerca de pedidos, reposición de inventarios, consultas a plantas y operaciones administrativas.

## **INDUSTRIA**

A través del sistema VSAT es posible transmitir a un centro de control los datos recopilados por sistema SCADA y controlar procesos a distancia.

Un caso típico se encuentra en la industria petrolera en áreas de explotación. También es común en la supervisión de oleoductos de gran distancia.

Se puede asociar la producción de crudo y sus derivados con la distribución nacional y el consumo, gracias a sistemas de automatización interconectados a gran distancia vía servicios VSAT.

## **INTERCONEXION DE REDES LAN/WAN-LAN**

El incremento, a nivel corporativo, de las redes LAN y las facilidades que éstas ofrecen a sus usuarios obliga a interconectar dichas redes entre sí, cubriendo muchas veces grandes distancias.



Los sistemas de comunicaciones satelitales, particularmente las redes VSAT, hacen posible dicha interconexión permitiendo así la transferencia de información, el uso compartido de recursos distribuidos y el acceso remoto a servidores de bases de datos.

Estos servicios son un punto de gran importancia, no sólo por su amplio crecimiento dentro del ámbito empresarial, sino por el gran número de aplicaciones y servicios que día a día surgen, lo cual, brindan a los usuarios más y más opciones para la operación de su negocio. Las redes VSAT, en su constante desarrollo, deben ser soporte de estas nuevas aplicaciones para así satisfacer a sus clientes.

### **VIDEOCONFERENCIA**

La videoconferencia permite a corporaciones, con sedes en diferentes localidades geográficas, la facilidad de realizar reuniones sin los costos y los riesgos que acarrearán los traslados del personal participante. Además de la transmisión de imágenes y voz es posible enviar documentos digitalizados.

### **SISTEMAS DE DIFUSION DIGITAL (DBS, Digital Broadcasting System) Y SISTEMAS MULTIMEDIA**

Los servicios digitales de difusión se soportan en las redes VSAT para la distribución de software, actualización de bases de datos o inventarios, transmisión de imágenes y de datos de gran tamaño, servicios de entrenamiento a distancia, entre otras múltiples aplicaciones, siendo una de las más importantes la distribución de televisión.

Los servicios de televisión por medio de las redes VSAT pueden estar implementados para el consumo masivo o para el sector privado. Dentro de los

primeros se puede mencionar los servicios de televisión por suscripción con calidad digital, mientras que en el sector privado se puede mencionar como ejemplo el transporte de señales de TV digital a aquellas zonas donde no se tiene cobertura, las cuales luego de ser procesadas, se distribuyen a todos los usuarios

### **3.3. Situación actual de las redes VSAT y la tendencia futura de las aplicaciones**

Las redes VSAT inicialmente fueron consideradas una solución para aquellas aplicaciones y servicios donde la presencia física del proveedor de servicios era muy costosa o, por características del entorno geográfico de los puntos de presencia del cliente, los costos de instalación de la infraestructura eran muy altos. Esto indica, que inicialmente era una solución donde la distancia entre los diferentes puntos era la causa determinante para la elección de esta tecnología.

Esta situación en la actualidad no ha cambiado mucho, ya que el gran grueso de los clientes de las empresas proveedoras de estos servicios cuentan con un gran número de sitios remotos esparcidos en amplias zonas geográficas. No obstante, las redes VSAT han pasado de ser una solución solo para aquellos puntos de difícil acceso o para aquellas empresas donde la dispersión geográfica de sus sucursales es muy grande, a ser una opción rentable para proveer servicios de interconexión de redes, intercambio de datos, transmisión de TV de alta calidad, etc.

Aunque el mercado para el acceso a redes de datos (incluyendo los servicios de voz sobre IP) y computadoras a nivel mundial actualmente esta dominado por tecnologías como fibra óptica, ADSL y radio enlaces, los sistemas satelitales, primordialmente las redes VSAT, mantienen su presencia, incluso se han movido hacia nichos de mercado que originalmente no le pertenecían. Esto

no solo es debido a las mejoras que se han hecho en lo relativo a los tiempos de respuesta del sistema, o la facilidad de instalación y puesta en marcha de estos sistemas una vez que la red esta operativa, sino también al actual promotor e impulsador de las redes de telecomunicaciones: La Internet.

Haciendo un poco de historia, la mayoría de los sistemas de redes VSAT, aunque soportaban un gran numero de aplicaciones y de protocolos de capas superiores del modelo ISO/OSI, seguían siendo un sistema de transporte de datos de capa 2, donde el medio era el espacio y en donde las tramas se manejaban bajo esquemas de acceso múltiple con velocidades entre bajas y medias, sin importar las aplicaciones de los extremos. Con esto, lo que se lograba era una entrega de información sin importar lo que ocurría en el extremo del cliente, es decir, sin importar las aplicaciones y servicios que este estaba ejecutando, claro esta, considerando que dichas aplicaciones no requerían un gran ancho de banda los resultados eran bastante buenos. Incluso, con el pasar del tiempo, se introdujeron mejoras para poder discernir un poco entre la gran variedad de protocolos y aplicaciones soportadas, no obstante, los resultados no fueron del todo satisfactorios.

Sin embargo con el pasar de los años, los sistemas VSAT fueron incorporando facilidades que le permitían una interacción mas versátil entre las capas superiores y las inferiores, particularmente la relación entre la capa 2 y la 3. Esta relación fue desarrollándose mucho mas con el amplio crecimiento de la Internet, cuyo soporte principal es el protocolo IP. Los proveedores de redes VSAT empezaron a desarrollar soluciones ajustadas a los requerimientos de los clientes, haciendo que esta entrega “transparente” de la información estuviese más acorde con las aplicaciones de estos.

Considerando las grandes velocidades de las redes de datos y de computadoras, el explosivo crecimiento de la Internet con su protocolo de facto,

IP, así como el gran número de aplicaciones y servicios que surgen a diario, han llevado a que las grandes empresas constructoras y desarrolladoras de la tecnología basadas VSAT, tomen un sentido mucho más dinámico para adaptarse a estos cambios, siendo uno de los cambios más importantes la implementación de IP como protocolo nativo para las redes VSAT.

Actualmente, las redes VSAT están orientadas a eliminar esa pérdida de procesamiento en sus sistemas, los cuales les permitían la implementación de un sin fin de aplicaciones, a expensas de pérdida de tiempo de procesamiento tanto en el hub como en los sitios remotos, apostando a redes cuyo soporte sea directamente IP. Esto trae como consecuencia que los tiempos de respuesta del sistema mejoren sustancialmente, esto permite la implementación de aplicaciones de mucha más envergadura, mucho más ancho de banda y velocidad.

Considerando lo anteriormente mencionado y tomando en cuenta el perfil de los clientes VSAT se desprende el siguiente escenario actual de las redes VSAT:

- La necesidad de satisfacer nuevos mercados en corto tiempo, a un costo que permita la competitividad con respecto a otras opciones de servicios de telecomunicaciones hacen que las redes VSAT hayan cobrado impulso.
- Los desarrollos tecnológicos han permitido superar limitaciones sobre todo en aplicaciones orientadas a transmisiones satelitales, las evoluciones e innovaciones en este campo se aproximan cada vez más a la convergencia de tecnologías.

- La experiencia indica que no se pueden separar las aplicaciones de estas redes con la de otros sistemas de telecomunicaciones, por su interoperabilidad y su condición de servicios complementarios.
- Las redes VSAT significan un paso de adaptación entre la oferta de servicios de las operadoras de telecomunicaciones vía satélite y las necesidades específicas que las empresas demandan.
- Se instalan de forma rápida en las dependencias del usuario, por muy distantes y remotas que puedan ser éstas, dado el pequeño tamaño que tienen y que los únicos requisitos que deben cumplir son tener visibilidad del satélite, estar dentro de alguno de sus haces y utilizar el plan de Transmisión/Recepción adecuado.

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA PES 5000 DE HUGHES**

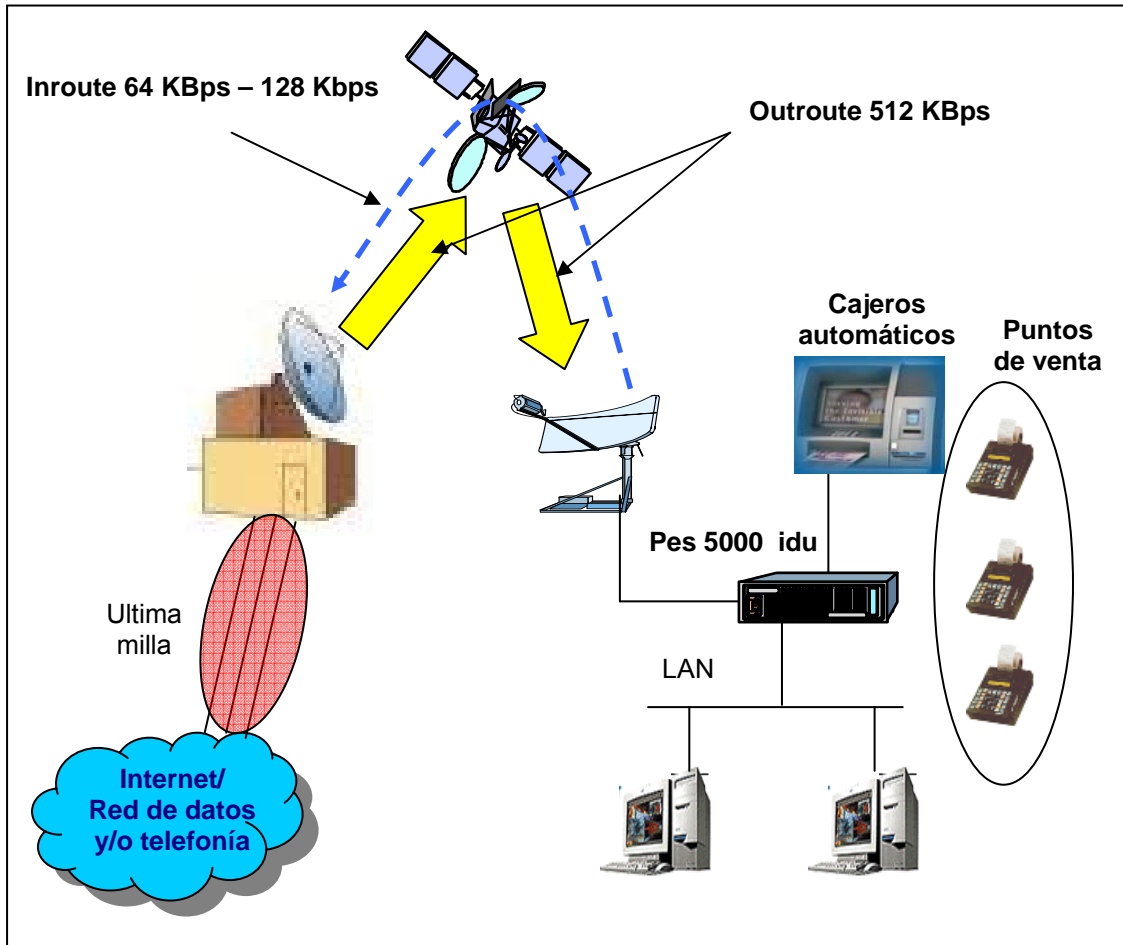
En este capítulo se estudian las características generales, los diferentes elementos y componentes de las redes VSAT basadas en la tecnología PES (Personal Earth Station, Estación Terrestre Personal) 5000. Con esto, se plantean las condiciones de operación de este tipo de redes VSAT, sus diferentes ventajas y virtudes, así como las desventajas que finalmente pueden llevar a la migración hacia la tecnología Direcway.

#### **4.1. Visión general del sistema PES 5000**

En la actualidad, los sistemas satelitales son capaces de recibir y transmitir información de diferentes tipos, sea tráfico de voz, datos o video. Gracias a la presencia del Hub, se pueden realizar diferentes procesamientos de estas señales en tiempo real, todo esto, previo a ser retransmitidos hacia su destino final. No obstante, aunque son capaces de manejar grandes anchos de bandas, así como un gran número de usuarios simultáneamente, su principal limitante sigue siendo la distancia que debe recorrer la información desde el origen hasta el destino.

Aunque el Hub hace que los retrasos de transmisión y recepción de la información se dupliquen, este elemento de la red VSAT permite que las antenas y equipos que se instalen en los sitios remotos de los clientes sean considerablemente pequeños, manejando niveles de potencia de transmisión de hasta 2 vatios como máximo, a diferencia de los sistemas SCPC los cuales requieren potencias de transmisión superiores a 5 vatios.

Se puede considerar al Hub como un centro de control y gestión de todas las señales, pero también es la última milla del sistema, ya que, a través de este, se tiene acceso a Internet, bases de datos, centrales telefónicas, etc.



**Figura IV-1. Modelo básico de una red VSAT PES 5000**

Las redes VSAT basadas en la tecnología PES 5000 fueron desde sus inicios, una solución para la interconexión (transmisión de voz, video, datos etc.) de diferentes puntos que se encontraban en sitios remotos esparcidos en una amplia región geográfica.

Esto es consecuencia de la principal ventaja de esta tecnología, la cual permite tener una sola estación principal (Hub central) y muchas estaciones remotas operando con diferentes protocolos y aplicaciones de capas superiores. Como un ejemplo práctico de la implementación de esta tecnología se puede mencionar las diferentes sucursales de una entidad bancaria las cuales se interconectan fácilmente vía satélite con las oficinas centrales, permitiendo así un intercambio dinámico de información. De esta forma, es posible comunicar cientos de estaciones remotas a una estación central sin mayor restricción sino la capacidad de almacenamiento y de procesamiento de la estación central.

#### **4.2. Características de la tecnología PES 5000**

Los sistemas que utilizan PES 5000 como plataforma VSAT para el manejo de su información, manejan un único outroute, este usualmente tiene una velocidad entre 256 Kbps y 512 Kbps, mientras que, pueden manejar de 1 a 32 inroutes a 64 o 128 Kbps. El acceso a cada uno de ellos es TDM para el primero y TDMA para el segundo. Como se puede apreciar, los enlaces son asimétricos, dándole mayor ancho de banda a las señales que van hacia los clientes. Por este motivo, cada una de las remotas debe competir para tener acceso a los recursos del sistema, ya que las transmisiones se realizan por ráfagas utilizando el enlace satelital como medio de transmisión.

Estas ráfagas de información que llevan los paquetes hasta el hub son sincronizadas de forma tal que, aunque el recurso es compartido y en contención, el acceso al medio es organizado, con esto se mejora la eficiencia del sistema y se reducen las pérdidas de paquetes. No obstante, para lograr esto se requiere un proceso previo a la puesta en marcha de la remota, a través del cual se identifica esta con el hub y se le asigna el tiempo en el cual va a tener acceso al medio, y por ende a los recursos del sistema.



Para el manejo de las ráfagas entre el hub y las remotas, se utiliza un protocolo desarrollado por Hughes Network llamado ODLC (Optimum Data Link Controller, Controlador de Enlace de Datos Óptimo) el cual está basado en el acceso aleatorio, pero organizado, de las ráfagas de las remotas al medio. Este protocolo es el medio utilizado para transportar la información de las capas superiores del modelo ISO/OSI a un lenguaje manejable tanto por el hub como por las remotas.

La red puede tener gran densidad de remotas (mas de 1000 estaciones) cuyo control recae en el hub, el cual está encargado de la organización del tráfico entre terminales, así como de la optimización del acceso a la capacidad del satélite.

Para utilizar más eficientemente el recurso satelital y por ende aumentar el numero de remotas servidas, se implementan técnicas de reuso de frecuencias por medio de la polarización de las antenas. La polarización de las señales permite la reutilización de frecuencias aprovechando las características electromagnéticas de estas. Por lo tanto, pueden usarse las mismas frecuencias pero con diferente polarización.

La polarización se logra considerando que los diferentes satélites geoestacionarios deben compartir un segmento de frecuencias (bandas de operación de 500 MHz). Siempre hay dos o más satélites que cubren un área geográfica común por lo que se recurre a estas técnicas que permitan reutilizar la misma frecuencia.

<b>Polarización</b>	<b>Ejemplo de Satélite</b>
LHCP (Left Hand Circular Polarized, Polarización circular mano izquierda)	INTELSAT
RHCP (Right Hand Circular Polarized, Polarización circular mano derecha)	INTELSAT
Lineal Vertical	PANAMSAT, NAHUEL, Intelsat 805
Lineal Horizontal	PANAMSAT, BRASILSAT

**Tabla IV-1. Ejemplo de las configuraciones de polarización de algunos satélites**

Generalmente, se utiliza una polarización para el enlace de subida (up-link) y otra para el enlace de bajada (down-link), estos son los enlaces conocidos como cross-pol. También existen satélites cuyos enlaces de subida y de bajada tienen la misma polarización, los cuales son denominados Co-pol.

Además de las características antes mencionadas que permiten brindarle servicios a un gran número de remotas, gestionadas por un solo punto central, esta tecnología puede ser implementada tanto para redes unidireccionales como bidireccionales. A continuación, se muestran algunas aplicaciones para cada tipo de configuración de red:

Redes unidireccionales:

- Transmisión de datos de la Bolsa de Valores.
- Difusión de noticias.
- Educación a distancia.
- Transmisión de datos de una red de comercios.
- Teledetección de incendios y prevención de catástrofes naturales

## Redes Bidireccionales

- Telenseñanza.
- Video conferencia de baja calidad
- E-mail.
- Servicios de emergencia.
- Telefonía
- Telemetría y telecontrol de procesos distribuidos.
- Consulta a bases de datos.
- Monitorización de ventas y control de stock.
- Transacciones bancarias y control de tarjetas de crédito.
- Periodismo electrónico.
- Televisión corporativa.

### **4.3. Componentes del sistema PES 5000**

La red PES 5000, cuenta con los mismos elementos que contaría una red VSAT, tiene sus equipos internos (IDU, Indoor unit o Unidad Interna), su equipamiento externo (ODU. Outdoor unit o Unidad Externa) así como el hub de gestión y de control de la red, donde todas las señales se encuentran y se distribuyen hacia sus destinos finales.

En líneas generales, las redes VSAT se compone principalmente de:

*Estación Maestra:* compuesta por la tradicional estación terrena satelital con equipos para la conmutación de paquetes y el equipo de banda base, así como lo referente al control y gestión de los recursos del sistema.

*Estación Remota:* Pequeña estación terrena compuesta por una antena y por una unidad interna del tamaño base de un PC de escritorio, así como el equipo del usuario el cual es conectado a uno de los puertos seriales de la unidad

interna o a un puerto ethernet, disponible en algunos modelos de esta tecnología.

Tomando en cuenta estos dos puntos, a continuación se describirán cada uno de los elementos que conforman la tecnología PES 5000.

#### **4.3.1. El Telepuerto**

Antes de describir las características de la red VSAT PES 5000, en este punto se comenta un poco acerca del Telepuerto, el cual es el centro que alberga al hub VSAT. Cabe destacar que las características del telepuerto para el hub de la tecnología PES 5000 son extensibles a la tecnología Direcway

El telepuerto no alberga solamente al hub VSAT, también puede contener equipamiento para el manejo de sistemas SCPC, control de los enlaces satelitales, entre otras. Es un punto de concentración y de monitoreo del tráfico, por lo tanto es considerado un nodo primario

Debido a la capacidad de tráfico que debe manejar, generalmente están compuestos por antenas de grandes diámetros (más de 6 metros.); HPAs (High Power Amplifiers, Amplificadores de alta potencia) de potencias superiores a los 100 vatios y cadenas de convertidores. A excepción de la antena, el resto del hardware posee redundancia automática.

La energía de un Telepuerto es provista por configuraciones que poseen respaldo de Sistemas Ininterrumpibles de Poder (UPS, Uninterrumpible Power Supply) y generadores que actúan como alternativa a la Red Pública en caso de que ésta se interrumpa.

### 4.3.2. El Hub

El Hub es el manejador centralizado de las PES remotas, así como el concentrador de todas las señales del sistema. Todo tráfico entre remotas debe pasar a través del Hub, esto quiere decir que el tráfico no puede pasar directamente de remota a remota sobre la línea satelital. Como se comento anteriormente, esto es debido a las dimensiones del equipamiento de las remotas así como de los niveles de potencia manejados por estas.

El Hub es un Terminal mediano de RF, con una antena en un rango de 4.5 a 9 metros de diámetro y un amplificador de alto poder (HPA) usado para transmitir el Outroute del Hub a las PES remotas. Su potencia de operación está en un rango de 25 a 300 W (Banda Ku) y 40 a 400 W (Banda C). El tamaño de la antena y la potencia del amplificador varían dependiendo del número de Inroutes y Outroute, así como de las características del transponder satelital.

Todas las transmisiones de los sitios remotos son enrutadas a su destino a través del Hub. El sistema está diseñado para hacer un óptimo uso de las capacidades del transponder satelital; esto es posible a través del uso de TDMA para Inroute y TDM para el canal de Outroute, como métodos de acceso al medio.

Para la transmisión de las señales, se debe tomar en cuenta que toda la información es multiplexada sobre una portadora TDM, por tanto, el Outroute puede ser cargado cerca de un 100% de su capacidad, sin afectar el comportamiento del sistema ni el rendimiento del mismo, de esta forma se reduce la cantidad de hardware necesario para el Hub. El uso de técnicas de transmisión TDMA en el Inroute habilita a un gran número de remotas capaces de compartir un solo canal de retorno con poco desperdicio de transmisión de tramas (reducción de colisiones).

El Hub puede ser considerado como una última milla para el acceso a los recursos del sistema. Sea para Internet, bases de datos, acceso telefónico, etc. el hub es el encargado de la organización, gestión y control de todas las señales, de forma tal que cada una sea llevada correctamente a su destino.

El Hub consiste de siguientes subsistemas:

### **Subsistema de Radio Frecuencia (SRF)**

Su función es la de recibir y amplificar los inroutes TDMA del satélite generados por las remotas y convertirlas en Frecuencias Intermedias (IF) a través de un arreglo de convertidores de bajada. También realiza la conversión de las señales IF que van en el Outroute a RF, para luego amplificarlas para su consecuente transmisión al satélite. El subsistema de RF también incluye elementos pasivos como la antena y el feed o bocina.

### **Subsistema Banda Base (SBB)**

Este subsistema forma la interfaz física y lógica entre la red PES 5000 y el equipo del cliente. Realiza la conversión de protocolos a nivel de los puertos del hub y lleva el control del flujo requerido para transmitir la información digital del cliente, desde el equipo del usuario al hub y finalmente a su destino. Se adapta a las funciones de supervisión, almacenamiento, multiplexación y demultiplexación. Los equipos asociados a este proceso son: el **NCC** (Network Control Processor, Procesador de Control de Red), el cual es el procesador de control de todo el sistema, el **DPC** (Data Port Cluster) que son los módulos donde se encuentran las tarjetas de datos asociadas a los puertos de las remotas, y el **VPC** (Voice Port Cluster) siendo estos los módulos donde se encuentran las tarjetas de voz.

En el DPC se encuentran los módulos que realizan la conversión de los protocolos que maneja el cliente al protocolo ODLC en el cual estos son encapsulados. Esto es de suma importancia dentro de esta tecnología ya que es lo que permite la interoperabilidad de diferentes protocolos sobre una misma plataforma, siendo esto una de las ventajas que en sus inicios le dio gran popularidad a los sistemas PES 5000. No obstante, consumen recursos del sistema que retardan el procesamiento de las señales y por ende el tiempo de respuesta de todo el sistema.

### **Subsistema de Frecuencia Intermedia (IF)**

Se encarga de demodular las señales IF recibidas por el subsistema de RF para luego convertirlas en uno o más tramas digitales en banda base. En la dirección de transmisión, este modula la componente banda base que conformará el Outroute TDM sobre una portadora de IF.

### **Subsistema de Control Central (SCC)**

Controla la red y está normalmente esta asociado a un Hub. La funciones de control, monitoreo y configuración de la red son realizadas por SCP (System Control Processor, Procesador de Control del Sistema). El sistema operador utiliza una Consola de operador Virtual (VOC, Virtual Operator Console) para configurar, monitorizar y controlar la red. El SCC puede controlar múltiples redes PES 5000 y múltiples bases de datos configuradas en red.

Mediante este subsistema, los operadores de la red pueden tener una visión completa de cada uno de las remotas que se encuentran activas. Una de las opciones más importantes con las que se cuenta en este subsistema es la posibilidad de asignar el tipo de protocolo utilizado por el cliente por medio de una actualización del software que se encuentra operativo en la IDU del sitio del

cliente vía el Outroute. Esto les permite a los clientes migrar de un sistema a otro sin que esto afecte sus comunicaciones.

#### **4.3.3. Red de gestión**

La red de gestión es la encargada de llevar control de todos los elementos del sistema PES 5000. A través de ésta, se tiene una visión completa del comportamiento de cada remota, control de cada uno de los protocolos que son asignados a cada puerto de estas, manejo del recurso satelital, entre otras muchas funciones.

Se encuentra en el Hub, y desde este punto se monitoriza toda la red de VSATs. Estas funcionalidades son realizadas por el sistema de Gestión de Red, también conocido por sus siglas en ingles Network Management System (NMS).

El NMS es un computador o estación de trabajo que realiza diversas tareas como:

- Configurar la topología de la red (puede desearse funcionar como una red de difusión, estrella o malla).
- Control y alarma.
- Monitorización del tráfico.
- Control de los terminales
- Habilitación y deshabilitación de terminales existentes
- Inclusión de nuevos terminales.
- Actualización del software de red de los terminales.
- Tareas administrativas, como por ejemplo: Inventario de los terminales, gestión de mantenimiento de los equipos, confección de informes, tarificación, etc.



En estos sistemas, el control de la red es sumamente importante. Esto es, considerando que no todas las remotas operan con los mismos protocolos, por lo que es fundamental tener un control de cuales puertos manejaran cuales protocolos, tanto a la hora de gestionar la red como para la tarificación.

El NMS está provisto de una interfaz dentro de la red que permite las operaciones de control, configuración y monitoreo de los puntos que conforman el sistema, todo esto con la finalidad de minimizar el riesgo de deterioro o de un bajo rendimiento de la red.

El NMS puede fácilmente aumentar y escalar con la red para soportar cualquier incremento de capacidad y carga.

Estos aspectos son muy importantes ya que una de las virtudes más destacadas de los sistemas PES 5000 es la capacidad de manejar un gran número de remotas, cada una de ellas con diferentes protocolos y aplicaciones de capas superiores.

#### **4.3.4. Terminales Remotas**

Las terminales remotas del sistema PES 5000 pueden estar geográficamente localizadas en sitios dispersos. Las terminales PES conectadas con el equipamiento del cliente se comportan como una red LAN, red de computadores, etc.

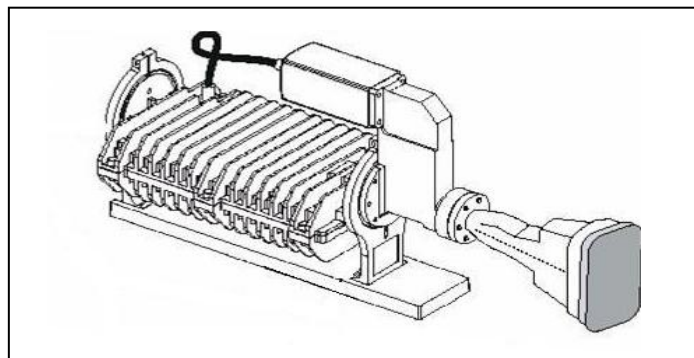
Las terminales remotas están compuestas por los siguientes elementos:

## Antena

Consiste en una estructura sencilla pero fuerte, adecuada para soportar las inclemencias del medio ambiente, un alimentador de las señales y un reflector de antena. Las antenas remotas, para la banda Ku, son típicamente de diámetros de 0,75 m y 1,2 m, para potencias de transmisión de ½ vatio y 1 vatio respectivamente, mientras que para banda C las antenas pueden llegar a diámetros entre 1,8 metros y 2,4 metros con potencias de 2 vatios. Gracias a estas dimensiones, los tiempos de instalación son relativamente cortos.

## Unidad Externa (Outdoor Unit, ODU)

La ODU es una estructura integrada que contiene toda la electrónica de la RF, incluyendo los down-converters y up-converters, amplificador de estado sólido (SSPA), amplificador de bajo ruido (LNA), bocina, y mezclador (OMT). El sistema esta diseñado (dependiendo del modelo de la ODU) tanto para operar en Banda C o como en Banda Ku.



**Figura IV-1. Modelo de ODU PES 5000 ver 2 de 1 vatio de potencia y con polarización vertical**

### **Cable IFL (Interfacility Link)**

Este cable es el encargado de la conexión entre el equipo interno (IDU) y el externo (ODU), llevando señales tanto de transmisión como de recepción; existen varios modelos, que son utilizados dependiendo de la longitud requerida.

### **Unidad Interna (Indoor Unit, IDU)**

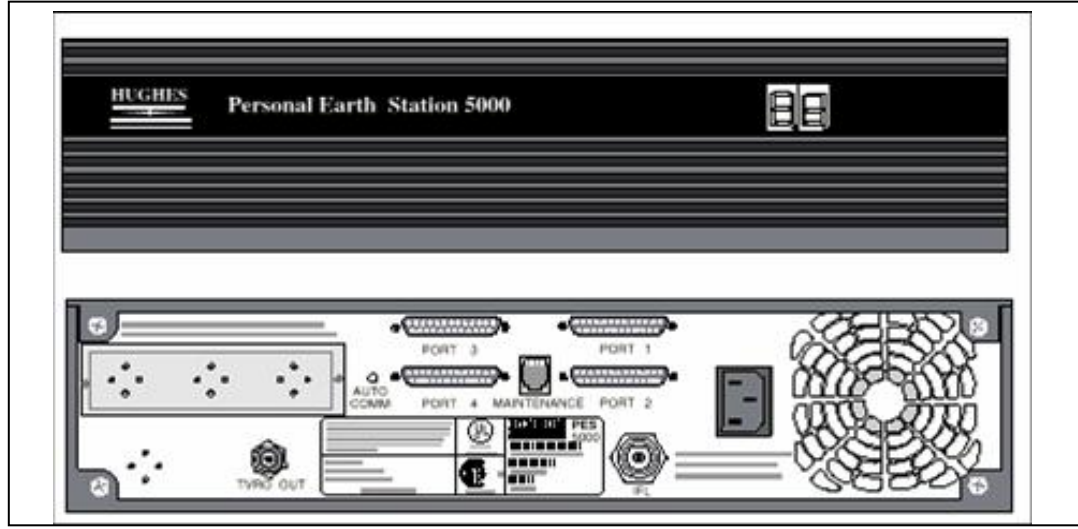
La IDU es el elemento de red que proporciona todos los aspectos relativos al procesamiento de las señales digitales de datos, voz y video recibidos mediante el outroute, así como el procesamiento de aquellas que van a ser transmitidos a la red por medio del inroute. También procesa las señales emanadas por el hub para aceptar la información de los protocolos que serán manejados por puertos.

Las IDU de la PES 5000, es una unidad compacta que se adapta a todas las funciones y protocolos definidos para ella en el Hub. Esta compuesta por tarjetas de puerto integradas (IPC, Integrated Port Cards) por las cuales el Hub descarga el programa con el protocolo requerido para esa localidad en el momento de su configuración, además de establecer sus características técnicas y la velocidad del puerto. Cada puerto de cada tarjeta permite la comunicación de los equipos de los usuarios y funciones de supervisión y control a través de la red PES 5000. Consta también de una tarjeta encargada de la conversión de las señales de RF en IF para que luego ser entregada (o recibida) al equipamiento del cliente.

La alimentación de este equipo puede ser tanto por corriente alterna (AC) como por corriente directa (DC), dependiendo de los requerimientos del cliente.

Esta unidad acepta la conexión directa a usuarios de una LAN o por puertos seriales. Este producto provee comunicaciones de datos, LAN y Broadcast de Vídeo, siendo la voz el único servicio que actualmente no soporta, para solucionarlo, se le colocó una tarjeta la cual permite la habilitación de voz directamente por los puertos de la IDU. La unidad, posee solamente una tarjeta de puertos para datos denominada IPC (Integrated Port Card, Tarjeta de Puertos Integrada) la cual tiene integrada un módulo PLC (Port Level Conversion Module, Modulo de Conversión de Niveles de Puerto) que provee dos puertos más al sistema a través de una PLC externa. Adicionalmente, es posible colocar una tarjeta de interfaz LAN (Local Area Network) para Ethernet o Token-Ring. El sistema PES 5000 también es capaz de recibir señales de vídeo analógico y digital TVRO (Television Receive-Only).

Hughes Network tenía planificado utilizar el conector TVRO como puerto para que la IDU fuese utilizada como un decodificador de señales de TV con miras a penetrar el mercado masivo de televisión satelital, no obstante, las dimensiones del equipo, así como un las limitantes en el ancho de banda disponible hicieron que esta idea fuese desechada. Sin embargo, este puerto es utilizado ampliamente a la hora de la instalación y revisión de estos equipos ya que, por medio de un analizador de espectro conectado a este y ajustado a la frecuencia adecuada se puede observar la portadora del outroute, lo cual resulta muy útil a la hora de realizar diagnósticos de problemas o para determinar si el nivel de la señal recibida es el adecuado.



**Figura IV-3. Visión Frontal y Posterior de una IDU PES 5000**

#### **4.4. Operación del sistema**

La operación de las redes soportadas bajo la tecnología PES 5000 se puede describir brevemente de la siguiente manera: Los sitios remotos envían tramas de datos en ráfagas sobre un canal común de radio frecuencia (RF) hacia el Hub en combinaciones utilizando TDMA como método de acceso al medio. El Outroute opera con la técnica TDM (Multiplexación por división de tiempo) a través de una trama de bits continuos de 256 Kbps o 512 Kbps, en el cual se concatenan paquetes de longitud variable.

Profundizando un poco, el sistema posee varios métodos de transmisión de las tramas. En función del método de transmisión empleado (stream, aloha o transaction-reservation) la prioridad y clase de servicio es asignada a los enlaces establecidos. Los inroutes utilizados por las estaciones para la comunicación hacia el Hub operan con las técnicas de transmisión FDMA/TDMA (Múltiple Acceso por división de frecuencia/Múltiple Acceso por división de tiempo) a través de tramas de bits de 64 Kbps o 128 Kbps.

En los siguientes puntos se describen las características de operación mas importantes de este sistema, esto con la finalidad de poder plantear claramente en los capítulos posteriores las diferencias operativas entre PES 5000 y Direcway

#### 4.4.1. Protocolo ODLC

El sistema PES 5000 es capaz de comportarse como una interfaz directa con los protocolos de los usuarios, de forma tal de “esconder” el enlace satelital. Para ello, utiliza un protocolo interno llamado ODLC, (Optimum data link control), este tiene la finalidad de reducir la cantidad de tráfico enviado sobre el segmento espacial, mejorando así el tiempo de respuesta de la red. Esto es especialmente importante con aplicaciones que son sensibles a los retrasos.

Este protocolo es transparente para la información final del usuario, no obstante mejora significativamente el comportamiento de la red, así como su capacidad de intercambio tráfico entre un gran número de remotas y el hub.

Los protocolos que soporta incluye: serial sincrónico y asincrónico así como protocolos LAN.

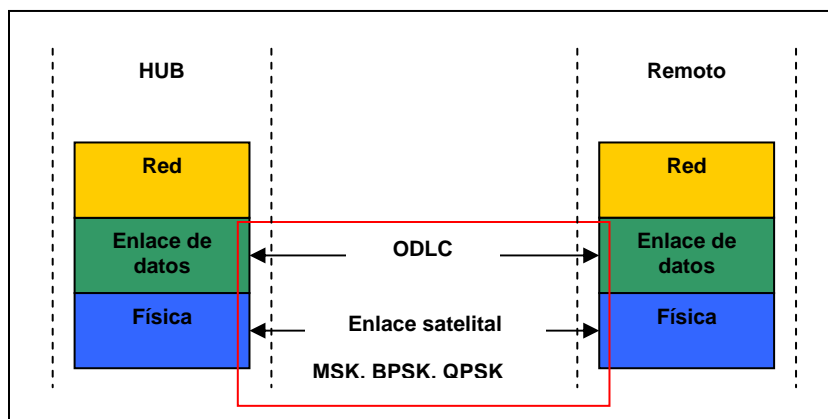


Figura IV-4. Protocolo ODLC con respecto al Modelo de referencia ISO/OSI

Cada puerto de una PES 5000 puede operar usando diferentes protocolos. Los protocolos usados por un puerto pueden ser cambiados desde el Hub por medio del software de control de la red. Una sola IDU puede soportar múltiples secciones lógicas; dentro de las cuales se pueden mencionar:

- Ethernet (10 Mbps)
- Token-Ring (4/16 Mbps)
- TCP/IP
- Enrutamiento IP
- Protocolo punto a punto/protocolo de línea serial Internet (PPP/SLIP)
- X.25
- AsyncPAD
- System Network Architecture/synchronous data link control (SNA/SDLC)
- SNA/SDLC PU2.1 (LU6.2)
- Telnet
- Datos asíncronos
- Comunicación sincrónica Binaria (BSC) 3270
- BSC 2780/3780
- Frame transparent
- HDLC
- X.3/X.28 PAD
- Bit and byte transparent

Además de los protocolos mencionados anteriormente, soporta las siguientes interfaces físicas: Apple Attachment Unit Interface (AAUI), Token Ring, 10BASET, 10BASE2, RS-232, RS-422 y V.35.

La finalidad del protocolo ODLC, como se menciona anteriormente, es la de “esconder” los protocolos de capas superiores que se encuentran operativos en

el sitio del cliente, con esto se tiene un medio estándar para transportar cualquier tipo de protocolo ya que la información es encapsulada dentro de ODLC.

Se podría describir a este protocolo como un protocolo de capa 2 inferior ya que en el se soportan otros protocolos de capa 2 como Ethernet y PPP. La organización de la trama de ODLC esta íntimamente ligada al enlace satelital, particularmente del sentido en el que va la información. No obstante, consta de dos modos de operación básico: Passthrough y Protocol Processing.

En el modo de operación Passthrough el protocolo ODLC sirve sólo de transporte de los protocolos de capa superior utilizados por el cliente, es decir, al llegar al Hub, este saca la información e inmediatamente la retransmite sin hacerle ningún tipo de cambio o procesamiento. El modo Protocol Processing, a diferencia del anterior, si prepara y modifica la información encapsulada en ODLC, aunque este método consume más recursos del sistema es el más utilizado ya que de esta forma se puede manejar la información transportada para que esta llegue adecuadamente a su destino.

El protocolo ODLC difiere en su operación dependiendo del sentido de la información, esto es refiriéndose a si es el Outroute o si es el Inroute. En los siguientes puntos se describe a nivel de trama el funcionamiento de este protocolo.

#### **4.4.2. Acceso satelital**

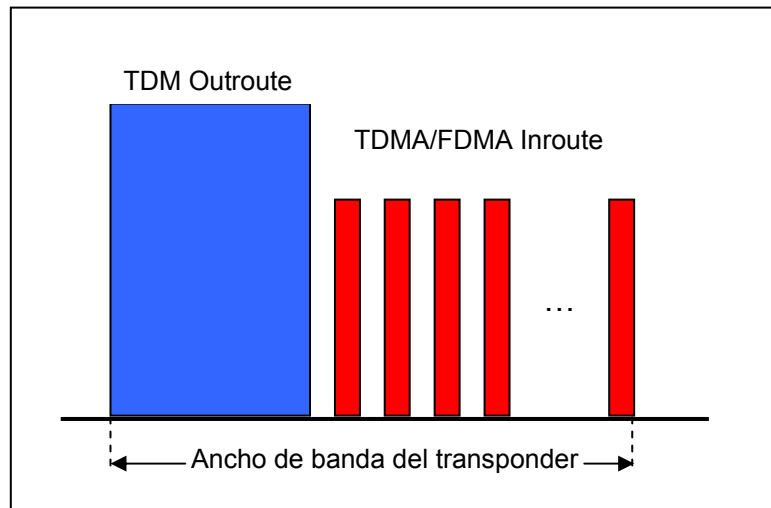
En esta sección se describe el método de acceso de las remotas y del hub a los recursos satelitales, su relación con el protocolo ODLC en el cual se transporta la información, los modos de operación de las diferentes tramas y la organización de los puertos de las remotas.



#### 4.4.2.1. Organización del enlace satelital

Para el manejo del sistema, se define al Hub y a sus remotas como una red. Una red consiste en el equipo de control y gestión del sistema localizado en el Hub, soportando cierto número de puertos del Hub y muchos sitios remotos. El máximo número de puertos de Hub depende de la velocidad de cada puerto, así como de los tipos de puertos usados. Cada remota opera en una sola red a la vez, pero puede ser reconfigurada mediante software de una red a otra.

El sistema solo soporta comunicaciones Hub-a-remota y remota-a-Hub. Como se menciono anteriormente, una red esta formada por un Outroute con capacidad de hasta 32 inroutes. Los Outroute y los Inroutes son transportados entre el hub y las remotas por medio del enlace satelital.



**Figura IV-5. Disposición de las señales del Outroute y del Inroute**

Los puertos en la remota transmiten hacia el Hub usando las portadoras de RF de los inroutes. Los diferentes inroutes dentro de una red pueden operar a distintas velocidades. Las remotas también pueden operar de dos formas: a una sola velocidad o como una estación de solo recepción (receive-only).

Es importante destacar, que aunque los puertos de las remotas bidireccionales pueden operar con diferentes protocolos, todos ellos comparten un solo inroute a la vez. El operador, cuando configura una remota, selecciona el inroute a la cual pertenece, y al momento de transmitir, esta opera en ese inroute. Este inroute se conoce como *home inroute*. El operador del Hub puede configurar una remota para estar autorizada o no de cambiar de inroute para obtener asignación de ancho de banda. El operador organiza las diferentes inroutes de las redes en grupos de inroute de una o más inroutes. Una remota es un miembro de su grupo de *home inroute*. Cuando una remota cambia de inroute para obtener más ancho de banda, esta solo lo puede hacer a una inroute de su mismo grupo. Si las necesidades de comunicación exceden la capacidad de la red, se puede agregar una segunda red. Si se utiliza un mismo Hub, gran parte del equipo puede ser compartido reduciendo los costos.

Cada Hub esta independientemente conectado al SCC. Cuando el SCC está colocado en el mismo lugar, se realiza a través de conexiones directas.

Una sola interfaz SCC normalmente controla y monitorea hasta dos redes. Las redes que son controladas y monitoreadas por una sola conexión al SCC se conocen como *Network Group*. Aunque las redes comparten una misma interfase. Las redes dentro del mismo *Network group* operan independientemente.

Resumiendo, la jerarquía del sistema es como sigue:

- Un sistema consiste en un SCC, uno o más Hub y muchas remotas.
- Un Hub consiste en uno o más *Network groups*, cada una comunica con el SCC, a través de una sola interfase de monitoreo y control.
- Un *Network group* consiste en una o dos redes.
- Una red consiste en:

1. Una colección de puertos del Hub que transmiten sobre el mismo outroute.
  2. Una colección de sitios remotos que transmiten usando 1 a 32 inroutes.
- Los inroutes están organizados en *inroutes group*
  - Una remota tiene uno o más RPC. Cada RPC provee uno o más puertos.

#### **4.4.2.2. Descripción del Outroute y del Inroute**

Debido a la manera como se definen las redes, cada puerto particular remoto o del Hub es miembro de una sola red. Dentro de su red, cada puerto tiene una velocidad única (administrable por el operador de la red). La red soporta dos tipos de interconexión:

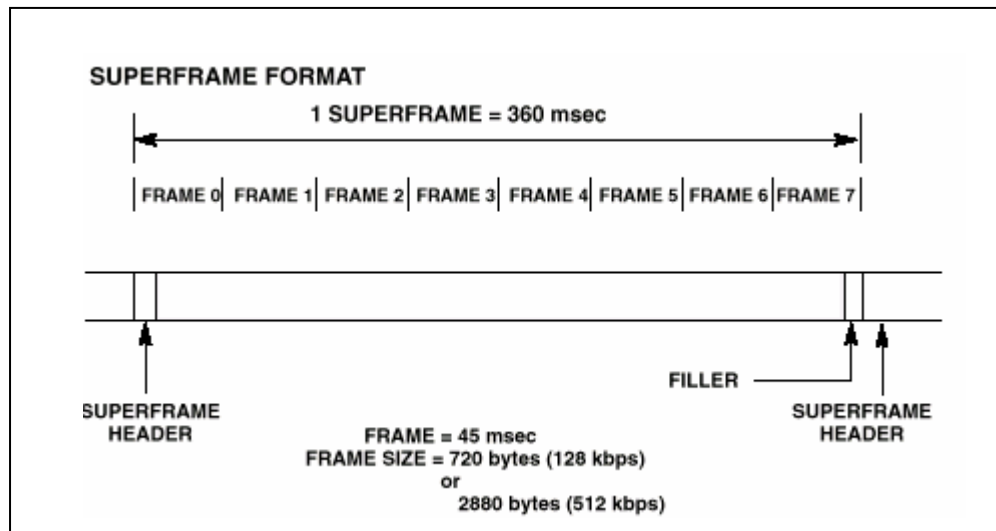
- Secciones punto a punto; un flujo de datos full duplex conecta un puerto del Hub con un puerto remoto. Esto se refiere al enrutamiento y al direccionamiento de los paquetes; por ejemplo, informar a los puertos cual debe ser la dirección de destino de sus datos.
- Secciones punto a multipunto: un puerto del Hub se comunica con varios puertos remotos. Lo recibido por el puerto del Hub es transmitido simultáneamente a un grupo de puertos remotos. Estas secciones pueden ser de solo recepción o bidireccionales, con los puertos remotos esperando su turno para transmitir por el inroute.

Dependiendo de la aplicación, un puerto puede soportar simultáneamente secciones de ambos tipos.

#### 4.4.2.2.1. Descripción del Outroute

El Outroute es una trama de bits continuos de 512 Kbps en el cual se encuentran concatenados paquetes de longitud variable con codificación de FEC 1/2. Cada cierto tiempo, los DPCs (Data Port Clusters) son interrogados en función de su clase de servicio con la finalidad de estructurar los paquetes que serán transmitidos por el Outroute. La transmisión utilizada es la Transmisión Multiplexada por División de Tiempo, donde cada remota recibe todos los paquetes de datos enviados por el Hub pero lee solamente la información que va dirigida a ella en particular

*Periódicamente, el Hub inserta en el outroute un paquete de sincronización conocido como superframe header (cabecera de Supertrama). Este sirve para sincronizar las remotas de la red con el Hub. El período entre paquetes de sincronización es el tiempo de superframe (360 ms).*



**Figura IV-6. Formato de la super trama del outroute**

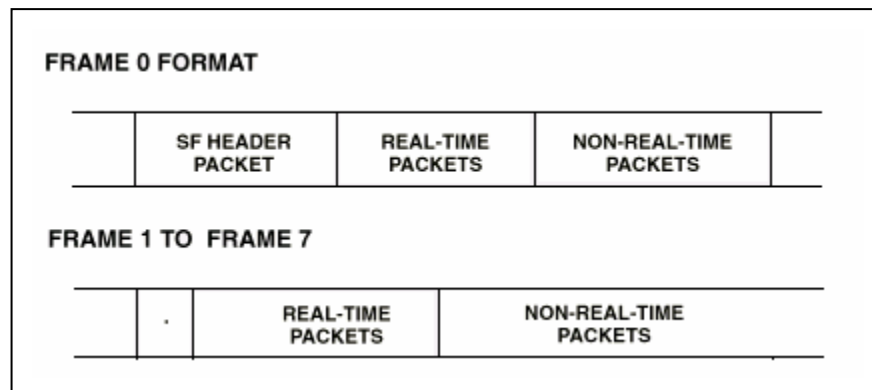
El outroute se asigna por demanda, es decir que una fuente no hará uso del recurso a menos que tenga un paquete listo (o más) para ser enviado. Esto

permite que el uso del espacio satelital sea mucho mas eficiente, evitándose colisiones innecesarias.

Todas las remotas tienen acceso al outroute no obstante, cada una de ellas solo puede recibir a aquellos paquetes dirigidos a cada una en particular, es por esto que para el aspecto de seguridad, cada paquete esta individualmente protegido por un chequeo de código de redundancia cíclica (CRC) para garantizar la integridad del mismo.

El outroute, está subdividido en tramas, cada una de 45 milisegundos de duración. Existen 8 tramas por supertramas numerados del 0 al 7.

Las fuentes de paquete en el Hub están priorizadas en dos categorías, realtime y non-realtime (tiempo real y tiempo no-real). La fuente realtime tiene garantizada una oportunidad para transmitir exactamente una vez por cada trama, es decir, cada 45 milisegundos. Las fuentes non-realtime sólo tienen oportunidad de transmitir tan rápido como sea posible dependiendo, del ancho de banda remanente en el outroute.



**Figura IV-7. Formato de las tramas que componen al outroute**

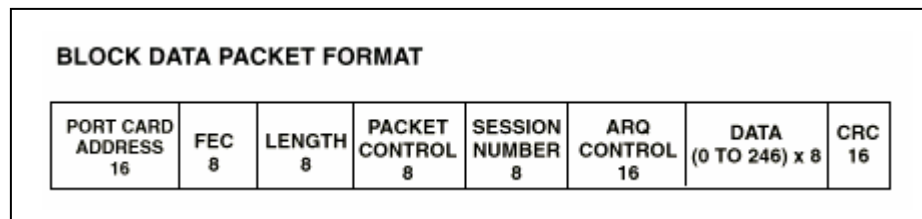
La arquitectura del sistema, para el propósito de acceso al enlace satelital, organiza los puertos del hub en grupos conocidos como clusters. Cada cluster

opera como fuente realtime o non-realtime. Cada clusters contiene uno o más puertos del hub.

Dentro de la trama del outroute, la ventana de tamaño para los paquetes realtime y non-real-time es ajustable, permitiendo que, dependiendo del tipo de paquete, o según la aplicación relacionada a dicho paquete, se le asigne de forma dinámica mayor espacio del outroute.

### Mensajes de supervisión

Se necesitan varios procesos de supervisión para poder administrar la red, estos procesos se llevan a cabo desde el Hub. Para lograr esta labor se transmiten tantos paquetes de supervisión como sean necesarios en el outroute. El más importante de estos paquetes es el *superframe header* que lleva parámetros fundamentales para la operación de la red. El Hub envía un paquete de *superframe header* una vez por *superframe* y va al principio de cada uno de estos. Casi todos los paquetes de supervisión son enviados en non-realtime. Solamente los paquetes que deben ser recibidos con sincronización exacta, tales como los relacionados con cambios en la asignación de ancho de banda, son enviados en realtime. El diseño del sistema garantiza que estos paquetes de supervisión ocupen sólo una parte limitada de cualquier outroute frame.



**Figura IV-8. Formato del bloque de paquetes de datos que son transportados dentro del protocolo ODLC**

En la figura IV-8, se puede observar el nivel mas interno de la trama del outroute, de esta forma es como se organizan los paquetes dentro de las tramas sean real-time o non-real-time. Existen ciertas diferencias al tratarse de bloques de datos de voz, no obstante, para la tecnología PES 5000, al manejo de voz no fue totalmente desarrollado, esto es debido a los retrasos en el procesamiento de los paquetes al requerir su conversión de formato de voz digital a ODLC.

El manejo de la voz por medio de esta tecnología no ofreció los niveles de calidad esperados ya que existen muchos procesamientos de los paquetes que hacen que los tiempos de respuesta sean lentos, si a esto se le suma el hecho de la existencia del doble salto satelital, la degradación de la calidad de la voz se hace muy perceptible.

Estas condiciones se le pueden adjudicar a las videoconferencias las cuales también sufren por este retraso.

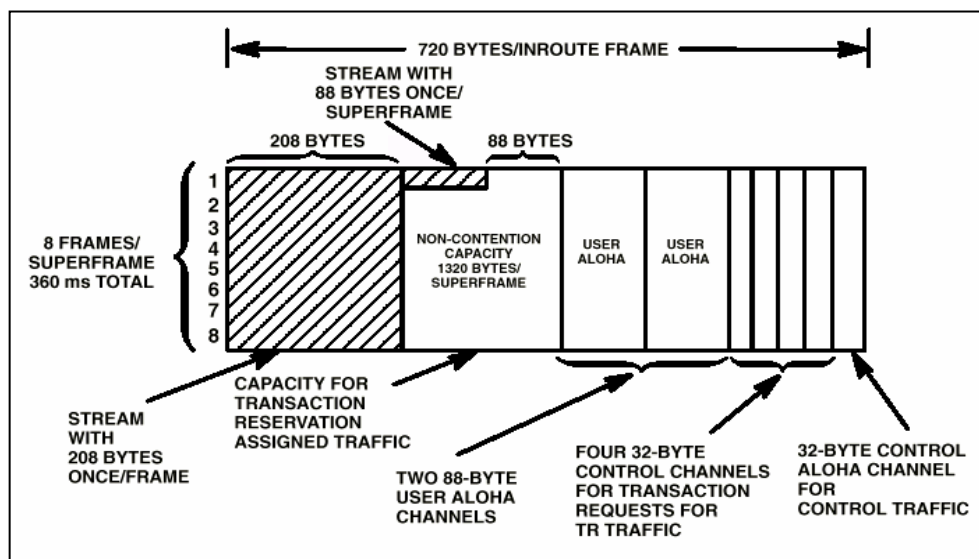
Estas son unas de las tantas razones por las que la comunicación bidireccional de esta tecnología fue limitada a tráfico de datos o a video y voz de baja calidad.

#### **4.4.2.2.2. Descripción del Inroute**

Los Inroutes son utilizados para la comunicación de las remotas hacia el Hub y típicamente son de 64 Kbps o de 128 Kbps. Los datos en los Inroutes son paquetizados y transmitidos como *bursts* (ráfagas). Esa transmisión se realiza por TDMA. En los sistemas PES 5000 se cuenta con un máximo de 32 inroutes, que pueden ser asociados a un outroute.

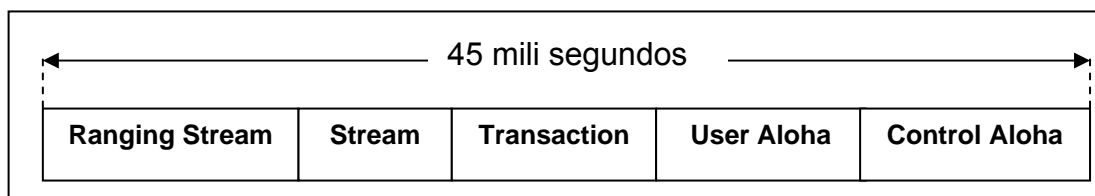
Tanto el inroute como el outroute, se subdividen en *superframes* de 360 ms y en tramas (frames) de 45 milisegundos, con 8 frames por superframes. El formato de cada frame de un inroute individual es muy diferente a la trama del outroute.

En la siguiente IV-9, se muestra la supertrama del outroute en su totalidad, compuesta por 8 tramas en las cuales el usuario coloca la información a ser llevada al hub por medio del enlace satelital.



**Figura IV-9. Formato final de la super trama del Inroute**

El inroute se divide en un número entero de slots (ranura). Un slot es un número entero de bytes. Un slot de un inroute de 128 Kbps es de 8 bytes de duración. Un slot de inroute de 64 Kbps es de 6 bytes de duración.



**Figura IV-10. Formato de la trama del inroute**



Los slots (ranuras) que configuran un frame están asignados para las diferentes clases de tráfico que transporta un inroute. Estos son descritos a continuación:

**Ranging Stream:** Es usado para comisionar las remotas de la red. Es decir, hacer que una remota recién instalada opere en la red por primera vez. El comisionamiento de la remota implica el ajuste correcto de la potencia de transmisión y *time offset* (ajuste del tiempo requerido para la ida y vuelta de la señal al satélite). El operador puede configurar uno o más inroutes con ranging stream. El tamaño del stream también configurable, es típicamente de 7 slot de duración para inroutes de 128 Kbps y de 8 slot para inroutes de 64 Kbps.

**Stream:** Un puerto de remota que tenga un stream, tiene garantizado una porción fija del inroute una, dos cuatro u ocho veces por superframe. Este acceso es la mejor forma para un usuario que requiere una alta capacidad de tráfico. El tamaño de los mensajes puede ser constante o variable, pero el flujo de tráfico deberá ser consistente o pesado. Este método es el que puede ser utilizado para el servicio de voz o para datos sensibles al tiempo.

**Transaction Reservation:** Todos los slots no ocupados por streams y aloha están disponibles para tráfico de usuario de transaction/reservation. El puerto reserva un slot de transaction reservation enviando un mensaje de solicitud al Hub para ejecutar esta aplicación. El Hub responde con un mensaje de respuesta de transaction, que identifica en cuales slots esta autorizado el puerto para transmitir. Una explícita reservación puede ser generada para transmitir transacciones de datos en un tiempo específico para un usuario, permitiendo su acceso al Inroute. Este método de acceso es ideal para transacciones que por lo general son muy grandes. El tiempo de respuesta para este método es mayor que el de otras técnicas, sin embargo, es más consistente para el manejo del tráfico.

**User Aloha:** La contención por slots realizada por User Aloha puede ser utilizada para transacciones de datos cortos y uniformes. En este modo, un grupo de Ts están disponibles para muchos usuarios que tienen acceso esporádico al sistema para enviar pequeños mensajes de datos o control. Es posible que en ambientes con muchos usuarios que se encuentren transmitiendo simultáneamente, existan colisiones en las transacciones, necesitando posteriormente realizar una retransmisión. Por este motivo, los mensajes a transmitir por este método de acceso deben ser cortos.

La transmisión con User Aloha es efectiva cuando:

- El tráfico de usuario es muy pequeño, es decir, cuando el puerto remoto necesita transmitir solo ocasionalmente.
- El tráfico de usuario puede ser enviado en paquetes relativamente uniformes.
- El puerto remoto transmite típicamente un solo paquete a la vez.

**Control Aloha:** Es una sección de la trama, compartida entre los puertos remotos para transportar mensajes de supervisión que pueden ser utilizados para respuestas a un mensaje supervisión del outroute o pueden no haber sido solicitado.

El tráfico del usuario es transportado usando stream, transaction reservation o user aloha. La técnica usada se configura para cada remota. Cuando los puertos remotos en la misma RPC son configurados para stream, comparten el mismo ancho de banda.

## **4.5. Configuración típica de una red VSAT basada en PES 5000**

En este punto se muestra una configuración típica utilizando la tecnología PES 5000. Dicha configuración es una red X.25, siendo esta una de las configuraciones mas utilizadas para transacciones bancarias de cajeros automáticos, en las cuales se envía la información de los clientes para el manejo de sus cuentas. También es muy implementada en el mundo de las apuestas y carreras de caballos.

Este ejemplo es tomado de un caso real, en el cual la red se encuentra operativa, no obstante, han sido alterados de forma tal que su enfoque sea orientado para observar el comportamiento y desempeño de la tecnología PES 5000. Es por esto que gran parte del detalle técnico ha sido omitido.

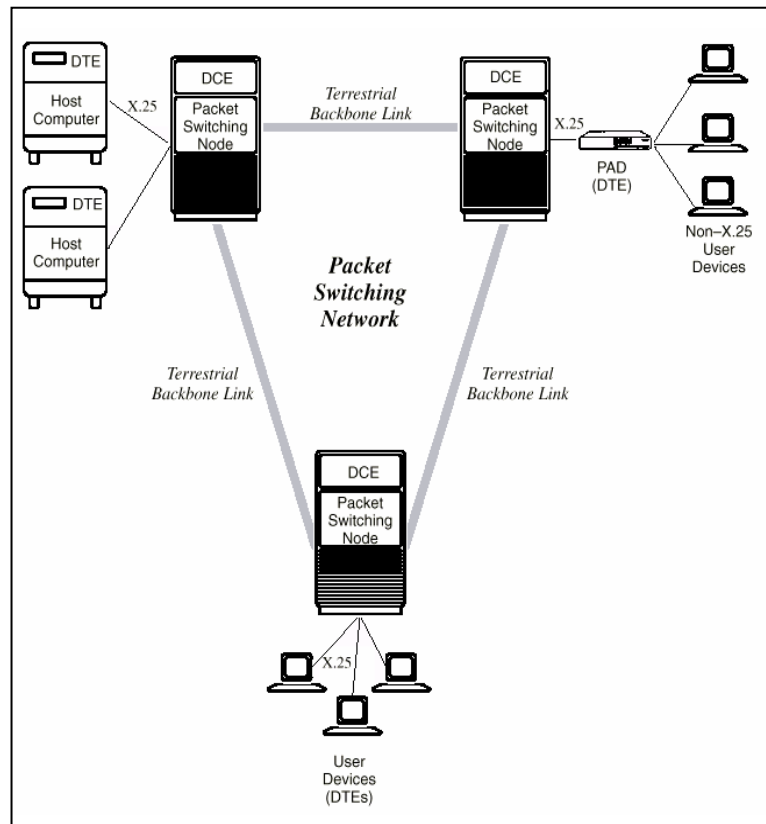
### **4.5.1. Estudio de una red X.25 utilizando la tecnología PES 5000**

Una red básica X.25 esta compuesta por una central de información y varios puntos remotos interconectados entre si. Estas redes tienen la particularidad de utilizar muchos recursos por el gran numero de intercambio de paquetes de acuse de recibo que ocurren tanto a nivel de la capa de enlace de datos como a nivel de la capa de red, no obstante, esta condición las hace ser muy seguras y robustas.

Su implementación esta orientada al intercambio de datos de baja velocidad, es por esto que son ampliamente utilizadas en las redes bancarias, particularmente, en lo concerniente a los cajeros automáticos.

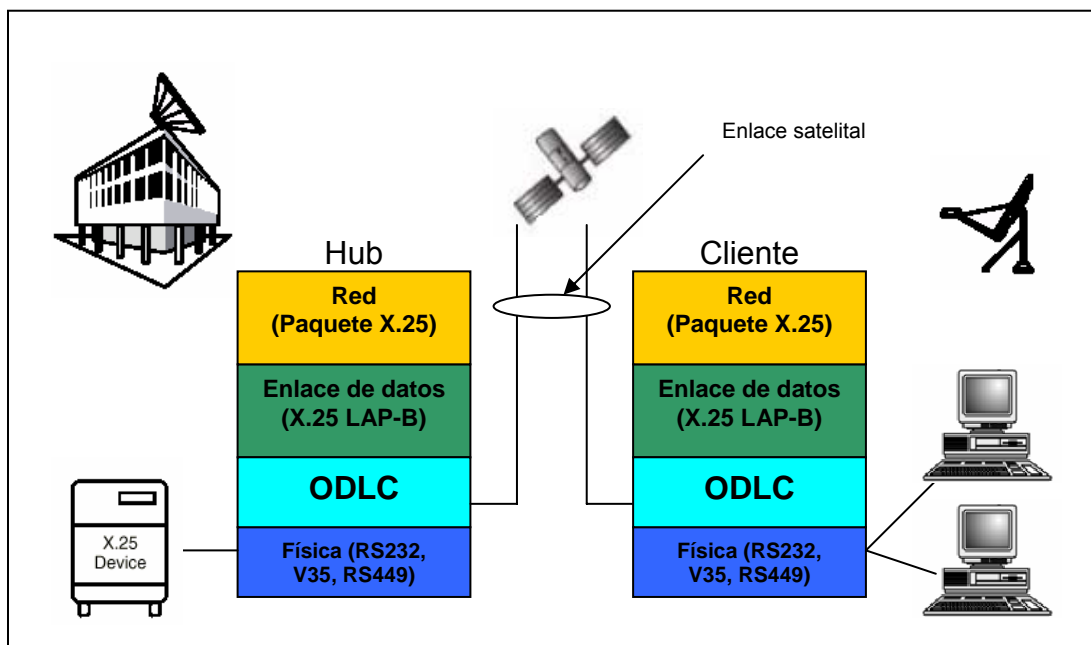
Otro factor importante que hace que este tipo de redes sea tan popular en las redes de los bancos es el hecho que estas fueron las primeras redes de datos que ofrecían altos niveles de seguridad, por lo que están ampliamente

instaladas, esto es antes del auge de TCP/IP y los medios de transmisiones de alta velocidad sobre pares de cobre, cables coaxiales, fibra, etc. No obstante, como la información que transportan no requiere grandes anchos de banda, no es necesario cambiar toda la infraestructura de red bancaria sino más bien, realizar ajustes a nivel de los extremos para mejorar el comportamiento del sistema.



**Figura IV-11. Red X.25 típica basada en la tecnología PES 5000**

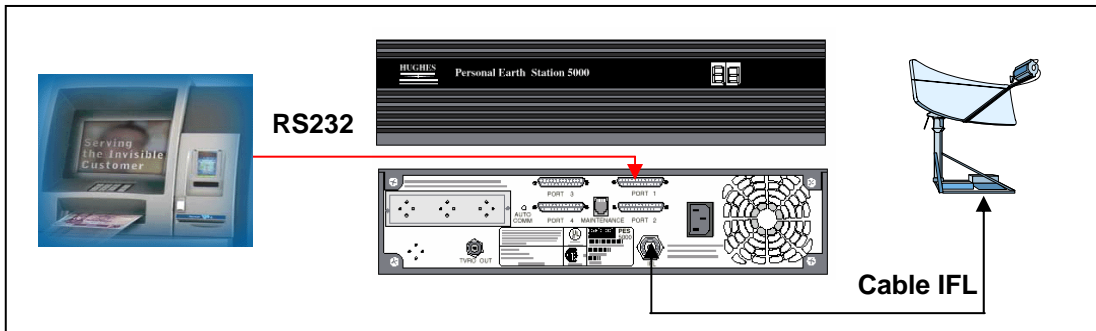
Al implementar una red X.25 por medio de un enlace satelital se deben considerar estos tiempos de intercambio de paquetes inherentes a las características de operación de X.25, es por esto que, el protocolo ODLC encapsula la información de las capas superiores para que luego los extremos las utilice adecuadamente.



**Figura IV-12. Procesamiento de protocolo X.25 según PES 5000**

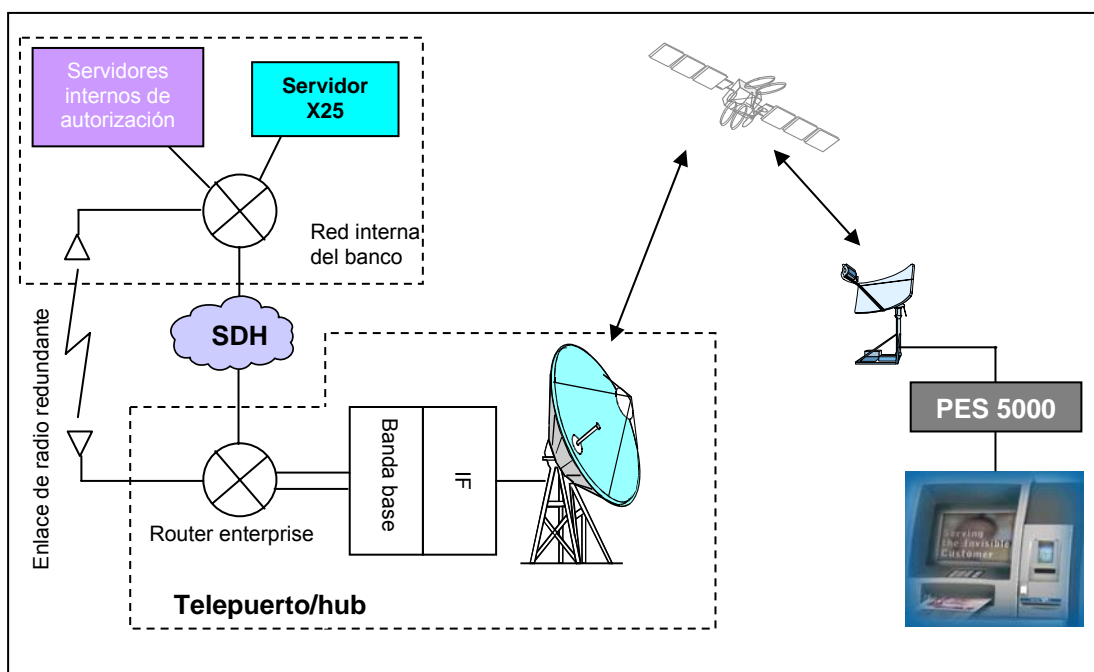
Como se puede observar, toda la información del protocolo se encapsula en ODLC, siendo este protocolo el utilizado para transportar la información en el enlace satelital.

La red X.25 en estudio esta compuesta por varios cajeros automáticos dispersos en una amplia región geográfica. Cada uno de los puntos cuenta con una reflector de 0,75 m de diámetro, su respectivo cableado y equipamiento externo. El equipamiento interno, IDU, es un modelo de PES 5000 para banda Ku en el cual se conecta uno de los puertos seriales a la terminal bancaria que sirve de interfaz con el usuario, tal como se muestra en la figura IV-13.



**Figura IV-13. Diagrama de los elementos mas importantes de un sitio remoto en una red bancaria de cajeros automaticos**

La topología de la red de comunicaciones de un banco con uno de sus cajeros automáticos, utilizando la tecnología PES 5000 como red de transporte de datos, en líneas generales, es la mostrada en la siguiente figura



**Figura IV-14. Diagrama de bloques de una red de datos X.25 soportada en la tecnología PES 5000**

De la figura IV-14 se desprende el siguiente proceso: el Hub recibe los datos ingresados por el usuario en el cajero automático, este realiza las conversiones necesarias para preparar la información de forma tal que la IDU la pueda manejar. Posteriormente, la IDU la encapsula en el protocolo ODLC.

Usualmente, para este tipo de tráfico se utiliza **transaction reservation** por medio del cual se reservan los recursos para una interacción de pregunta-respuesta entre los dos extremos, de esta forma se utiliza eficientemente el recurso satelital ya que cada extremo tiene su tiempo asignado para realizar la transferencia de información evitándose de esta forma que se este enviando la información constantemente lo cual podría traer como consecuencia la presencia de colisiones que retrasen el tiempo de respuesta del sistema. Esta mejora en la capacidad del sistema trae como consecuencia que el tiempo de respuesta sea mas largo, a diferencia de lo que ocurriría si se utilizase Stream o Aloha.

El Hub recibe la información y la lleva a los puertos DPC asignados a esa remota en particular, en este punto, la información se convierte a banda base, por lo cual es llevada al enrutador principal, conocido también como *router enterprise* el cual se encarga de llevar la información a su destino final. Cabe destacar que en la figura se omitieron ciertos bloques como los firewall, puntos de control dentro del Hub entre otros mas, los cuales garantizan la integridad de la información así como su correcto direccionamiento hacia el destino final.

El *router enterprise* direcciona la petición de autenticación a la red del banco en cuestión, el medio de transporte entre el telepuerto y la red bancaria puede ser fibra, radio, etc. no obstante, siempre es recomendable que existan por lo menos dos rutas distintas, de forma tal que se garantice la entrega de la información.

Una vez revisada la información de autorización del usuario, los servidores X.25 actualizan la información de este y proceden a enviar la autorización de la transacción solicitada.

Al llegar los datos al telepuerto, se encapsulan nuevamente dentro del protocolo ODLC y se procede a enviar por medio del Outroute a la remota, esta lo recibe en la trama asignada lo desencapsula y los lleva hacia el cajero automático el cual realizara o no la función solicitada por el cliente.



## CAPÍTULO V

### ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DIRECWAY DE HUGHES

En este capítulo se estudian las características más importantes de la tecnología Direcway de Hughes Network.

#### 5.1. Visión general del sistema Direcway

La tecnología Direcway de Hughes Network es muy similar a la PES 5000 de esta misma compañía, ya que operan bajo el mismo concepto de VSAT. Entre los puntos en común que tienen estos dos sistemas de telecomunicaciones satelitales, se puede mencionar que en ambos las remotas se comunican a un punto central o Hub por medio de un enlace satelital, siendo este donde se realizan todos los procesos de autenticación, autorización y finalmente de direccionamiento de la información hacia su destino final, comportándose como un centro de acceso a una gran gamma de aplicaciones y servicios para los clientes de la red.

La comunicación entre el Hub y las remotas se hace de acuerdo a un conjunto de parámetros y perfiles que son configurados en cada una de las mencionadas remotas por medio del enlace satelital o por configuración directa del operador de la red.

Como se mencionó anteriormente, los sistemas son bastante parecidos, las remotas negocian el acceso a los recursos de la red de forma similar como lo hacen las PES 5000, operan en la misma banda de frecuencia (banda Ku), e inclusive, pueden, bajo ciertas restricciones, utilizar parte del equipamiento externo de las PES 5000. La diferencia fundamental radica en que los accesos

a los recursos del sistema están optimizados para el transporte de tráfico IP, particularmente para el stack de protocolos TCP/IP, lo cual trae como consecuencia que el protocolo ODLC sea eliminado (en el sentido del Outroute), haciendo que la portadora de Outroute que en PES 5000 era de 512 Kbps ahora con esta nueva plataforma puede llegar hasta valores entre 6 y 48 Mbps.

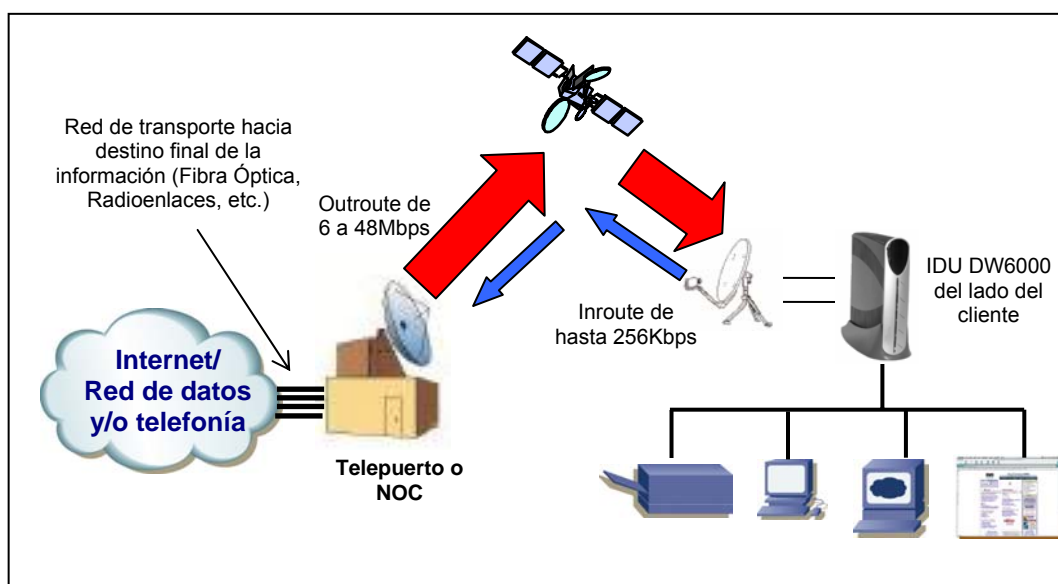
Esta mejora sustancial de aprovechamiento del espacio satelital es consecuencia directa de dos factores fundamentales: El primero es que el sistema está desarrollado para trabajar exclusivamente con el protocolo IP, en el caso de trabajar con TCP, se le añaden una serie de prestaciones que permiten optimizar aun más el desempeño del sistema. El segundo factor es la forma en que se procesa la información a ser transportada a través del enlace satelital. Anteriormente, se utilizaba al protocolo ODLC para esta función, en el sistema Direcway, se utiliza una encapsulación de la información de las capas superiores bajo las condiciones de empaquetamiento y transporte dictadas por el estándar DVB-S utilizado para audio y video digital, el cual es una expansión de MPEG-2, orientado a transmisiones sobre medios satelitales.

Las ventajas del desempeño del sistema ofrecidas por estos ajustes tienen la característica que son exclusivas para tráfico TCP/IP, por lo que, aplicaciones que no sean nativas de estos protocolos requerirán de equipamiento extra para poder ser implementadas con esta tecnología.

Como se puede observar, el protocolo ODLC utilizado para ser el soporte de un gran número de protocolos es eliminado, ya que ahora se maneja exclusivamente el stack de TCP/IP.

Este “sacrificio” que se hace al abandonar la posibilidad de manejar múltiples protocolos bajo una misma plataforma de red es el que permite mejorar las

prestaciones del sistema. No obstante, considerando el estado actual de las telecomunicaciones a nivel mundial, se puede concluir que la mayoría de las aplicaciones y servicios disponibles para clientes empresariales y a nivel masivo, están soportadas en TCP/IP, por lo que, este supuesto “sacrificio” no lo es tanto, ya que lo que se pierde es mucho menor con respecto a los beneficios obtenidos al orientar la tecnología hacia el camino de TCP/IP.



**Figura V-1. Configuración simple de una red Direcway utilizando el modelo DW6000**

Los conceptos de operación de Direcway son similares a los de PESS 5000, se cuenta con un punto central con varias remotas comunicándose con él por medio del enlace satelital. No obstante, en los siguientes puntos, se muestra un estudio de la tecnología Direcway enfocándose primordialmente en las características comunes que tienen ambas tecnologías y destacando las diferencias más resaltantes.

Cabe destacar que al igual que en el capítulo 4, no se estudian a fondo las características del Hub Direcway, sino mas bien está orientado hacia las características de operación, elementos que componen el sistema así como las ventajas y desventajas que esta tecnología ofrece a los clientes.

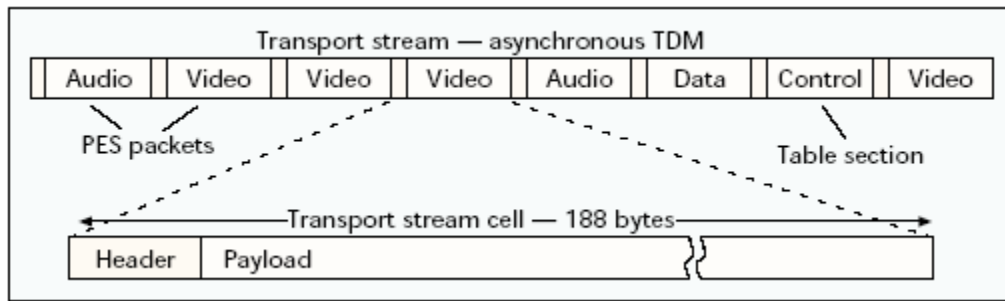
## **5.2. Características de la tecnología Direcway**

Las redes de telecomunicaciones que utilizan Direcway cuentan con un Outroute de hasta 48 Mbps y manejan un número (pueden llegar a ser más de 200) de Inroutes definidos por el operador de velocidades de hasta 256 Kbps.

Siendo IP el protocolo nativo de esta tecnología, la compresión de este tipo tráfico permite optimizar el aprovechamiento del enlace satelital.

De forma muy general, la operación del sistema es la siguiente: El Hub transmite información a todas las remotas en la dirección de Outroute utilizando un método de multiplexado de paquetes mientras que las remotas utilizan 2 tipos de métodos de acceso (Aloha y Stream). El Aloha se utiliza en el pedido inicial de transmisión de datos que la remota le hace al Hub y el Stream se utiliza para transmitir el resto de los paquetes que la remota necesita enviar.

Una diferencia muy importante entre las dos tecnologías radica en que los paquetes de información ahora son encapsulados bajo el formato MPEG-2, según el estándar para difusión de video digital DVB (Digital Video Broadcasting), particularmente el DVB-S que está desarrollado para transmisiones satelitales. Por lo tanto, en esta tecnología, los paquetes IP son encapsulados dentro del flujo asíncrono de transporte TDM característico de MPEG-2, tal como lo muestra la figura V-2.



**Figura V-2. Formato de transporte de paquetes dentro de MPEG-2**

El formato MPEG-2 dicta las normas de como el audio y el video son comprimidos y codificados, claro esta, que el estándar no solo se limita a este tipo de información.

Sin importar el tipo de señal que se quiere transportar, estas, después de varios procesos (al recibir las señales de audio u video primero se convierten en Unidades de Presentación o Presentation Units (PU), luego se codifican y se segmentan obteniéndose lo que se denomina Elemento Básico de Flujo, Elementary Stream), finalmente se convierten en Paquetes de Flujo Fundamental o Packetized Elementary Streams (PES) siendo estos los que son transportados en el medio de transmisión seleccionado. El estándar es definido como un sistema de transmisión asíncrono TDM que utiliza paquetes con celdas de tamaño fijo de 188 bytes, de estos, 184 son utilizados como carga útil, mientras que los 4 restantes son la cabecera en la cual se incluye todo lo referente a la sincronización, tipo de paquete, protección contra pérdida, control de cifrado y prioridad.

El uso de este estándar permite el manejo de segmentos de tamaño fijo dentro de un ambiente asíncrono TDM, en los cuales, la inserción de la información contenida en IP para su transporte sobre un medio con un retraso de

transmisión fijo como el presente en los enlaces satelital hace que la mejora en el uso del espacio satelital sea considerable.

Las funcionalidades del sistema no sólo se limitan a un nuevo esquema de encapsulamiento de la información, también cuenta con un conjunto de prestaciones orientadas a mejorar el desempeño de TCP/IP. Estas explotan las características de operación de estos protocolos con la finalidad de adaptarlas lo mejor posible para optimizar su transmisión sobre el enlace satelital. Dentro de estas funcionalidades se pueden mencionar:

- El acuse de recibo (Acknowledgment o ACK) de los paquetes TCP son manejados localmente lo que le permite al Terminal que envía la información aumentar la ventana TCP evitando de esta manera que los paquetes ACK se vean afectados por el retraso satelital involucrado, a esta característica se la conoce con el nombre de TCP Spoofing el cual es implementado de forma bidireccional, es decir, tanto en el extremo del cliente como del lado del Hub.
- Se explotan las ventajas del Ramp Up. Esto consiste en que el Terminal que transmite pueda aumentar la tasa de transferencia de paquetes de datos y en consecuencia el desempeño resultante sea mucho mayor. Para esto se maneja el concepto del aumento de tamaño de las ventanas de transmisión de TCP con la finalidad de que se transmita la información a la máxima capacidad disponible.
- Soporta varios niveles de priorización de tráfico lo que permite adecuarse a las necesidades de las redes de clientes.
- Existe la posibilidad de realizar Caching local de información.
- Compresión de los paquetes IP
- Funcionalidades de router dentro de la Unidad Interna (IDU) como DNS, NAT, manejo de protocolo de enrutamiento simple como RIP, corta fuegos (Firewall), entre otras funcionalidades.

- El Sistema también almacena las direcciones IP de los host que se envían como respuesta a un pedido al DNS. A partir de ese momento cualquier requerimiento de la misma dirección se resuelve localmente sin necesidad de realizar el salto satelital y reduciendo el tiempo de acceso al servidor. Esta función se llama DNS Caching

Todas estas ventajas, implican que las aplicaciones que se ejecuten en una red Direcway deben estar dentro de los protocolos TCP/IP. Por lo que, este sistema esta orientado a aplicaciones y servicios como:

- TCP/IP transaccional o File Transfer (FTP o HTTP ).
- Servidores de correo electrónico
- Paquetes de datagramas UDP o IP multicast
- Conectividad IP entre sucursales del cliente (Red Privada IP)
- Conexión asimétrica de alta velocidad a Internet
- Soporta conexiones Ethernet 10baset y 100baset
- Video en tiempo real (MPEG 1, MPEG 2) encapsulado en IP (Realvideo, WMV, Quicktime, etc.).
- Aplicaciones y software que se soporten en IP

De los puntos anteriores se puede definir a Direcway como una solución óptima para clientes con las siguientes características:

- ✓ Red corporativa para interconexión de oficinas dispersas geográficamente.
- ✓ Accesos desde puntos remotos a fuentes de alta capacidad de datos (bases de datos, sistemas de control de inventario, intranets, VPNs, etc.) localizadas en un punto central.
- ✓ Capacitación a distancia basándose en la posibilidad del sistema de realizar multicast.

- ✓ Televisión corporativa a través de las capacidades de difusión de video.
- ✓ Voz corporativa.
- ✓ Cyber cafés

### **5.3. Componentes del sistema Direcway**

Al igual que la tecnología PES 5000, el sistema Direcway cuenta con todos los elementos característicos de una red VSAT: la IDU y la ODU en el extremo remoto, mientras que del lado del telepuerto, el hub de control y gestión de la red.

Los elementos principales del sistema Direcway se pueden resumir en:

Telepuerto: sitio donde se alberga al Hub Direcway el cual es el Centro de Operaciones de la Red o NOC (Network Operation Center) así como a las antenas de transmisión del outroute y de recepción de los inroutes de los clientes (usualmente reflectores circulares del orden de 4,8m a 9m de diámetro). En este punto proporciona la conectividad entre las remotas del sistema y el acceso a Internet, bases de datos, etc.

Equipo Terminal Direcway: es la unidad remota que se instala en los predios del cliente por medio de la cual este tiene acceso a los servicios a los que esta suscrito. Consta del equipo externo (ODU), el equipamiento interno (IDU), siendo este ultimo el que se conecta a los computadores locales del cliente.

Sistema de gestión de la red (NMS): Es el sistema encargado de gestionar y controlar el estado y comportamiento de cada una de las remotas que se encuentran activas en la red. Proporciona a los operadores de la red las herramientas adecuadas para el diagnóstico y resolución de problemas.



### 5.3.1. El Hub Direcway

Este es el punto donde convergen todas las señales del sistema y desde el cual se lleva la información proveniente de los clientes hacia su destino final. Su composición es muy similar a la del sistema PES 5000, inclusive, las antenas de transmisión/recepción pueden ser del mismo tamaño. Las diferencias sustanciales se encuentran en los diferentes bloques de procesamiento de las señales que conforman al hub.

A continuación, se describe brevemente los elementos principales del hub direcway.

*Subsistema de Gestión del Sistema de Red o System Network Management Subsystem (SNMS):* administra todos los componentes del sistema Direcway y reside en el NMC (Network Management Controller) que es capaz de soportar varios SNMS correspondientes a diferentes Hubs.

*Subsistema Común o Common Subsystem:* Es el equipamiento de procesamiento de las señales en banda base y se encarga de ser la interfase entre los sistemas que se encuentran detrás de Direcway y las conexiones con los bloques de Inroutes y Outroute.

*Subsistema de Outroute u Outroute Subsystem:* contiene los componentes del Hub que manejan en banda base exclusivamente el tráfico del Outroute.

*Subsistema de Inroute o Inroute Subsystem:* es similar al módulo anterior pero relacionado solamente con el tráfico de Inroute.

*Direcway Network Control Cluster (DNCC):* es el encargado de manejar la asignación de ancho de banda para uno o más Inroutes groups y de demodular las ráfagas de paquetes entrantes.

*Subsistema de RF o RF Subsystem:* Son todos los componentes de la antena que permiten transmitir y recibir la señal proveniente del satélite y entregarla en la banda de IF a los sistemas de Inroute y Outroute para su procesamiento.

*LAN de Gestión o Management LAN:* es la red LAN que permite la conexión entre los diferentes módulos con fines de gestión interna.

*Multiplexores LAN:* Los Inroutes Subsystems utilizan estos multiplexores para transmitir las asignaciones de ancho de banda y cualquier tipo de información de control a través del Outroute. A su vez tiene conexión con el Common Subsystem por el mismo motivo.

*Backbone LAN:* Es la red LAN que permite conectar tanto el Inroute como el Outroute Subsystem a la red troncal de transporte de datos disponible en el telepuerto, la cual sirve de interconexión entre el hub Direcway con el resto de las redes de clientes, Internet, bases de datos, centrales telefónicas, etc..

*Multicast LAN:* Es el medio por el cual el Outroute Subsystem recibe el tráfico de multicast que debe transmitir a todos los remotos. De la misma manera, el Common Subsystem también necesita tener acceso a esta LAN para enviar información sobre configuración de los equipos terminales.

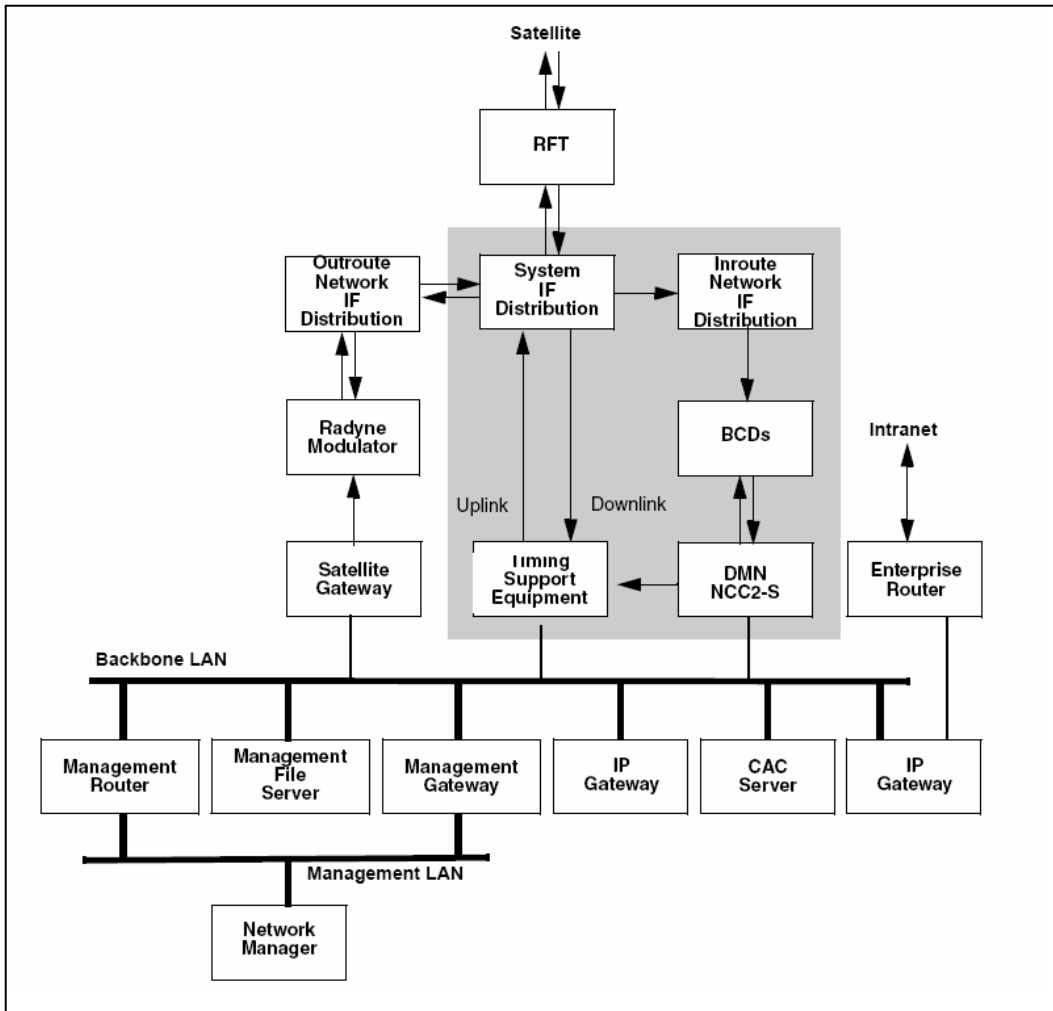
*Demoduladores de canales de ráfagas o Burst Channel Demodulators (BCD):* los BCD son los encargados de la demodulación de las ráfagas TDM del canal de retorno de las remotas. Cada uno de ellos puede soportar el manejo de más de 200 inroutes.

*Sistema de Distribución en frecuencia Intermedia (IF):* este sistema es el encargado de distribuir las señales del enlace de bajada (downlink) hacia los BCD, lleva la salida IF de los moduladores del Outroute hacia las RF para la transmisión de las señales y viceversa.

*Gateway IP (IPGW):* es el encargado de proporcionar la interfaz entre el NOC y la red final de distribución y transporte de los datos. Además de realizar el intercambio de paquetes entre las redes de los clientes, tiene funcionalidades de encriptación de las señales provenientes de cada una de las remotas, gestiona los recursos de la red de acuerdo a los parámetros acordados para la prestación de los servicios a cada cliente.

*Gateway satelital (SGW):* se encarga de recibir el tráfico desde los otros elementos del NOC a través de un segmento de LAN interno, este tráfico es transformado en paquetes individuales adecuados para ser procesados por el modulador de DVB para su posterior transmisión vía el enlace satelital.

*Moduladores DVB:* cada SGW está conectado a un modulador DVB, siendo su función la de proporcionar la salida en IF hacia el modulo de procesamiento del outroute y su consecuente transmisión al espacio a través del sistema de subida de RF.



**Figura V-3. Diagrama de bloques de los componentes del NOC de Direcway**

Como se puede apreciar en la figura V-3, no se describieron todos los elementos que componen al NOC, solamente aquellos considerados más relevantes fueron mencionados. Esto es por motivo a que no son parte fundamental de estudio para este trabajo.

Los componentes del Hub Direcway aquí planteados son considerados importantes para dar una idea general de la composición de este elemento del sistema Direcway.

### **5.3.2. Red de gestión (Network Management System o NMS)**

La red de gestión del sistema es la encargada de controlar todos los elementos que componen al sistema Direcway. A diferencia del sistema de gestión de PES 5000, el control de las remotas se hace por medio del protocolo ICMP, por lo cual, cada uno de los equipos de la red contienen agentes que permiten mantener el monitoreo de cada remota interactuando con otros sistemas de monitoreo que trabajen sobre la base del SNMP (Simple Network Management Protocol o Protocolo Simple de Gestión de Red).

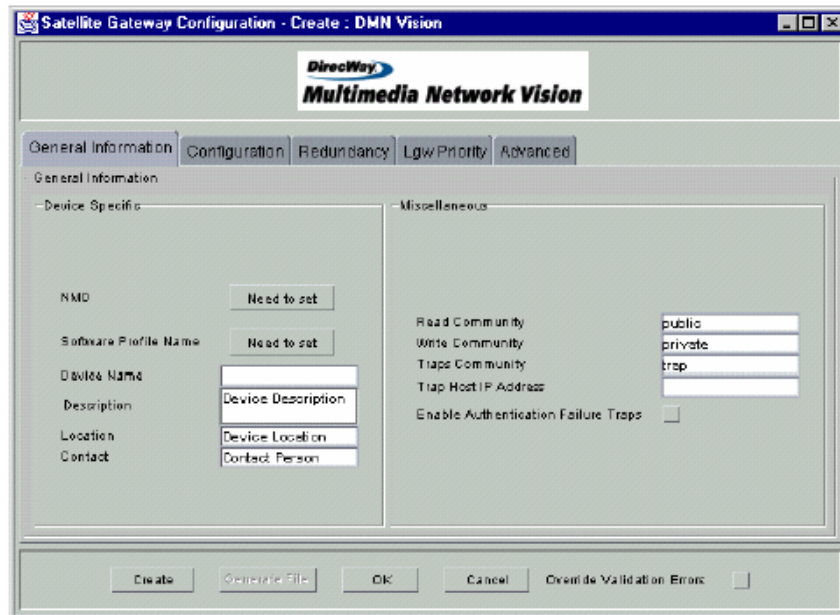
El elemento principal para el sistema de gestión son los componentes del Control de Acceso Condicional (CAC, Condicional Access Control o Control de Acceso Condicional), por medio del cual se lleva control de las llaves de encriptación asignadas a las remotas y relacionadas directamente con su número de serial electrónico, esto con la finalidad de garantizar la integridad y seguridad de la información de los clientes.

Las principales funciones del control de acceso son las siguientes:

- Mantenimiento de la base de datos con información de los operadores
- Definición de usuarios/contraseñas para la autenticación.
- Implementación de acceso restringido para operadores: monitoreo, control configuración.
- Control de recursos de usuarios del NMS, desconexión de sesiones inactivas y recursos libres.

El sistema de gestión periódicamente solicita información del estado de las remotas, los cuales pueden ser visualizados por los operadores de la red a través de un software propietario de Hughes.

Este software, llamado Direcway Multimedia Network Vision o DMN Vision, es por medio del cual se tiene control de la red Direcway desde la consola del Hub.



**Figura V-4. Pantalla del DMN vision por medio de la cual se configura el Satellite Gateway (SGW)**

El NMS también es responsable de los aspectos relacionados con la configuración de la red. Puntos como la adición o borrado de remotas, actualización de las bases de datos de los perfiles de los clientes, entre otras, son funciones de configuración que el NMS soporta.

La estructura modular del NOC permite la adición de elementos, a medida que va creciendo la red de esta forma la inversión inicial en equipamiento no es tan fuerte.

### **5.3.3. Terminales remotas**

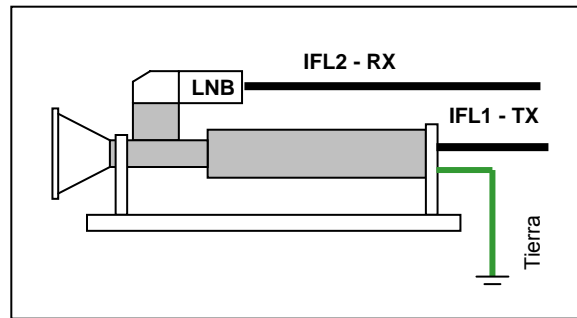
Como toda red VSAT, las remotas pueden estar esparcidas en un área geográfica bastante extensa, donde los sitios de los clientes deben trabajar bajo aplicaciones y servicios dentro de los protocolos TCP/IP para que el sistema Direcway sea utilizado eficientemente.

Los componentes de las terminales remotas de este tipo de tecnología son muy similares a los de PES 5000, incluso, los primeros modelos de Direcway, la serie DW1000 y la DW4000, utilizaban el mismo equipamiento externo.

En este punto, se estudia el equipamiento remoto de la tecnología Direcway modelo DW6000 que es una de las más recientes encarnaciones de este sistema. La orientación de este trabajo va dirigida hacia estos equipos ya que estos son los que proporcionan mayores mejoras de desempeño con respecto a la tecnología PES 5000.

#### **5.3.3.1. Equipamiento externo**

Un punto muy importante que hay que resaltar con respecto al equipamiento externo es que bajo esta tecnología se utilizan dos cables coaxiales RG-6 de 75 $\Omega$ , uno para transmisión conectado directamente a la RF y otro para recepción conectado con el LNB de la RF, esto es, en lugar de un solo cable IFL el cual era utilizado, no solo en la PES 5000, sino en las primeras encarnaciones de la tecnología Direcway. Aunque puede ser considerado como más trabajoso, ya que hay que canalizar dos cables en lugar de uno solo, el manejo de estos cables es mucho más fácil que con el cable Tipo III propietario de Hughes que tienen una impedancia de línea de 50  $\Omega$



**Figura V-5. Diagrama de conexión de cables para transmisión y recepción de la ODU**

A continuación, se describen brevemente los componentes del equipamiento externo del sistema Direcway

### **Antena**

Al igual que PES 5000 así como en la mayoría de las tecnologías basadas en VSAT, la antena es el elemento pasivo transmisor/receptor de las señales satelitales.

Para los modelos de Direcway de la serie DW6000, es recomendable utilizar antenas circulares de 1,2 m de diámetro, aunque, en aquellos puntos donde la potencia de la pisada satelital es lo suficientemente fuerte, se pueden utilizar reflectores rectangulares o elípticos de 0,74 m de diámetro para los primeros y de 0,95m de diámetro para los segundos.





**Figura V-6. Modelos de antenas satelitales para Direcway circulares (izquierda) y elípticas (derecha)**

### **Unidad externa (ODU)**

Es una estructura integrada y robusta cuya frecuencia de operación se encuentra dentro de la banda Ku del espectro radioeléctrico. Para los servicios de Direcway, la polarización de la señales es vertical, no obstante, la RF debe ser ajustada para obtener el mayor nivel de recepción posible.

Se pueden utilizar RF con potencias de 1 a 2 vatios, dependiendo de los requerimientos del sitio, así como bocinas circulares o rectangulares.



**Figura V-7. Foto de una ODU con una bocina rectangular**

### **Cable IFL (Interfacility Link)**

Son un par de cables coaxiales RG-6 con una impedancia de  $75 \Omega$  encargados de interconectar el equipo interno con el externo. Además de la señal de datos también se encarga de llevar hasta la unidad exterior la alimentación eléctrica que esta necesita para funcionar. Uno de los cables es utilizado para transmisión y va conectado directamente a la parte posterior de la RF, mientras que el otro va conectado al LNB para la recepción de las señales. Este cable a su vez es el encargado de alimentar al LNB.

#### **5.3.3.2. Equipamiento Interno (IDU)**

En este punto se exponen las características más importantes del equipo interno del sistema Direcway modelo DW6000, siendo este, el dispositivo que presenta más ventajas y mejoras con respecto a los primeros modelos de Direcway así como con respecto a la tecnología PES 5000.

El equipamiento interno del sistema Direcway es el que, en comparación con la tecnología PES 5000, más cambios presenta. Los cambios van desde su apariencia física (mucho más compacta y liviana, adecuada para ser instalada fácilmente en los predios de los clientes), hasta incluir un conjunto de virtudes que permiten el manejo de un outroute de velocidad por el orden de 48 Mbps y hasta 256 inroutes de 256 Kbps.



**Figura V-8. Vista frontal de la IDU DW6000 de Direcway**

A nivel conceptual, este dispositivo es igual que todas las unidades internas que operan en un sistema VSAT, esto significa que el equipo es el encargado de todo el procesamiento de las señales digitales de voz, datos y video.

Sus componentes internos mantienen la misma línea que los de la PES 5000, posee un dispositivo similar a una tarjeta IPC, uno que hace las veces de la tarjeta encargada de la conversión de RF a IF y viceversa, y finalmente, los elementos necesarios para la alimentación del equipo.

La nomenclatura utilizada para la identificación de los componentes internos de la IDU es la siguiente:

- Unidad Interna de Recepción o Indoor Receive Unit (IRU): se encarga del procesamiento de la señal proveniente del Hub
- Unidad de transmisión Interna o Indoor Transmit Unit (ITU): procesa la señal que se va transmitir por medio del Inroute hacia el hub.

- Gateway Host (GWH): es la interfaz de un puerto ethernet RJ45 por medio del cual se conecta el equipamiento de los clientes

La tarjeta interfaz con el sistema satelital de estos equipos maneja por separado las señales de transmisión y de recepción, el GWH solamente contiene 1 puerto ethernet RJ45, el cual puede ser forzado tanto para velocidades 10baseT como para 100baseT. A esta interfaz se conecta el cliente para tener acceso a los recursos de la red

Debido a que la plataforma Direcway utiliza al protocolo IP en forma nativa, en caso de que los clientes requieran un enlace que utilice protocolo X.25 se debe instalar en el sitio remoto un equipo externo que brindará hacia el lado cliente una o dos puertos seriales, no obstante, desde el punto de vista de la IDU, los paquetes X.25 serán tratados como paquetes IP.

A las mismas se deberá conectar el servicio X.25 requerido y este equipamiento externo se vinculará por la puerta LAN a la estación remota para su transmisión al punto central.

El equipamiento interno DW6000 fue creado con un conjunto de prestaciones que permiten un manejo más eficiente de las capacidades de los protocolos TCP/IP, enfocándose en el desempeño de estos y sus características de operación.

La estación DW6000 realiza automáticamente el comisionamiento y queda lista para operar luego del apuntamiento. Sin embargo, para verificar la correcta operación, en algunos casos se debe utilizar la opción de comisionamiento forzado, luego que la estación esté totalmente operativa (con todos los LEDs encendidos).

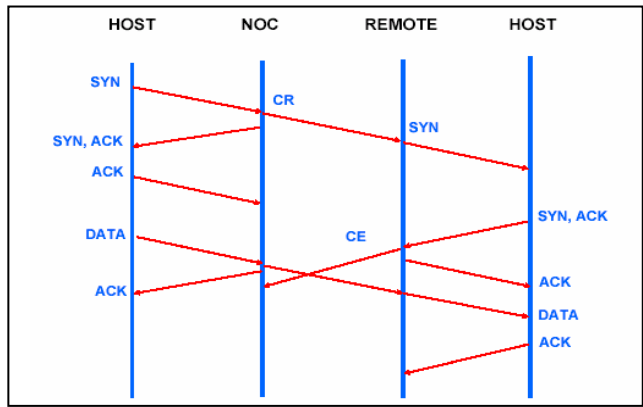
Las características más resaltantes de este equipo son descritas brevemente a continuación. Estas mejoras no son solo implementadas en el equipo remoto, también algunas son implementadas en el NOC

### **Proxy Mejorador del Comportamiento de TCP (Proxy Enhancing Performance, PEP)**

PEP es un estándar propietario de Hughes Network implementado tanto en las terminales remotas como en el Hub. Está compuesto por varias opciones las cuales están diseñadas para mejorar el comportamiento y los tiempos de respuesta de TCP.

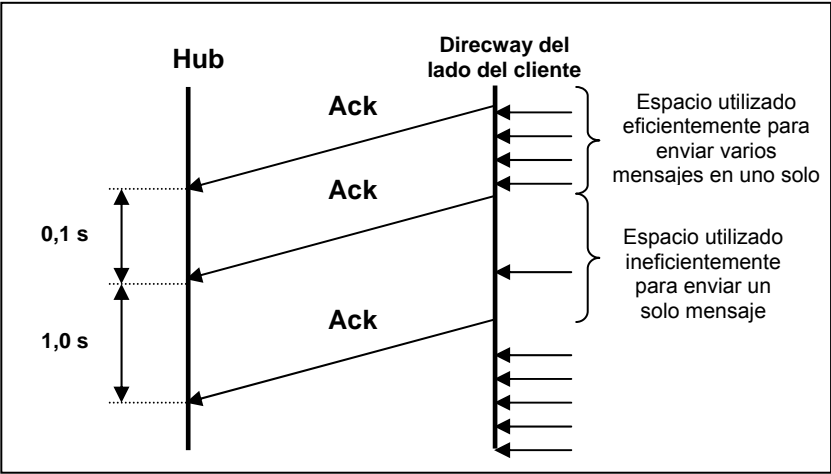
Las opciones del estándar PEP incluídas en la plataforma Direcway son las siguientes:

Spoofting bidireccional de TCP: El acuse de recibo a nivel local, tanto en el extremo remoto como en el Hub, permite aumentar el tamaño de la ventana TCP de transmisión, de esta forma la velocidad de transferencia de paquetes aumenta. Como este proceso ocurre a velocidades de redes LAN (esto es sin incluir el tramo satelital), la parte transmisora puede aumentar rápidamente el tamaño de su ventana TCP, llevándola a su valor máximo. Si a esto se le suma el hecho de que al realizarse la respuesta de los acuses de recibo a nivel local, el extremo transmisor puede enviar más datos a mayores velocidades, lo cual mejora sustancialmente el desempeño del protocolo TCP.



**Figura V-9. Operación de la funcionalidad de TCP spoofing**

Reducción de mensajes de acuse de recibo (ACK): aprovechando la característica de los paquetes de ACK en TCP que permite que estos sean acumulativos, se puede reducir los tiempos de transferencia de estos enviando solamente aquellos que sean necesarios y no el momento exacto en que ocurren, sino más bien acumularlos y enviarlos todos juntos cada cierto periodo de tiempo. Con esta funcionalidad, el ancho de banda consumido para la transferencia de un archivo de 2,5 Mbps por medio de FTP se encuentra alrededor de 8 Kbps, mientras que, de la forma tradicional, el ancho de banda es de 100 Kbps.



**Figura V-10. Operación de la funcionalidad de ACK Reduction**

Multiplexación de mensajes: el sistema permite la multiplexación de varios paquetes TCP/IP en una sola troncal la cual será transmitida hacia el hub vía el Inroute. Por medio de esto, se logra reducir el tamaño de la cabecera de la ráfaga permitiendo un mayor nivel de compresión de la información, lo cual se traduce en un aumento en el desempeño del sistema.

Priorización y filtrado de paquetes IP: para el manejo de diferentes grupos de clientes con diferentes anchos de banda de transmisión, DW6000 cuenta con un software que tiene cuatro niveles de priorización de los paquetes. Los niveles están basados en reglas, las cuales permiten mayor acceso a los recursos dependiendo de la prioridad del protocolo y del nivel de servicio contratado por el cliente. También cuenta con un sistema de filtrado de paquetes cuyas reglas son establecidas por el proveedor del servicio

Compresión de cabecera del paquete IP: esta funcionalidad permite comprimir la cabecera, no solo del protocolo IP, sino de una gama de protocolos ampliamente utilizados cuyo soporte es IP. Entre estos protocolos se pueden nombrar: UDP, TCP, RTP (Real Time Protocol), entre otros. Esta compresión se logra ya que dentro de estos protocolos existen campos de la cabecera que no cambian durante la vida del paquete, por lo tanto, esta información solamente se envía una vez, en lugar de ser enviada en todos los paquetes en los cuales se segmentó la información.

Además de las ventajas provistas por el software PEP, la IDU cuenta con otras funcionalidades las cuales mejoran el desempeño del sistema. Algunas de estas son mencionadas a continuación.

## **Funcionalidades de la IDU para mejorar el desempeño del sistema**

Capacidades de gestión por medio de SNMP: cada uno de los terminales de la red Direcway le es asignado desde el Hub una dirección IP de gestión, por medio de la cual se le descarga remotamente al dispositivo actualizaciones de software o de perfil del cliente, entre otras. Esta capacidad permite que la gestión de las remotas desde el Hub sea mucho más sencilla.

Soporte de servicios basados en protocolos seriales: aunque el sistema Direcway esta orientado a TCP/IP, por medio de la adición de un equipamiento extra, se pueden manejar protocolos como X.25, SDLC, protocolos para la verificación de tarjetas de crédito, etc. No obstante, el desempeño del sistema no es el mismo ya que se requiere un proceso intermedio, similar al efectuado por ODLC en PES 5000 para el manejo de estos protocolos.

Capacidades de Router: la IDU DW6000 no solamente se comporta como la interfaz entre la red del cliente y la red satelital, sino también cuenta con funcionalidades de router las cuales le dan un valor agregado al equipo ya que, para ciertas operaciones, se elimina la necesidad de colocar equipamiento extra en los predios del cliente. Entre estas funcionalidades, las más importantes son las siguientes: protocolo de enrutamiento de paquetes como RIP, servidor DHCP, almacenamiento de información de nombres de dominio (DNS caching), funcionalidades de firewall (hasta 10 reglas de control de tráfico entrante y saliente), translación de direcciones y de puertos de red (Network Address translation, NAT y Network Port Address Translation, NAPT), entre otras.

Códigos Turbo (Turbo Codes): esta funcionalidad es una variante de la codificación y corrección de errores hacia delante (FEC). Es propietaria de Hughes y por medio de la cual se implementan unos algoritmos para la reducción de errores estimando los posibles valores futuros de cada bit por



individual. Esta funcionalidad es de especial importancia para aquellos enlaces en los cuales la relación de señal a ruido se reduce considerablemente al implementar códigos como el Viterbi o Viterbi-Reed Solomon. Al implementar los códigos Turbo se le puede ganar al sistema hasta 2 dB en el comportamiento de la relación Energía de bit a ruido ( $E_b/N_0$ ).

### **Características de seguridad de la IDU**

El sistema directway implementa un esquema de seguridad utilizando tanto llaves de encriptación de la información a nivel de software como de hardware, a esto se le añade el sistema de control de acceso con lo cual se proporciona un nivel más de seguridad a la información, la cual, por las características del sistema, es transportada sobre un medio relativamente inseguro.

La IDU DW6000 es un Terminal de abonado en el que, al momento de su construcción se le asigna una llave única de encriptación la cual, durante el proceso de comisionamiento, la unidad al anunciarse al hub, la envía para que este la autorice. En caso de estar autorizada, este la autentica y le permite al dispositivo operar dentro de la red.

El Hub envía una llave de encriptación maestra a través del outroute utilizando la llave de encriptación enviada previamente por la IDU hacia el Hub. Esto indica que durante el proceso de comisionamiento, ambas llaves deben estar autenticadas para que el equipo pueda estar operativo.

Cabe destacar, que antes de instalar cualquier unidad, en el sistema de gestión, se debe colocar el número de serial de esta, creándose de esta forma el perfil por medio del cual el Hub manejará dicha remota. Por medio de la relación del número de serial con el sistema, al instalarse la unidad en los predios del

cliente, el intercambio de llaves de encriptación es aceptado por las dos partes, permitiéndose así la operación del equipo.

Todas las transmisiones hacia el hub por medio del Outroute son encriptadas mediante la asignación de llaves de acuerdo al esquema DES de encriptación de la información.

El control de acceso condicional (CAC) contribuye a garantizar un alto nivel de seguridad en el sistema ya que solo aquellos equipos que estén autorizados podrán tener acceso a los recursos del sistema.

Con estas funciones, se logra que ningún Terminal pueda emular las características y funcionalidades de otro, mucho menos recibir información que no sea para él.

### **Instalación y operación de la IDU**

Una de las funcionalidades más importantes que introduce el sistema Direcway, en especial el modelo DW6000 es la facilidad de instalación y de puesta en marcha del equipo.

El proceso de comisionamiento es prácticamente inmediato, una vez que la antena está alineada con el satélite, este proceso es automático. A diferencia del largo proceso de identificación del equipo que ocurre con la tecnología PES 5000.

Es importante destacar que gran parte de la configuración que necesita el equipamiento remoto para la operación de este, es proporcionada por el Hub. En consecuencia, para la instalación, debe realizarse una tarea de apunte fino de la antena hacia el satélite para que automáticamente detecte el tráfico que el

Hub está transmitiendo en el Outroute y cargar la información que le corresponde para poder comenzar a operar.

Aspectos como ingresar el serial del equipo para su autorización son realizados antes de la instalación, no obstante, lo relacionado con los perfiles del cliente, autorización para el acceso a recursos, entre otros, puede ser realizado remotamente una vez que el equipo esta operativo.

Una ventaja muy importante que ofrece este dispositivo es la posibilidad de configurarlo por medio de una interfaz web. Con esta facilidad el personal de instalación, mantenimiento y operación pueden tener acceso a información como el estatus del equipo, ver estadísticas, cambiar los parámetros de operación, etc. El acceso al equipo puede ser realizado desde la LAN local directamente con un navegador web.

Todos los parámetros establecidos así como el software descargado son almacenados en una memoria no volátil del dispositivo. Esta se va actualizando a medida que el equipo reciba nueva información de ajuste de los parámetros y del software de operación.

#### **5.4. Operación del sistema**

La tecnología Direcway opera de forma similar a PES 5000, en lo referente a que utilizan una portadora Outroute del hub hacia las remotas y utiliza varias portadoras Inroutes de los clientes hacia el Hub, siendo este el punto central para la distribución de la información así como el centro de gestión y administración de toda la red. No obstante, el sistema posee grandes diferencias las cuales hacen que se manejen mayores anchos de banda.

En primer lugar se debe destacar que la red Direcway solo opera en la banda Ku del espectro radioeléctrico, a diferencia de PES 5000 que puede operar tanto en la banda Ku como en la C.

A continuación se muestra un breve resumen de las características de operación más resaltantes del sistema Direcway, más adelante, en los siguientes puntos, se estudia con detalle algunas de estas.

El Hub transmite información a todas las remotas en la dirección de la portadora de Outroute, utilizando un método de multiplexado de paquetes el cual está basado en el estándar DVB-S, mientras que las remotas utilizan 2 tipos de métodos de acceso (Aloha y Stream). El Aloha se utiliza en el pedido inicial de transmisión de datos que la remota le hace al Hub y el Stream se utiliza para transmitir el resto de los paquetes que la remota necesita enviar.

La velocidad de trabajo de las Inroutes es de 32, 64, 125 o 256 Kbps utilizando una modulación del tipo OQPSK (Offset Quaternary Shifting Key) y un FEC de  $\frac{1}{2}$ .

La modulación utilizada por las Outroutes es QPSK con codificación Reed Solomon. El proceso de encapsulación bajo el estándar DVB-S se hace utilizando un sistema de encapsulado propietario de Hughes llamado Encapsulación de Multi-protocolo o Multiprotocol Encapsulation (MPE).

Como característica adicional, la transmisión de datos es encriptada con el algoritmo DES, con claves específicas a cada remoto, esto se verifica siempre y cuando no se trate de tráfico relacionado con la gestión del sistema

Para optimizar el sistema, de manera estadística, se utiliza para la transmisión de las remotas una asignación TDMA bajo demanda. Para ello el sistema

Direcway tienen tramas de 45 milisegundos dentro del cual se le asignan ranuras (slots) de tiempo a cada remota para que envíe sus datos al Hub. A cada transmisión se le denomina como ráfagas (o bursts) debido a que está conformada por una serie de slots de overhead y otro grupo de slots para los datos. El overhead se utiliza para que el hardware pueda identificar el principio del burst y para ajustar los tiempos entre los burst de una remota y de otra para que no se solapen.

Este es un sistema que asigna recursos de acuerdo con la demanda de los mismos y por lo tanto su configuración es típicamente estadística. Esto es de suma importancia ya que no se trata de un servicio en el que se reserva el 100% del ancho de banda contratado para cada uno de los clientes sino que se garantiza un determinado porcentaje, dependiendo del número de remotas, los niveles de priorización de los paquetes, etc.

#### **5.4.1. Organización del enlace satelital**

En este punto se describen las características de operación de las portadoras de Outroute y de Inroute. Sin embargo, antes de tocar estos puntos se muestra brevemente el proceso de las señales bajo los estándares MPEG-2 y DVB-S

##### **5.4.1.1. Organización de las tramas bajo MPEG-2 y DVB-S**

Uno de los mayores cambios que se introdujo en el sistema Direcway para mejorar las prestaciones de las redes soportadas en sistemas satelitales, es el uso del estándar DVB-S para el encapsulamiento de los paquetes que serán transportados por la portadora del Outroute.

Como se ha mencionado anteriormente, este tipo de redes fue desarrollada para operar a su mayor capacidad con los protocolos TCP/IP. Para mejorar la

prestaciones del sistema se necesitaba buscar una solución diferente al esquema clásico de encapsulación de los datos de capas superiores dentro del protocolo ODLC, el cual reducía la disponibilidad del ancho de banda debido al consumo de recursos que este requería.

Tomando en consideración que el tráfico a transportar sería TCP/IP, la solución encontrada fue la encapsulación de los datagramas IP dentro del esquema de transporte de audio y video digital MPEG-2, utilizado en la difusión de televisión. El estándar DVB expande estas aplicaciones dictando las reglas de encapsulamiento de datos dentro del esquema MPEG-2, de esta forma no se limita solamente a audio y video digital. Con este cambio, se explota los beneficios obtenidos en los sistemas de transmisión de televisión digital vía enlaces satelitales, orientándose al transporte de datos.

Los primeros intentos de implementar sistemas de transmisión de datos utilizando sistemas satelitales mediante el encapsulamiento de la información dentro de las subportadoras de audio y video fueron realizadas en portadoras analógicas de un canal de televisión, específicamente, fue utilizada la portadora de audio, esto con miras a probar si este tipo de encapsulamiento era posible. Los resultados de este experimento fueron velocidades de hasta 192 Kbps en la portadora del Outroute. El prototipo de este sistema fue demostrado al público científico en el año 1995.

Bajo este concepto, se siguieron los estudios para el encapsulamiento de datos en las portadoras de audio y video digital, con la finalidad de poder prestar servicios Internet con velocidades asimétricas, es decir, ofreciendo mayor ancho de banda en el canal de bajada (outroute) que en el de subida (Inroute). Es en este punto donde surge el estándar DVB el cual permite la inserción de paquetes de datos dentro del estándar MPEG-2. Esto llevo al desarrollo de

codificadores/decodificadores basados en los estándares MPEG-2 y DVB utilizados para difusión de televisión digital.

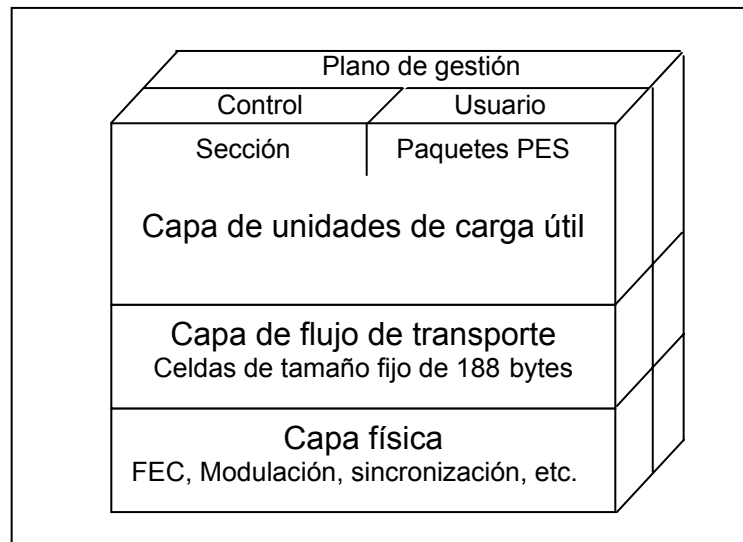
Una consideración básica tomada para la prestación de servicios de transporte de datos asimétricos a alta velocidad, es que todas las solicitudes de los clientes son enrutadas a un punto de control maestro el cual se encuentra al final del enlace y se comporta como una puerta de acceso a los diferentes recursos contratados por el cliente.

En este punto de control maestro (NOC, Network Operation Center, Centro de Operaciones de la Red) se cumplen las funciones de un router así como de servidor Proxy. Estas dos funciones son independientes del medio de transmisión que se utilice, ya que todo el procesamiento de las señales como control del enlace, entramado de la información, segmentación y reensamblamiento, organización del canal, son funcionalidades que están bajo la jurisdicción del gateway del sistema, siendo este el traductor entre el medio de transmisión utilizado y la forma de distribución de las señales hacia su destino final. Para el caso particular de los sistemas satelitales, es el gateway satelital (SWG) el encargado de estas funciones, no obstante, del lado del gateway hacia el acceso a los recursos, el medio de transmisión es indiferente.

Considerando este concepto, se puede observar la importancia del SGW, siendo este el ente encargado de la preparación (multiplexación y codificación de los paquetes en MPEG-2) de los datos para ser enviados (o recibidos) por el enlace satelital. Esto motivó a diseñar el sistema de transmisión desde el NOC hacia los usuarios utilizando los estándares MPEG-2 y DVB-S.

## Arquitectura del modelo de referencia de MPEG-2/DVB

La arquitectura de MPEG-2/DVB mostrada en la figura V-11 está dividida en tres niveles, cada uno con funciones particulares. La capa física se encarga de la modulación, sincronización, codificación y manejo de las señales. La capa dos o capa de flujo de transporte (Transport Stream), es la encargada de proporcionar el transporte de las celdas de 188 bytes sobre el medio de transmisión utilizado, que para el caso del sistema Direcway es el espacio,. La capa 3 maneja todo lo referente a la adaptación al medio de los paquetes, esta capa está denominada como unidades de carga útil o Payload Units.



**Figura V-11. Modelo de referencia de la arquitectura MPEG-2/DVB**

Como se puede apreciar, existe una gran similitud entre el modo de transmisión asíncrono (ATM, Asynchronous Transfer Mode) y la arquitectura de MPEG-2. Particularmente en la capa 2, donde los flujos de transporte son celdas de tamaño fijo las cuales transportan la información procedente de la capa superior.

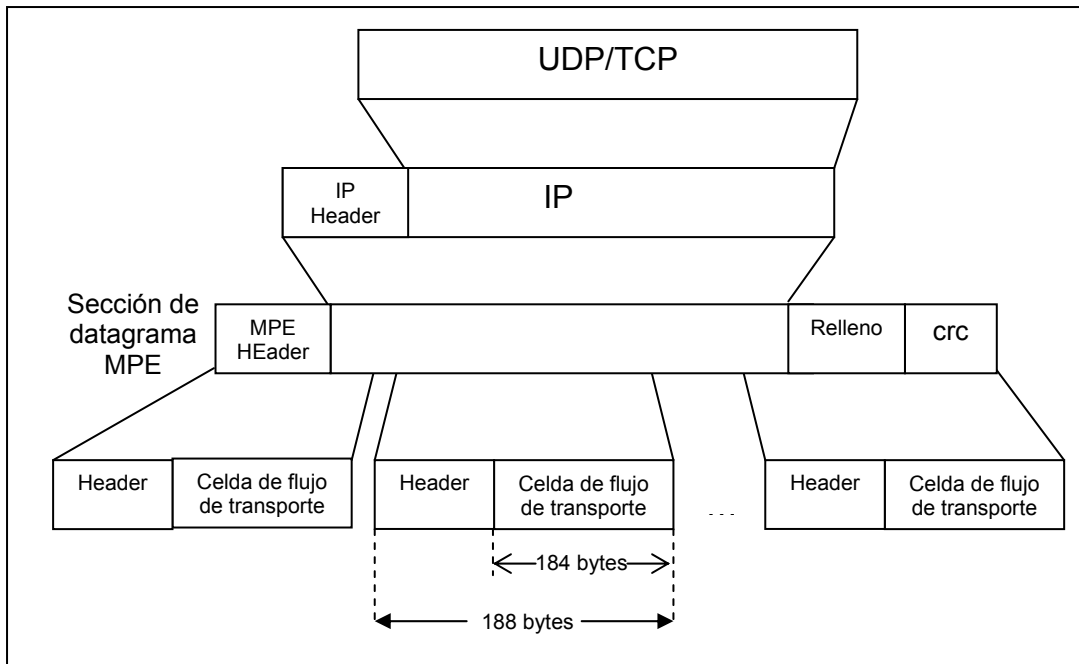


## **Proceso de empaquetamiento de la información**

El estándar MPEG-2 define como la información comprimida de audio y video es codificada en PES (Paquetized Elementary Streams, Flujos Elementales Paquetizados). En puntos anteriores se mencionó este proceso, la importancia que esto tiene es que esta codificación es la que es enviada en la portadora del Outroute. Como se puede observar en la figura V-12, se utilizan paquetes de longitud fija de 188 bytes llamados celdas. No obstante en los sistemas satelitales para transmisión de paquetes de datos, el encapsulamiento de la información no se hace directamente en la trama MPEG-2, existe un proceso intermedio en el cual la información IP es encapsulada en la trama de MPE (Multiprotocol Encapsulation). La cabecera de la trama resultante de la encapsulación en MPE contiene la información concerniente a la dirección MAC del Terminal remoto utilizada en el segmento espacial

A continuación se describe brevemente el empaquetamiento de la información dentro de MPEG-2.

Los paquetes IP son encapsulados en el NOC dentro del MPE. En este punto el paquete IP se procesa para ser transformado en una sección de datagrama, la cual puede tener un tamaño máximo de 1500 bytes. La información contenida en esta Sección de Datagrama se segmenta en celdas de tamaño fijo de 188 bytes siendo estas las que se van a insertar dentro de la trama MPEG-2.



**Figura V-12. Proceso de empaquetamiento de la información dentro de MPE para luego ser segmentado y convertido en celdas de tamaño fijo**

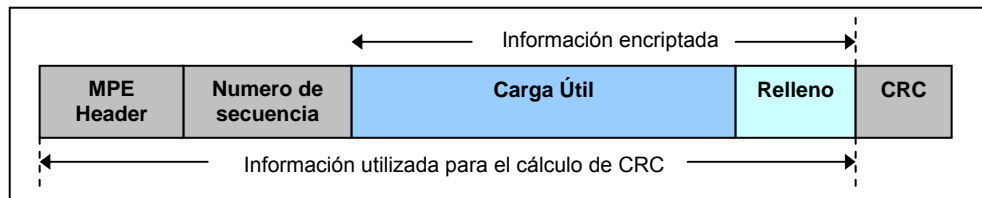
#### 5.4.1.2. Descripción del Outroute

La portadora de Outroute del sistema Direcway, es la señal que va desde el NOC hacia los remotos. Es una de las variaciones más importantes introducida por esta tecnología ya que la información que esta portadora lleva a las remotas se soporta en el estándar DVB-S para comunicaciones satelitales, lo cual conduce a tener anchos de banda de hasta 48 Mbps.

Al igual que en el sistema PES 5000, el Outroute utiliza un esquema de multiplexación por tiempo (TDM) para transportar la información a las remotas. El outroute utiliza modulación QPSK con codificaciones concatenadas de Reed-Solomon y Viterbi.

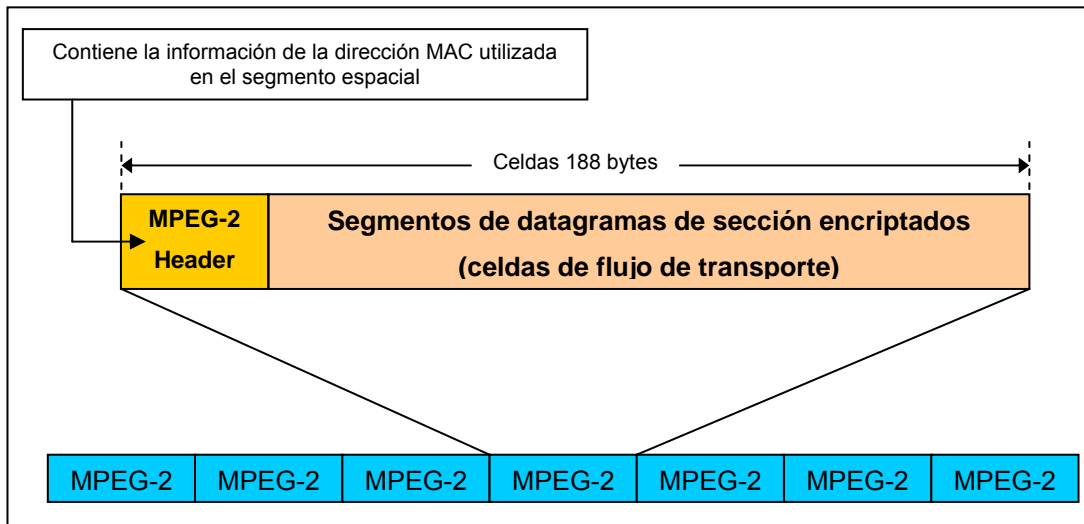
## Formato de la portadora Outroute

La portadora de outroute es encapsulada dentro del esquema de transporte DVB utilizando un sistema de Encapsulación Multiprotocolo (MPE). Cada uno de los paquetes IP es construido en una sección de datagrama de 1500 bytes de longitud la cual es encriptada usando asignación de llaves DES. La sección de datagrama una vez que es encriptada se segmenta en paquetes MPEG-2. El header de este paquete contiene el campo PID (Packet Identifier o Identificador de Paquete) el cual asocia la información IP con la aplicación a la cual corresponde ese paquete.



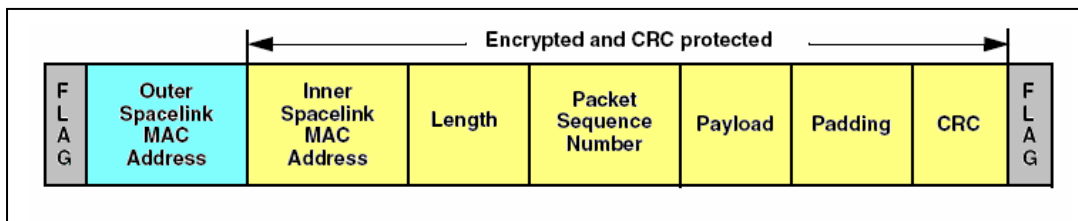
**Figura V-13. Campos que componen al datagrama de sección encriptado**

Cada uno de los datagramas de sección se segmenta en paquetes de longitud fija de 188 bytes para luego ser insertados dentro del flujo TDM por medio del cual se transporta el Outroute.



**Figura V-14. Encapsulación de celdas dentro de la trama MPEG-2 para ser transportadas en la portadora de outroute**

La figura V-15 se muestra con detalle cada uno de los campos que componen al paquete del Outroute.



**Figura V-15. Campos que componen al paquete transportado en el Outroute**

Las funciones de cada campo son las siguientes:

- **FLAG (bandera):** Marcan el comienzo y el final del paquete.
- **Outer Spacelink MAC Address:** Permite al operador seleccionar cuales remotas pueden recibir los paquetes, y además es utilizado por la remota para decidir cual llave de descryptación debe utilizar.

- **Inner Spacelinck MAC Address:** Permite determinar el tipo de paquete y el destino del mismo.
- **Length:** Longitud del paquete
- **Numero de secuencia de paquetes o Packet Sequence Number:** Numeración utilizada por la remota para determinar pérdidas de paquetes a nivel del Outroute.
- **Payload o Carga Útil:** Mensaje enviado a través del Outroute (p.e. Un paquete IP), es todo lo referente a la información que se quiere transmitir.
- **Padding:** este es un campo de relleno cuya función es hacer que la parte encriptada sea múltiplo de 4 bytes.
- **CRC:** es usado para detectar bit errados.

#### 5.4.1.3. Descripción del Inroute

La portadora de Inroute es la señal utilizada por las remotas para comunicarse con el hub. La tecnología Direcway utiliza un esquema de acceso de las remotas a los recursos del sistema similar al de PES 5000, implementando un protocolo cuyo funcionamiento se asemeja al ODLC. No obstante, cuenta con ciertas características que le permiten manejar mayores anchos de banda.

El sistema utiliza velocidades de trabajo de 32, 64, 125 o 256 Kbps con modulación del tipo OQPSK y con codificación Viterbi de  $\frac{1}{2}$  (FEC).

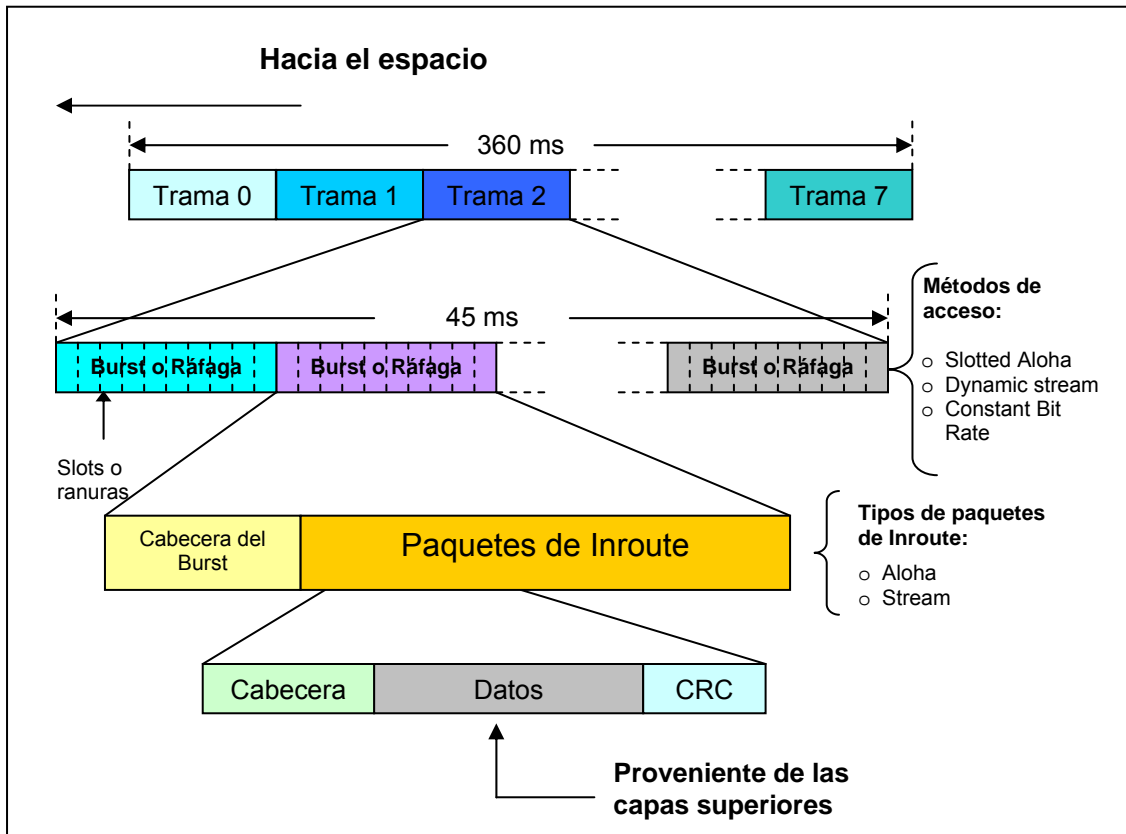
La asignación del recurso Inroute a las remotas se hace bajo el esquema de TDMA bajo demanda, mientras que a cada Inroute se le asigna una frecuencia de operación dentro del transponder satelital utilizando FDMA.

El tamaño de las tramas es de longitud de 45 milisegundos, igual que en PES 5000. Cada una de estas tramas esta subdividida en ranuras de tiempo las

cuales son asignadas a las remotas para que a través de ellas transmitan la información hacia el Hub. Estas transmisiones son denominadas Burst o ráfagas. Cada uno de estos burst va con la información necesaria para su identificación con el hub. Se manejan 3 diferentes tipos de ráfagas. Estas ráfagas pueden estar compuestas por dos tipos de paquetes de Inroutes, dentro de los cuales se encapsulan los datos que la remota quiere transmitir.

### **Formato de la portadora de Inroute**

La portadora de Inroute está formada por tramas de 360 milisegundos llamadas Supertramas, estas a su vez se subdividen en tramas de 45 milisegundos. En una supertrama se pueden transmitir hasta 8 tramas de 45 milisegundos. Las tramas están compuestas por ráfagas o burst, que son usados como método de acceso al medio para la transmisión de los datos. Dentro de las ráfagas se transmiten los Paquetes de Inroute o Inroute Packets, siendo estos los que llevan encapsulada la información de las capas superiores que se desea transmitir. Existen dos tipos de Inroute Packets. En la siguiente figura se muestra como se forma la Supertrama.



**Figura V-16. Proceso de encapsulamiento de los datos de las capas superiores para conformar el Superframe del inroute**

Los métodos de acceso utilizados en Direcway para el modelo DW6000 son los siguientes:

### **Aloha Ranurado o Slotted Aloha**

Este método de acceso es utilizado para transacciones cortas de datos, así como para realizar peticiones de aumento de ancho de banda al hub en el caso que la transmisión que se va a realizar sea muy pesada.

Este tipo de acceso es por contención, es decir, las remotas pueden tener acceso al Inroute de forma aleatoria al utilizar este método. Como consecuencia

de esto, existe la posibilidad de que se susciten colisiones, lo cual se traduce en que las terminales deben retransmitir los paquetes. Considerando que el medio de transmisión es el espacio libre, la detección de colisiones es bastante lenta, por lo que, al ocurrir colisiones, el sistema reduce considerablemente su capacidad de transmisión lo cual se traduce en una degradación de su desempeño.

Cuando un Terminal es activado por primera vez y no tiene ninguna información que transmitir, se comunica con el NOC para iniciar el proceso de comisionamiento, esto ocurre sobre una de las frecuencias asignada para el acceso por medio de Aloha ranurado.

Como se mencionó anteriormente, las ráfagas enviadas pueden ser datos o peticiones de ancho de banda. En el caso de ser datos, si la información cabe en una sola ráfaga, el hub no asigna más recursos a esta remota para realizar la transmisión. En caso contrario, el Hub le asigna a la remota un espacio dentro de los otros métodos de acceso, los cuales no son accesados por contención.

### **Flujo Dinámico o Dinamic Stream:**

Este método de acceso utiliza un algoritmo mediante el cual asigna el ancho de banda del Inroute una vez que la solicitud de este recurso es realizada por medio de una ráfaga Aloha.

Al realizar la petición de ancho de banda por parte de la remota, el Hub asigna, no todo el ancho de banda requerido, sino mas bien, le asigna a la remota el Inroute que menos tráfico tenga. Esto trae como consecuencia que el tráfico manejado por las Inroutes esté lo más balanceado posible. También se traduce en que ciertos terminales a la hora de transmitir la información aprecien lentitud



en la transferencia, esto ocurre en los casos en que los Inroutes estén copados. Sin embargo, la implementación de estos métodos de distribución de carga dentro de los inroutes se traduce en una capacidad de transmisión superior a 85% de la rata de transmisión del Inroute, lo cual, en comparación con los métodos de acceso de contención basados en Aloha cuya eficiencia es inferior a 35%, es una mejora sustancial en el uso de los recursos del sistema.

Esta mejora es debida, además de la distribución “justa” de los recursos del sistema, a que al Hub asignar el Inroute donde van a transmitir las remotas, las colisiones no ocurren por lo cual se obtiene una mejora sustancial en la velocidad del sistema.

En los casos en que el sistema esté copado y la disponibilidad de Inroutes para la transmisión sea escasa, la información restante (que no se pudo transmitir debido a las limitantes) se coloca en un buffer para ser transmitida en el próximo Inroute disponible.

Para los casos en que haya suficiente ancho de banda para que los Inroutes puedan comunicarse con el Hub, este asigna de forma equitativa los recursos del sistema de forma tal que todas las remotas puedan utilizar este “excedente” de ancho de banda.

### **Tasa Constante de Bits o Constant Bit Rate (CBR)**

Este método de acceso tiene la característica de tener una velocidad constante y de reservar un tamaño fijo dentro del Inroute, es por esto que es utilizado para aplicaciones en tiempo real como telefonía y videoconferencia. El hub al recibir peticiones para transmitir este tipo de aplicaciones ajusta las transmisiones de las ráfagas para que tengan un tiempo constante entre cada una de ellas.

Los tipos de Paquetes de Inroute son los siguientes:

**Aloha Inroute packet:**

Este tipo de paquete es utilizado para realizar peticiones al Hub de recursos del sistema, va asociado directamente con el método de acceso Slotted Aloha. Para el transporte de estos paquetes, que en su mayoría son utilizados para acceder a los recursos y para la gestión del sistema, se pueden definir grupos de paquetes de Inroute donde se utiliza un solo paquete para enviar la información de varios usuarios.

SER # (LOW)	BACKLOG INDICATOR	ADAPTATION INDICATOR	FRAME NUMBER	BURST NUMBER	LENGTH FEC	LENGTH	SER # (HIGH)	BACKLOG	ADAPTATION	DATA SEGMENT	CRC
-------------	-------------------	----------------------	--------------	--------------	------------	--------	--------------	---------	------------	--------------	-----

**Figura V-17. Formato de paquete de Inroute para el método de acceso slotted Aloha**

**Stream Inroute packet**

Este tipo de paquete de Inroute es utilizado para transmisiones de información utilizando métodos de acceso Dinamic Stream y CBR.

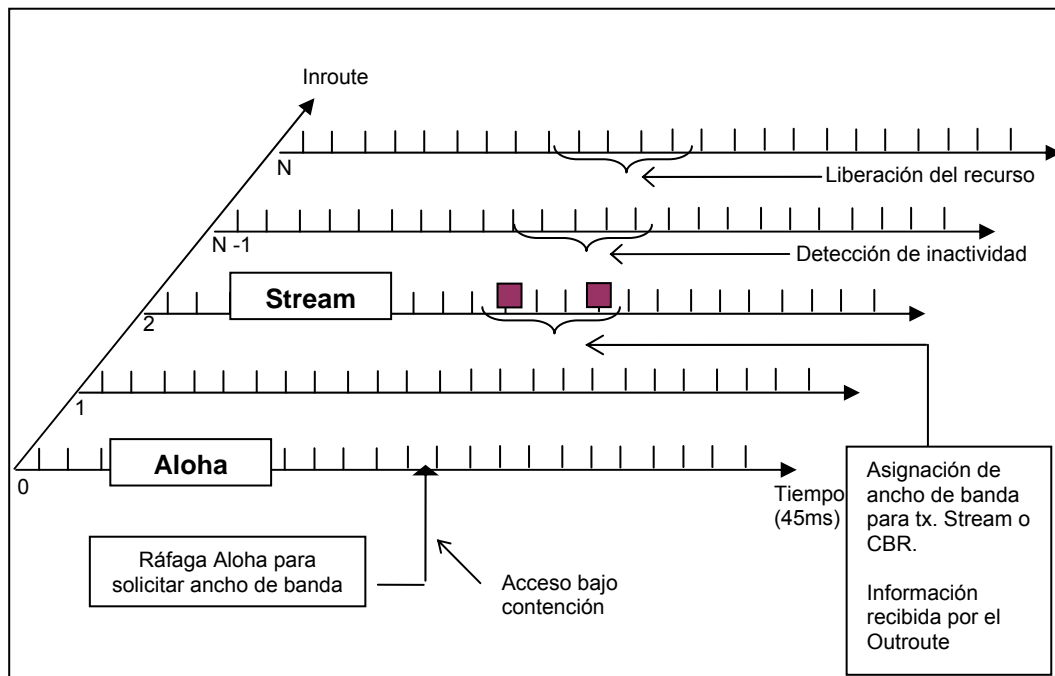
SER # (LOW)	BACKLOG INDICATOR	ADAPTATION INDICATOR	FRAME NUMBER	BURST NUMBER	LENGTH FEC	LENGTH	SER # (HIGH)	BACKLOG	ADAPTATION	DATA SEGMENT	CRC
-------------	-------------------	----------------------	--------------	--------------	------------	--------	--------------	---------	------------	--------------	-----

**Figura V-18. Formato de paquete de Inroute para el método de acceso Dinamic Stream y CBR**

## Distribución del ancho de banda del Inroute

A las terminales remotas el Hub les asigna cierto ancho de banda dentro del Inroute para realizar la transferencia de la información. Esta asignación va a depender del tipo de tráfico que quiere transmitir, el cual será definido en la solicitud realizada por medio de la ráfaga Slotted Aloha donde le indica al Hub cuanto se necesita y que tipo de información es.

Con esto en mente, el primer método de acceso al recurso de inroute siempre será el Aloha, seguido por el Dinamic Stream o CBR, los cuales, esencialmente son iguales, su diferencia está en que el segundo define tiempos fijos para la transmisión de las ráfagas mientras que el primero no. Sin embargo, utiliza el mismo paquete de Inroute para el encapsulamiento de la información. Considerando esto, se pueden definir dos grupos de Inroute, el Aloha y el Stream.



**Figura V-19. Vista del proceso de asignación de ancho de banda del Inroute**

Al la remota iniciar la transmisión, se comunica con el Hub por medio de mensaje dentro del inroute usando el método aloha para tener acceso al medio utilizando un Inroute aloha. El Hub responde vía el outroute asignando el inroute stream por donde se hará la transmisión de los paquetes. Existen casos donde la distribución del ancho de banda disponible para la transmisión debe distribuirse entre las otras remotas, al ocurrir esto se almacena la información de forma tal que se ajuste la velocidad al nuevo tamaño de la banda asignada para realizar las transferencias.

El manejo de ancho de banda del inroute va en conjunto a la asociación de las ranuras que componen al tren de tramas que forman al Superframe con las remotas que se encuentran transmitiendo información en un momento dado. Esto permite que varios usuarios utilicen el recurso mediante un esquema de acceso TDMA. Las frecuencias de transmisión van cambiando de sesión en sesión, lo cual le da un mayor nivel de seguridad al sistema.

A continuación se presenta una tabla en la que se establece la relación entre la velocidad de inroute y la cantidad de slots correspondientes al overhead y el ancho de banda efectivo que utilizan:

Tasa de Información /velocidad del Inroute (kbps)	Tamaño de las ranuras (Bytes)	Overhead slots/Burst	Ranuras por trama	Espacio utilizado por el Inroute (MHz)
64	7	2	51	120
128	8	1	90	240
256	9	1	160	480

**Tabla V-1. Relación de la velocidad del inroute con el ancho efectivo utilizado**

## **5.5. Configuraciones de redes típicas para el sistema Direcway**

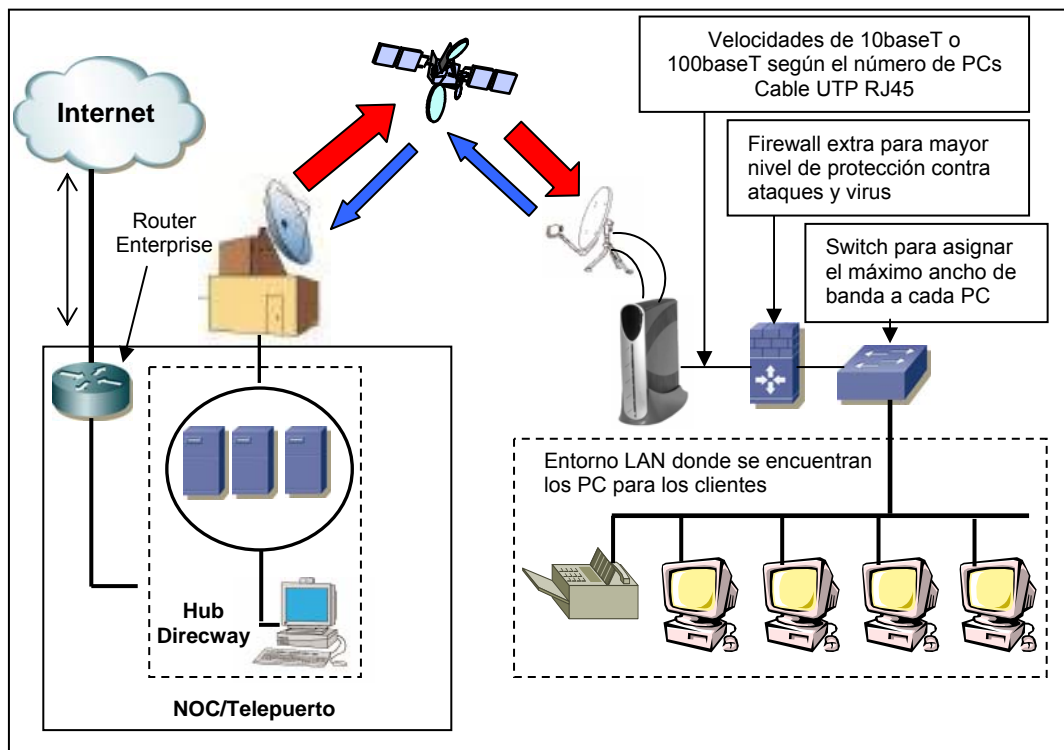
Al igual que en el capítulo anterior, en este punto se muestran configuraciones de redes típicas que pueden ser implementadas con la tecnología Direcway

### **5.5.1. Acceso a Internet de un Cyber café**

Con el crecimiento de la Internet, han surgido lugares donde aquellas personas que no poseen acceso a este recurso pueden tenerlo pagando una tarifa por el servicio prestado. Estos lugares son conocidos como cyber cafés. Su función principal es la de prestar servicios de Internet a sus clientes. Para esto, deben contar con un proveedor que les suministre el acceso.

La tecnología Direcway por estar orientada a TCP/IP se adapta fácilmente para la prestación de este servicio, considerando, que los clientes que van a utilizar estos cyber cafés consumen más ancho de banda en el canal de bajada que en el de subida, lo cual se ajusta a la perfección a las características de operación del sistema descrito en los puntos anteriores de este capítulo.

A continuación se muestra un diagrama sencillo de cómo se implementa este servicio para este tipo de cliente.



**Figura V-20. Diagrama de los elementos más importantes que conforman a un sistema de transporte para Internet para un Cyber café**

De la figura V-20 se puede observar el equipamiento básico necesario para prestar este servicio.

Cabe destacar que el proveedor del acceso a Internet por medio del enlace satelital debe contar con un esquema de distribución de recursos los cuales son ofrecidos a los clientes. Estos esquemas pueden ser planes de velocidades de acceso garantizado cuya tarificación depende de la cantidad de recurso consumido del sistema.

Para el caso aquí expuesto, un cyber café de 5 a 10 maquinas puede prestarse el servicio con una velocidad de acceso de 128 Kbps en el canal de Outroute (de los 48 Mbps disponibles) y 64 Kbps en el de Inroute, con estas velocidades

se puede navegar fácilmente en Internet, considerando que no todos los clientes utilizaran el recurso al mismo tiempo.

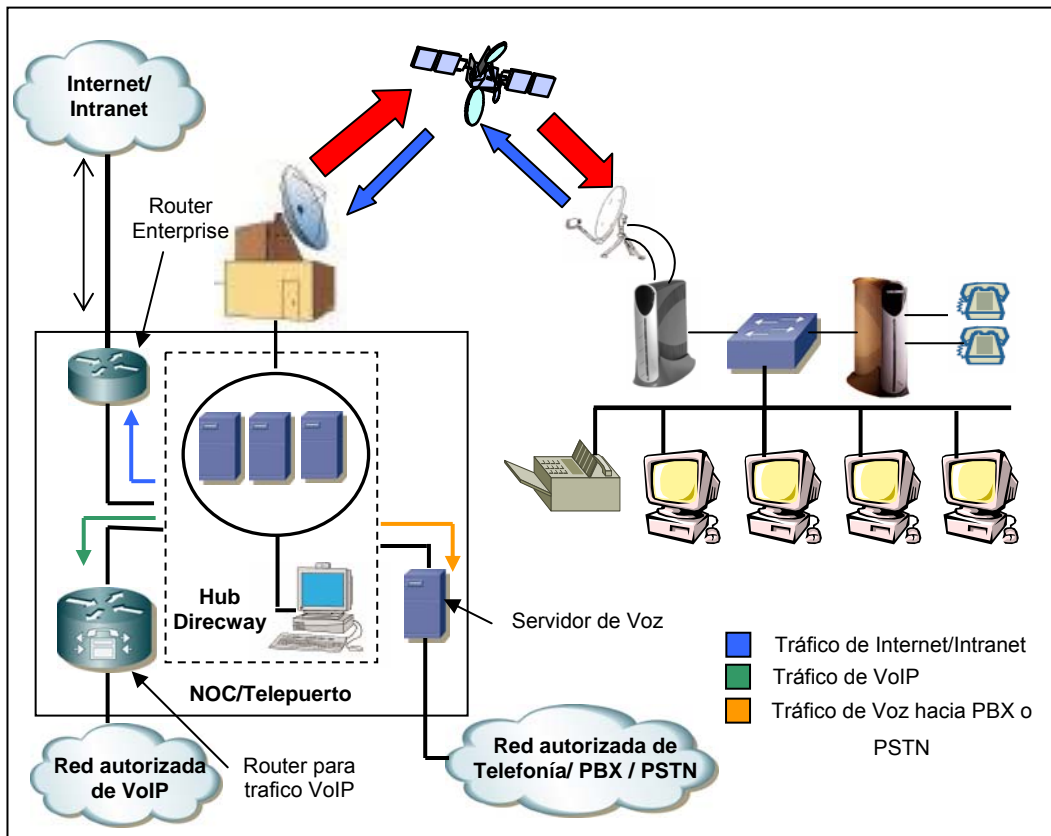
### **5.5.2. Acceso corporativo a Internet/intranet y servicios de voz**

Este ejemplo puede considerarse como un caso en el cual, dentro de los planes de acceso diseñados por el proveedor del servicio, se debe optar por un plan que garantice grandes velocidades de acceso, como por ejemplo 512 Kbps, esto es para garantizar que cuando se este cursando una llamada no se pierda notablemente la velocidad de acceso a Internet o a la Intranet. Sin embargo, dependiendo del número de PC que pueden disfrutar de los recursos, de los esquemas de seguridad propios del cliente para el acceso a páginas web y del numero de canales de voz, con 256 Kbps para el Outroute puede ser suficiente.

El acceso a Internet o a la Intranet es provisto a través del router enterprise ubicado en el Telepuerto por medio del cual se direcciona este tipo de trafico en el caso de Internet hacia los sitios web solicitados y en el caso de Intranet hacia los servidores de la casa matriz de la empresa a la cual perteneces dicha sucursal.

Para el tráfico de voz, la llamadas que sean hacia un teléfono de VoIP son canalizadas por un router encargado de direccionar este tipo de paquetes, mientras que, las llamadas hacia centrales telefónicas o hacia la PSTN son manejadas por un servidor de voz que se encarga de llevarlas a su destinos correspondientes.

En la siguiente figura se muestra un diagrama básico de conexión para una sucursal de una empresa la cual se le prestan los servicios de voz y datos.



**Figura V-21. Diagrama de los elementos más importantes que conforman a un sistema de transporte para una sucursal de un cliente con acceso a Internet, intranet y servicios de voz**

Cabe destacar que en este diagrama sólo se muestran ciertos elementos de la red para proporcionar una idea de una posible configuración con la tecnología Direcway para el manejo de tráfico de voz y datos. Es importante señalar que el detalle del manejo de los paquetes en el Hub es mucho más complejo, pero no es misión de este trabajo estudiar estos procesos.



## **CAPÍTULO VI**

### **ESTUDIO COMPARTIVO DE LAS TECNOLOGÍAS PES 5000 Y DIRECWAY**

En este capítulo se muestran los puntos más resaltantes con los cuales se pueden plantear comparaciones entre las dos tecnologías VSAT estudiadas anteriormente en este trabajo.

#### **6.1. Equipamiento**

Desde el punto de vista de las estructuras que soportan al equipamiento externo, así como los reflectores utilizados para la transmisión y recepción de las señales, no se observan notables diferencias entre las dos tecnologías, inclusive, se puede implementar la tecnología de Direcway con las mismas antenas y la misma estructura de soporte de las ODU de PES 5000 que operan dentro de la banda Ku del espectro radioeléctrico. Sin embargo, es recomendable utilizar reflectores de 1,2 m de diámetro en lugar de los reflectores rectangulares o elípticos de 0,95 m, esto es debido a que en ciertos puntos de la geografía de Venezuela no hay uniformidad en la pisada satelital, por lo cual, para garantizar que la señal del Outroute sea recibida con los mejores niveles posibles, es recomendable utilizar los reflectores antes mencionados.

Un cambio muy importante introducido por la tecnología Direcway es el uso de dos cables IFL para la interconexión entre la ODU y la IDU, en lugar de uno solo. Esto trae como consecuencia que las ODU de PES 5000 no sean compatibles con las IDU modelo DW6000 de Direcway estudiadas en este trabajo. No obstante, estas unidades en su forma de operar son similares, de

hecho, los primeros intentos de Hughes en el desarrollo de una tecnología de transporte de información por medios satelitales a altas velocidades, fueron implementadas utilizando el mismo equipamiento externo de PES 5000. Modelos como los de las series DW1000 y DW4000 de Direcway son un ejemplo de esto.

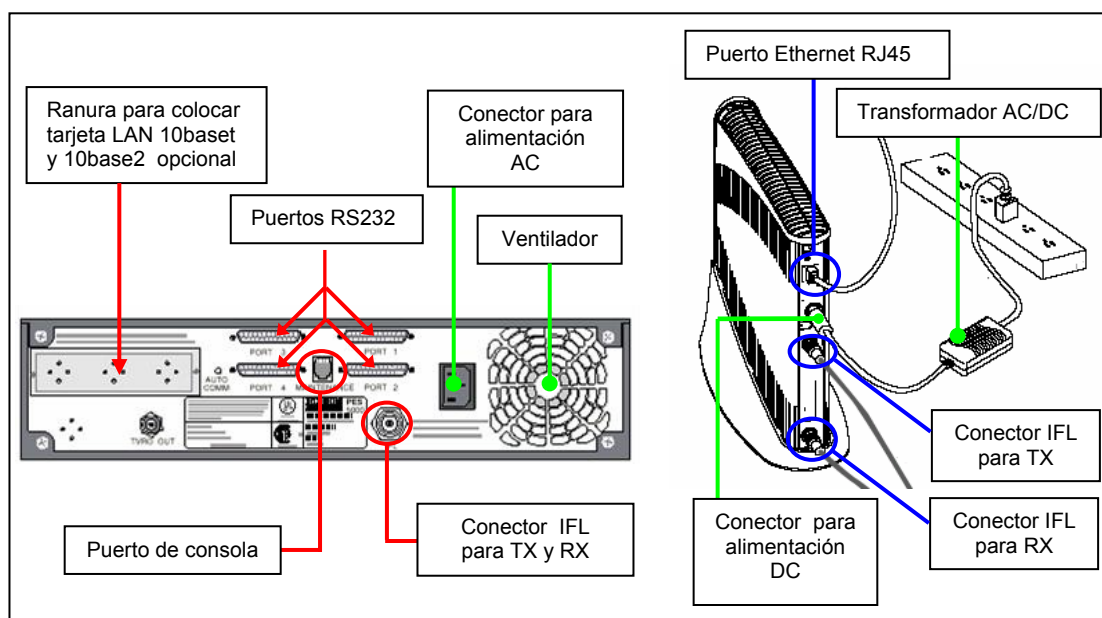
Otro cambio relevante se encuentra en la apariencia física de la IDU. Sin entrar en el detalle de operación del dispositivo y enfocándose en las características externas de cada una de estas unidades, las diferencias son abismales.

La tecnología PES 5000 utiliza IDUs que son bastante robustas, resistentes y considerablemente pesadas lo cual hace que su manejo no sea fácil para cualquier persona, además de ocupar un espacio considerable por ser equipos de cierto tamaño. Mientras que la IDU de Direcway es una unidad bastante compacta y liviana, de fácil manejo, lo cual puede traducirse tanto como una ventaja como una desventaja. La razón está en que la IDU de PES 5000 al ser tan pesada y robusta soporta más golpes y es más resistente a daños que pueda sufrir en los sitios del cliente, en el transporte, etc. Pero, como se mencionó anteriormente, no son de fácil manejo, siendo esto una ventaja del tamaño y peso de la IDU de DW6000 de Direcway.

Parte de la reducción del tamaño de la IDU DW6000 radica en que los componentes de alimentación están divididos en una placa interna y un convertidor de corriente AC a DC externo, mientras que en PES 5000 la fuente de alimentación es una estructura bastante grande que emana mucho calor por lo cual es necesario un ventilador para mantener estable la temperatura del equipo.

Tomando en cuenta que el sistema Direcway está orientado a manejar el stack de protocolos TCP/IP, los puertos de interfaz con el cliente también cambian

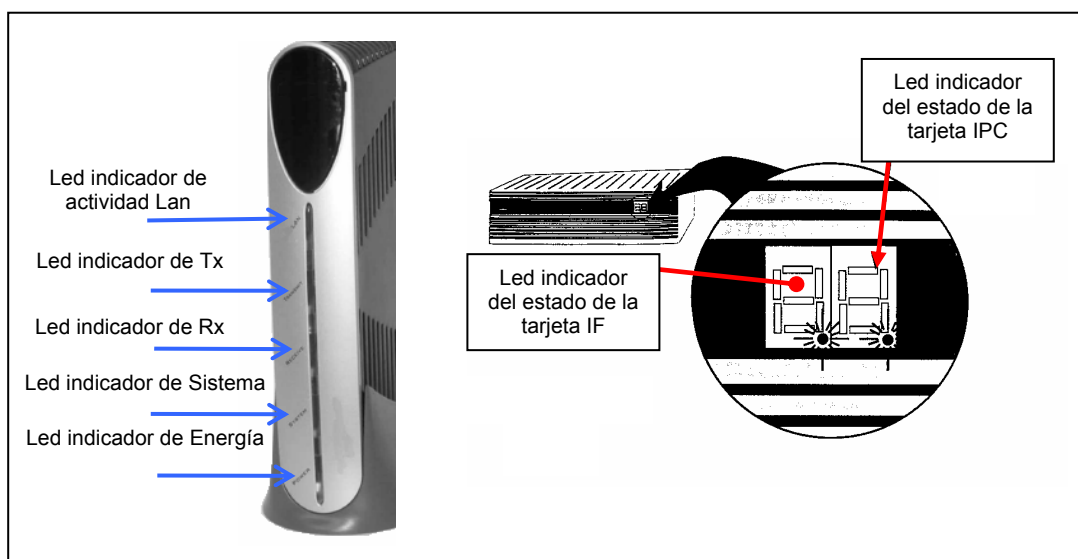
considerablemente con respecto a la otra tecnología. Al observar el modelo DW6000 se puede apreciar que en la parte posterior del dispositivo sólo hay un puerto RJ45 para Ethernet a 10/100baseT auto detectable, a diferencia de la parte posterior de PES 5000 (en lo referente a la interfaz con el cliente), la cual está compuesta por 4 puertos seriales RS232, con un puerto Ethernet 10baseT y uno 10base2, siendo estos dos últimos opcionales dependiendo del modelo del equipo. Es evidente que los conectores con el equipamiento externo son también diferentes. Como se mencionó anteriormente, en Direcway se manejan dos cables IFL, mientras que en PES 5000 solamente uno.



**Figura VI-1. Parte posterior de la IDU de PES 5000 (izquierda) y parte posterior de la DW6000 de Direcway (derecha)**

La forma en que los dispositivos indican el estado de operación al personal encargado de la instalación y mantenimiento de los equipos también cambia de una tecnología a otra. Para el caso de PES 5000 se cuenta con dos displays de 7 segmentos mas dos leds de punto que indican ciertos códigos alfanuméricos, cada uno tiene un significado en particular, siendo estos los utilizados para

saber el estado de los equipos cuando no se tiene acceso a la consola de control del sistema. Lo que trae como consecuencia que el personal que se encuentre en el sitio del cliente diagnosticando el estado del equipo debe conocer el significado de cada uno de estos códigos. El sistema Direcway no tiene estos displays, sino mas bien tiene 5 leds que se encienden y apagan, cada uno de ellos tiene rotulado la función a las cuales se refieren, como por ejemplo, esta el LED que indica Power, es decir, que el equipo esta energizado, esta el led que indica la presencia de actividad en el puerto LAN, entre otros.



**Figura VI-2. Indicadores externos de la IDU DW6000 (izquierda) y de la IDU de PES 5000 (derecha), vista frontal**

## **6.2. Manejo de los protocolos y de las tramas a nivel de la capa de enlace de datos.**

Es en este nivel de capa de enlace de datos o capa 2 del modelo ISO/OSI donde se aprecian más diferencias, ya que, aunque el medio de transmisión es el mismo en ambas tecnologías, se cuenta con diferencias sustanciales, sobretodo en lo relativo al manejo de las tramas.

El protocolo utilizado por PES 5000 para el manejo de las tramas, tanto en el Outroute como en el Inroute es el ODLC, su modo de operación fue descrito en el capítulo 4, siendo su función principal la de esconder o manipular a los protocolos de las capas superiores para prepararlos para la transmisión sobre el medio. Este proceso aunque fue ampliamente utilizado en este tipo de redes, sobre todo por que soporta cualquier cantidad de protocolos de capas superiores, consume muchos recursos de procesamiento del sistema.

En la portadora de Outroute se utiliza un sistema de multiplexado TDM con diferentes métodos de acceso al Outroute, mientras que en la portadora de Inroute se utilizan 4 formas diferentes para acceder al recurso por medio de TDMA, todos bajo el protocolo ODLC.

Por otro lado, la tecnología Direcway utiliza en la portadora de Outroute, un esquema diferente a ODLC para el manejo de las tramas. Para ello, basa su funcionamiento en el estándar DVB-S el cual utiliza el multiplexado TDM de celdas de tamaño fijo, siendo estas las que son transportadas sobre el enlace satelital. Para la portadora de Inroute utiliza un protocolo similar al ODLC de PES 5000 pero con algunas variantes en su modo de acceso; y al igual que en PES 5000, se mantiene el esquema de Multiplexación TDMA.

Un punto muy importante es que aunque el manejo del Inroute es muy parecido en ambas tecnologías, en Direcway se utiliza un esquema de repartición justa de los recursos, esto quiere decir que si hay una remota que esta ocupando la mayor parte del ancho de banda del Inroute, el excedente es repartido por todos los demás inroutes que se encuentren operando en ese momento. También se debe destacar que a diferencia de PES 5000 donde se manejan 4 diferentes métodos de acceso al Inroute, en Direcway se utilizan solo 3, de los cuales, el Alhoa es el único que es utilizado bajo contención, mientras que los otros 2 restantes (CBR y Dinamic Stream) son recursos asignados a las remotas por

medio del Outroute para que la IDU mande los paquetes, lo cual hace que las velocidades de acceso de las remotas hacia el Hub aumenten, inclusive utilizando un protocolo similar a ODLC. Esto es consecuencia de que al asignar el Hub al Inroute por donde va a transmitir la remota, las colisiones se minimizan, mejorándose así la eficiencia del sistema.

Como se puede observar, el procesamiento de las tramas efectuado por Direcway permite manejar mayores anchos de bandas, tanto en el sentido del Outroute como en el del Inroute. Sin embargo, ambos sistemas están basados en la compartición de recursos, lo cual trae como consecuencia que no se garanticen velocidades de acceso, ya que es un sistema estadístico de distribución de los recursos, por lo cual es posible que las velocidades teóricas expuestas en este trabajo no sean las reales.

Otro punto muy importante es que en ambas tecnologías se manejan las velocidades como un tope, es decir, para PES 5000 el proveedor ofrece velocidades de “hasta” 512 Kbps en el sentido del Outroute siendo este el recurso que es compartido por todos los clientes, mientras que para Direcway son velocidades de “hasta” 48 Mbps, igualmente compartido por todas las remotas, estas consideraciones evidentemente están hechas bajo un ambiente muy particular, ya que tomando en cuenta el modo de operación estadístico de asignación de recursos, estas velocidades son poco factibles cuando se tienen un gran numero de sitios remotos.

### **6.3. Comparaciones a nivel de la capa de red o capa 3**

Como se mencionó en el capítulo 5, el sistema Direcway esta diseñado para ser utilizado casi exclusivamente con el stack TCP/IP, abarcando con esto las capas 3 y 4 del modelo ISO/OSI. Para aplicaciones bajo otros protocolos como X.25, IPX, etc u otras interfaces diferentes a ethernet RJ45 (RS232, V.35, etc.),

se le debe añadir a la IDU otra unidad encargada de proporcionar las interfaces adecuadas para estos tipos de protocolos, sin embargo, parte de las funcionalidades y ventajas provistas por el sistema Direcway son desperdiciadas.

Esto no ocurre con la tecnología PES 5000 que utiliza al protocolo ODLC. Cualquier protocolo que venga de las capas superiores es encapsulado en él, haciendo que sea un sistema independiente de los protocolos de capa superior que se requieran implementar en el cliente.

No obstante, el acceso a Internet por medio de PES 5000 es muy lento debido a la disputa de todas las remotas para acceder a los recursos del sistema (acceso en sentido del Hub a los usuarios de 512 Kbps compartido por todas las remotas que estén operativas), así como el consumo de recursos del propio protocolo ODLC, haciéndolo poco adecuado para este tipo de servicio.

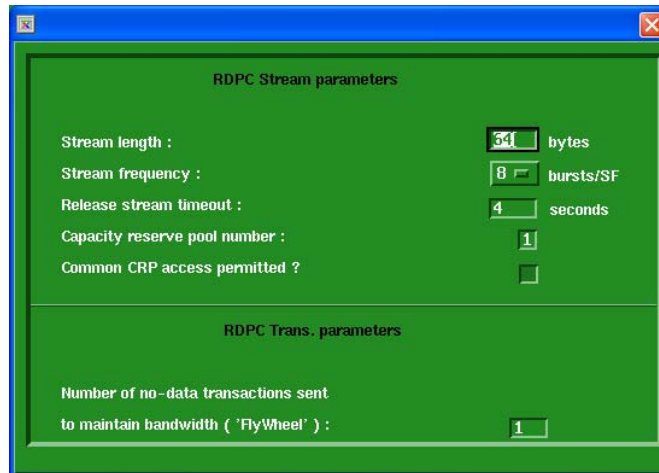
Caso contrario con la tecnología Direcway, que aunque no tiene esa versatilidad de manejar múltiples protocolos de capa 3, su orientación hacia IP, específicamente a TCP/IP, hace que este sistema sea una solución idónea para prestar el servicio de Internet por medio de enlaces satelitales.

A esto se le puede añadir que gracias a ser Direcway una tecnología orientada a prestar servicios soportados en TCP/IP, se logran mejoras en el desempeño del sistema ya que se explotan las características propias de estos protocolos (TCP spoofing, reducción de ACK, compresión de las cabeceras IP, etc.), lo cual permite que se ajusten a las condiciones de operación de los sistemas satelitales.

#### 6.4. Gestión y control de las remotas del sistema

En ambas tecnologías, el sistema principal de gestión desde la consola reside en el Hub. Sea de Direcway o de PES 5000, es un software propietario de Hughes Network.

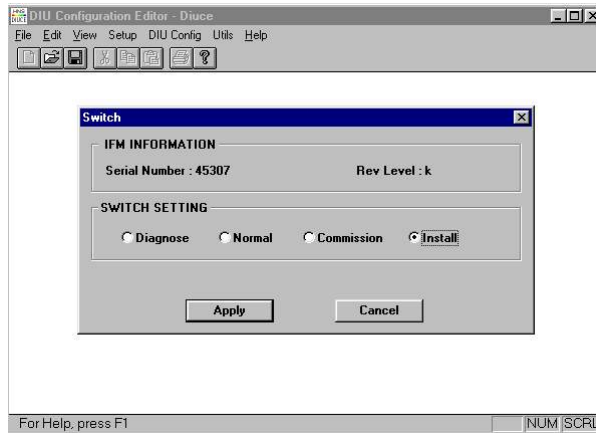
Para el caso de PES 5000 se requieren de ciertos procedimientos para manejar la consola del Hub de forma remota y así configurar, vía el enlace satelital, a las remotas del sistema.



**Figura VI-3. Foto de una de las pantallas de la consola del Hub PES 5000**

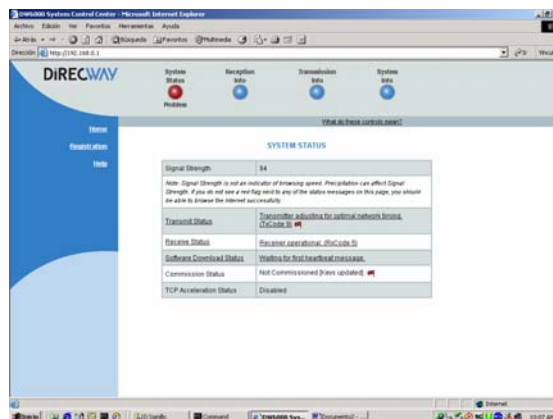
La configuración directa de las IDUs (no por medio del enlace satelital) se tiene que realizar utilizando un software llamado DIU EDITOR propietario también de Hughes, que puede ser instalado en cualquier PC, la cual se conecta a la IDU a través de un cable de consola desde puerto serial del PC al puerto RJ11 de mantenimiento de la IDU. Por medio de este, se le asignan las direcciones con las cuales va a operar el equipo, el estado en que va a trabajar (cuenta con 4 estados: Instalación, diagnóstico, comisionamiento y normal, siendo este ultimo donde opera el equipo), el numero del Inroute por donde va a operar, entre otras.





**Figura VI-4. Pantalla de selección de modo de operación de la IDU PES 5000 por medio del Ddu editor**

En comparación con esto, el sistema Direcway, cuenta con el soporte de SNMP, colocando agentes en cada uno de los sitios remotos, siendo estos los que le reportan al Hub del estado de cada uno de los equipos que se encuentren autorizados dentro de la red. Para la configuración directa de las IDUs, simplemente se debe conectar un PC que tenga instalado un navegador web (el proveedor recomienda que sea Internet Explorer versión 6 o superior) al puerto Ethernet en la parte posterior del equipo para poder tener acceso a una pagina web que permite realizar la configuración del equipo.



**Figura VI-5. Pantalla de configuración de la IDU DW6000 por medio del Internet Explorer**

Es importante destacar que previo a la instalación en el sitio del cliente, se debe configurar la IDU utilizando una sesión telnet desde un PC conectado al puerto Ethernet, en la cual se configuren todos los aspectos relacionados a la latitud y longitud del sitio donde se va a instalar, direcciones IP de gestión remota, entre otras. Al realizar este tipo de conexión, la IDU asigna por medio de su servidor DHCP la dirección IP que la PC utilizará para la configuración, de esta forma, ambos equipos están dentro de la misma subred y en el mismo grupo de trabajo.

Como se puede observar, tanto la gestión remota como la directa por consola de las IDUs utilizando Direcway son mucho más sencillas que la de PES 5000.

#### **6.5. Puesta en marcha de los sitios remotos. Comisionamiento.**

Una de las diferencias más notables entre las dos tecnologías es la velocidad de comisionamiento de las remotas con el Hub.

A la hora de instalar los equipos en los sitios remotos, para ambas tecnologías, se requiere de un proceso de apuntamiento fino con el satélite a través del cual se prestará el servicio. Un punto muy importante después del apuntamiento y antes de iniciar la operación de la remota es el proceso de comisionamiento.

El proceso de comisionamiento sirve para que el sitio remoto se identifique con el Hub, reciba las directrices de operación y ajuste los tiempos de transmisión de las portadoras adecuados a los servicios y aplicaciones que dicha remota va a prestar.

Para el caso del sistema PES 5000 este es un proceso manual, donde el personal de instalación del equipo debe realizar cada uno de los pasos necesarios para poner en marcha a la remota. Tiene una duración de

aproximadamente 45 minutos, donde en los primeros 25 minutos se hace un intercambio de información de la dirección asignada de la remota así como la autorización al uso de los recursos del sistema que tiene asignados para su operación. Los otros 20 minutos restantes son utilizados para realizar pruebas de la calidad del enlace (LQT, Link Quality Test o Prueba de Calidad del Enlace). Una vez que termina el comisionamiento, se coloca en estado normal y empieza a operar la remota. Como se puede apreciar es un proceso bastante engorroso y largo.

En el sistema Direcway, una vez que la antena esta apuntada al satélite, al activar la IDU, esta recibe y envía toda la información necesaria para su operación, haciendo que el proceso de comisionamiento sea prácticamente automático (requiere de un tiempo para cargar la información y reiniciar el equipo), una vez que se enciende la IDU. Parte de la razón por la cual este proceso es tan rápido es por que la información que se configura en la remota previo a su instalación es más completa que en el sistema PES 5000. Otra razón es la velocidad tanto del Outroute como del Inroute lo cual permite actualizaciones más rápidas de la información que requiere la remota para iniciar su operación.

## **6.6. Implementación de aplicaciones y servicios de capas superiores**

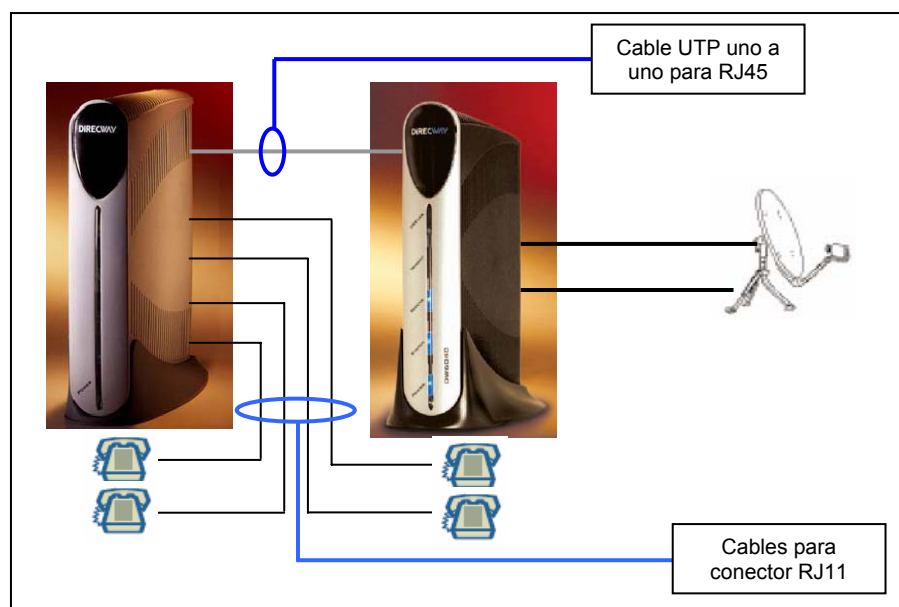
En este punto se describen algunas de las aplicaciones y servicios más comunes que son prestados utilizando medios satelitales, específicamente aquellas soportadas en las tecnologías PES 5000 y Direcway.

La mayoría de los servicios de telecomunicaciones que se utilizan en la actualidad están basados en IP, no obstante, existen redes que fueron altamente implementadas y utilizadas con gran éxito en la época previa al auge de la Internet y por ende de este protocolo.

La prestación de servicios basados en IP utilizando la tecnología PES 5000 no es la más adecuada, ya que los anchos de banda para el transporte de la información no son lo suficientemente grandes para garantizar la correcta prestación de este tipo de servicio.

Para el tráfico de voz uno de los puntos más importantes es la transmisión de las ráfagas manteniendo los mismos tiempos entre una y otra (retraso constante), la IDU PES 5000 no es capaz de manejar el tráfico de voz con buena calidad, inclusive utilizando el método de acceso Transacción Reservation el cual garantiza retrasos constantes de todas las ráfagas, ya que se consume mucho ancho de banda del sistema

A diferencia de lo expuesto anteriormente, el sistema Direcway, aunque necesita de un equipamiento externo para la prestación del servicio de voz, puede prestar el servicio sin afectar la calidad de la voz y sin sacrificar el ancho de banda utilizado para los datos. Este dispositivo extra está diseñado para trabajar con la IDU Direcway, por lo que las prestaciones del sistema no son alteradas. El modelo de este equipo es DW6040, cuenta con 4 puertos FXS para servicios de voz sobre IP, su alimentación eléctrica es corriente DC utilizando un transformador de corriente AC a DC. Este dispositivo se conecta directamente a la IDU por el puerto Ethernet en la parte posterior de esta o en los casos en que se va a utilizar también el servicio de datos, se puede utilizar un switch para la interconexión del dispositivo de voz y la red de datos a la Direcway. Esta opción es ideal para prestar servicios de telefonía e Internet/Intranet a redes corporativas con amplio esparcimiento de sus sucursales.



**Figura VI-6. Diagrama de configuración de voz sobre IP utilizando la tecnología Direcway**

Similar a la situación expuesta en los párrafos anteriores ocurre con el servicio de Internet. Aunque este tipo de tráfico no esté restringido por los tiempos de transporte de la información, la tendencia actual a descargar grandes volúmenes de información de Internet hace que la tecnología PES 5000 no sea la más adecuada ya que las velocidades de navegación obtenidas con esta tecnología son muy bajas. Siendo el caso contrario con la tecnología Direcway la cual fue diseñada para prestar el servicio de Internet.

Aunque exista un gran auge en lo que a implementación de servicios y aplicaciones sobre IP se refiere, existen muchas redes cuya infraestructura opera bajo otros esquemas y protocolos. La gran mayoría de estas redes no requieren grandes velocidades para la transmisión de los datos, sino más bien es de suma importancia la integridad de los paquetes, caso contrario al modelo IP donde la red hace “el mejor esfuerzo” para entregar la información. El transporte de tráfico de este tipo de protocolos, como por ejemplo el X.25 que

es muy utilizado en las redes bancarias para la conformación de tarjetas de crédito y puntos de venta, no necesita grandes velocidades para su correcto desempeño, sino más bien, requiere que la entrega de la información sea confiable y segura.

Para este tipo de tráfico la tecnología Direcway no es la más adecuada, aunque puede funcionar al añadirle una unidad externa que le permita el manejo de este tipo de protocolos, no obstante, el sistema está optimizado para cursar tráfico IP. Mientras que, la tecnología PES 5000 se adecua a la perfección para este tipo de tráfico ya que no se requieren grandes velocidades para estos servicios.

## CAPÍTULO VII

### PRUEBAS BÁSICAS DE DESEMPEÑO

En este capítulo se muestran los procedimientos y los resultados de pruebas realizadas a fines de comparar las tecnologías ya citadas en este trabajo. Estas fueron efectuadas en un ambiente de laboratorio simulando las condiciones a las cuales se enfrentan las remotas en los sitios de los clientes.

Tanto las pruebas de Direcway como las de PES 5000 fueron realizadas en un intervalo de tiempo de 4 días durante el cual se establecieron diferentes condiciones ambientales, de forma tal de ofrecer los resultados más cercanos a aquellos que se obtendrían en los predios de los clientes

#### **7.1. Prueba de tráfico de datos para la tecnología PES 5000**

La finalidad de esta prueba es verificar las condiciones de operación de la remota, como por ejemplo la velocidad máxima de transmisión y de recepción.

##### **7.1.1. Descripción de la remota utilizada para las prueba de los puertos seriales RS232 y del puerto Ethernet 10baseT**

La remota utilizada para esta prueba tiene las siguientes características:

- La ODU está compuesta por un reflector circular de 1,2m de diámetro y una RF de potencia de 500 mW con una bocina circular.
- Se utilizó una IDU que opera en la banda Ku, posee una ranura para colocarle la interfaz LAN opcional con conector para ethernet 10baseT y 10base2. El puerto utilizado para la prueba es el puerto 1 de interfaz

RS232. Este puerto está autorizado en el hub para transmitir y recibir información.

- Cable IFL de longitud aproximada de 100 m.
- Estructura de soporte para el reflector y la RF.

Posterior a la configuración de la IDU por medio de la consola utilizando el DIU editor, se realizó el proceso de comisionamiento y se colocó en estado normal de operación. Con la dirección asignada, el Hub reconoce a la remota y la autoriza para trabajar dentro de la red.

El método de acceso al medio de la remota configurado en el Hub es Transaction/Reservation con esto se garantiza el ancho de banda asignado para cada remota dentro del Inroute. Este método de acceso es el más utilizado en redes X.25, donde los dispositivos esperan su turno para enviar los paquetes en ranuras de tiempo previamente asignadas dentro del Inroute, de esta forma se evitan las colisiones.

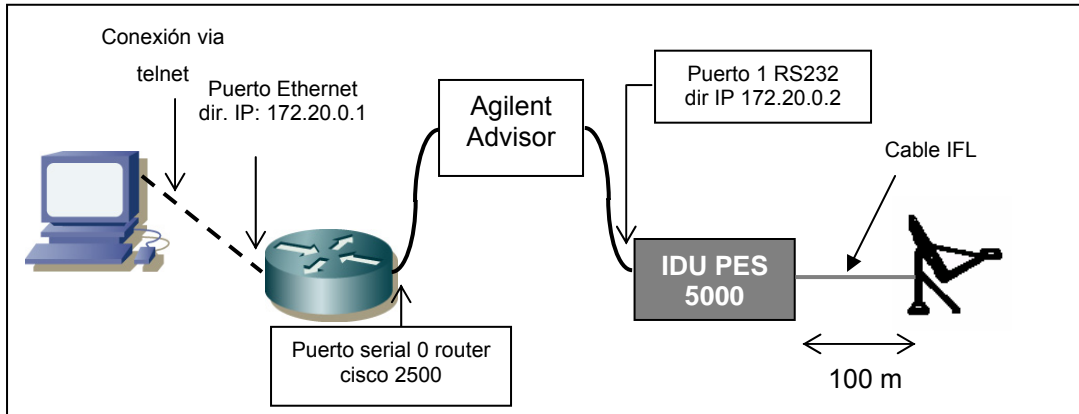


**Figura VII-1. Fotos de los equipos utilizados para las pruebas de desempeño de la tecnología PES 5000**



### 7.1.2. Descripción de la prueba para los puertos RS232 de PES 5000

Para realizar la prueba de la remota se instaló la configuración mostrada en la figura VII-2.

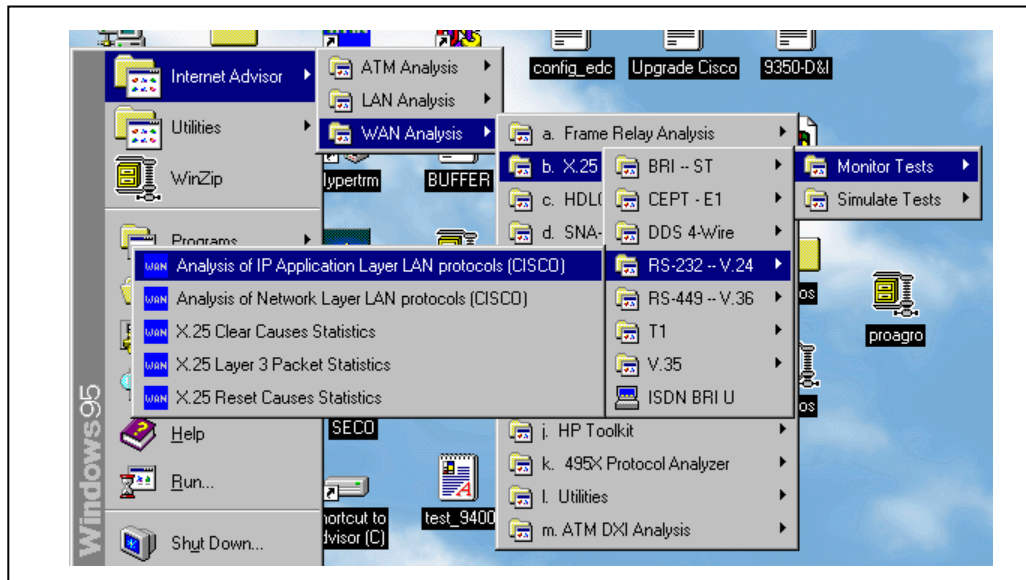


**Figura VII-2. Diagrama de conexiones realizadas para la prueba de tráfico de datos serial de la tecnología PES 5000**

El monitoreo del tráfico se realizó utilizando un analizador de protocolo llamado Protocol Advisor de Agilent. Este dispositivo opera bajo ambiente Windows 95 y posee todas las características básicas de un PC.

Se configuró el instrumento de medición para que operara en modo Monitor y se colocó entre el router que genera el tráfico y la IDU que se encarga de prepararlo para ser transmitido al medio.

En el modo Monitor el analizador de protocolos opera como observador, captura los paquetes transmitidos y recibidos, mas no los altera. Con esta configuración se observan los paquetes enviados y recibidos por la remota. El método de captura fue fijado para paquetes X.25, por este motivo, dentro de las opciones que se cuentan para el análisis de tramas WAN con X.25 el modo de monitoreo seleccionado fue para el análisis de aplicaciones IP (IP encapsulado dentro de X.25).



**Figura VII-3. Configuración seleccionada para el monitoreo del tráfico de la remota**

Para tener acceso al router que genera el tráfico ICMP (Internet Control Management Protocol, Protocolo de Control de Gestión de Internet) se hizo por medio de una sesión telnet (posteriormente se abren varias sesiones para cargar de tráfico al Outroute y al Inroute), se utilizó como protocolo a ICMP encapsulado dentro de X.25. En esta prueba se desea ocupar el canal con paquetes de tamaño fijo similares a los manejados en redes Ethernet, con la finalidad de saturar el medio de transmisión para observar la capacidad máxima del Outroute y del Inroute, el comportamiento del Hub en lo concerniente a la asignación de los recursos del sistema a las remotas y el funcionamiento del esquema de pregunta-respuesta que se utiliza para las transacciones bancarias o para las solicitudes de información en bases de datos, siendo todo esto la razón por la cual se ha utilizado ICMP y particularmente el comando PING.

Las sesiones de PING tienen como destino final la dirección IP de una interfaz serial de un router ubicado en el telepuerto encargado del tráfico X.25 de la red

PES 5000. Este router recibe los paquetes X.25 de las remotas y por medio de varias interfaces seriales los encamina hacia su destino final.



**Figura VII-4. Foto del banco de prueba instalado para realizar las mediciones**

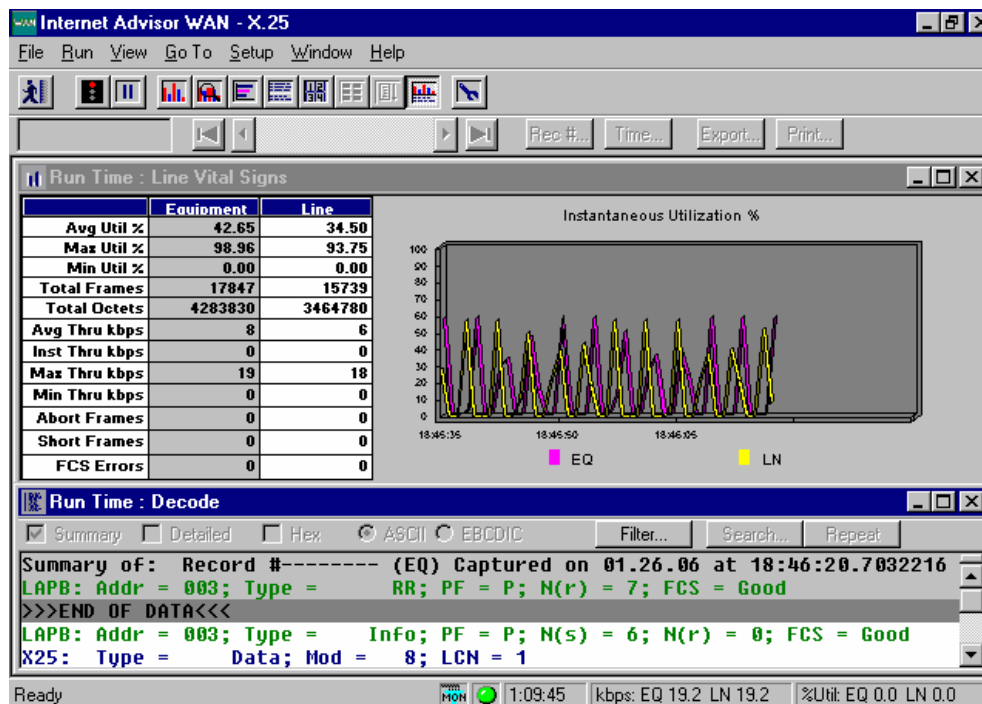
#### **7.1.2.1. Procedimientos y resultados obtenidos**

La prueba se inicia abriendo una sesión telnet al router que genera el tráfico para ser enviado por la remota. En la línea de comandos del router se ejecuto el comando PING utilizando un paquete de tamaño 1400 bytes con un tiempo de espera de 5 segundos (fueron enviados un total de 5000 peticiones de PING). El tiempo de espera es una variable muy importante, considerando que es intervalo en el que router tiene para enviar un paquete sin importar si recibió la respuesta o no. En puntos posteriores, se observará que al reducir este tiempo por debajo de 4 segundos, se utiliza prácticamente toda la línea, lo que implica que el router envía todos los paquetes pero la IDU no es capaz de procesarlos a tiempo.

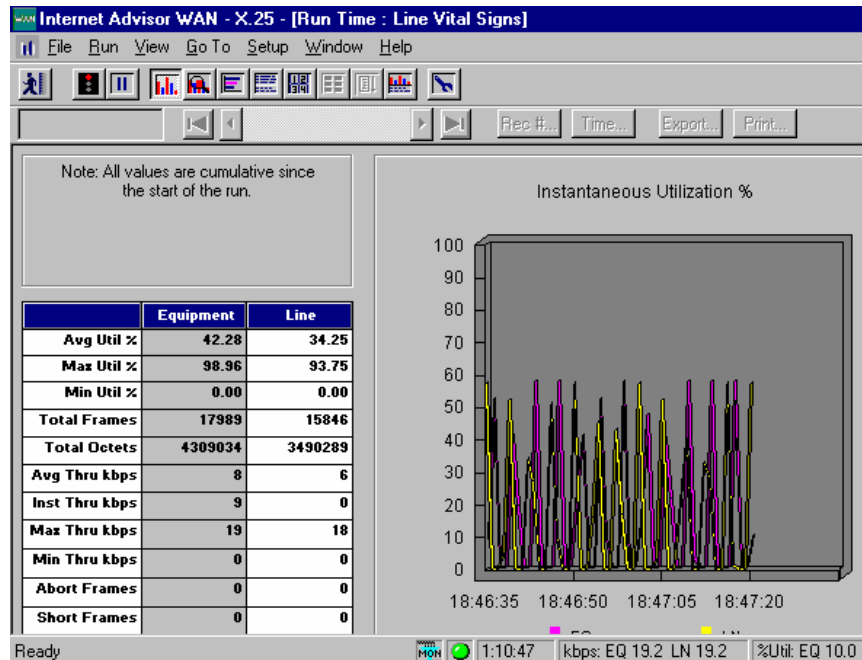
Con una sola sesión se observa el comportamiento de la portadora de Outroute y la de Inroute, no se aprecia ningún detalle resaltante, ya que la ocupación del recurso está dentro de los límites permitidos. En las figuras VII-5 y VII-6 se muestra la utilización tanto de la IDU como del router. Las señales mostradas son las censadas por el analizador de protocolos.

Con este resultado se comprueba el concepto de transferencia del Inroute en su modo Transaction-reservation, ya que si fuese Streaming se observaría un flujo continuo de datos sin importar si se está ocupando o no el canal.

Los picos observados en las figuras son la ocupación y liberación, tanto del Outroute como del Inroute.

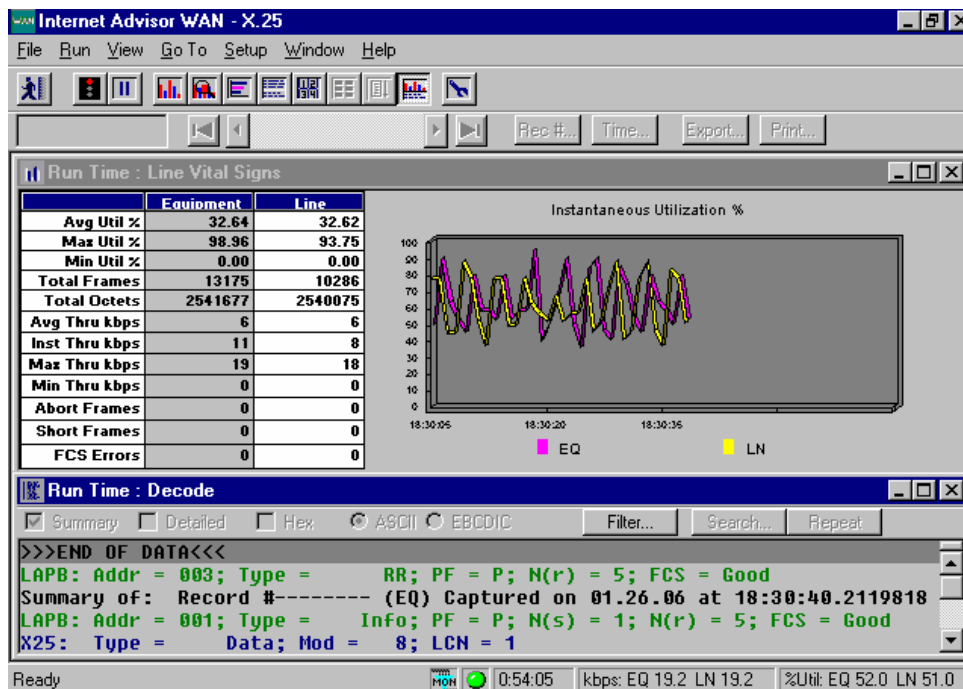


**Figura VII-5. Pantalla del Analizador de protocolos para observar el tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU**



**Figura VII-6. Pantalla del Analizador de protocolos del tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU orientado a la capacidad de procesamiento del sistema (rendimiento)**

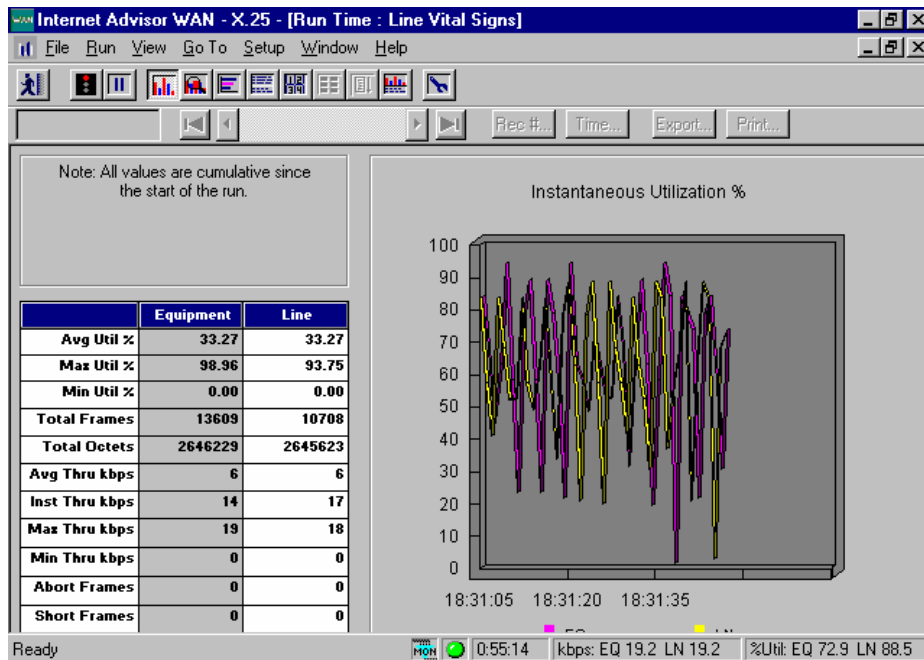
Para cargar con más tráfico al sistema y así observar mejor su comportamiento, se abrieron 3 sesiones de telnet adicionales, cada una operando bajo las mismas condiciones de la primera. De esta forma se observó que la utilización del recurso está llegando a su límite. Es importante destacar el comportamiento de la línea y del equipo, en la siguiente figura se aprecia el comportamiento de ocupación y liberación del recurso.



**Figura VII-7. Pantalla del Analizador de protocolos del tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU para cuatro sesiones PING de paquetes de 1400 bytes cada uno**

Al manejar múltiples sesiones la ocupación del recurso va aumentando por ende el hub asigna más espacio dentro del inroute para el manejo de la información. Con este resultado se comprueba el comportamiento de asignación dinámica de recursos del hub para el manejo del tráfico proveniente de las remotas.

Para el outroute no hay problema de asignación de recursos por que la red detecta que es un tipo de tráfico de datos que no es en tiempo real, por lo tanto, las respuestas de PING las envía por los campos del Outroute de Non-real-time sin ningún problema.



**Figura VII-8. Pantalla del Analizador de protocolos para observar el tráfico en tiempo real que es enviado y recibido por la IDU para cuatro sesiones PING de paquetes de 1400 bytes cada uno, orientado a la capacidad de procesamiento del sistema (rendimiento)**

Un punto muy importante a destacar es la forma en que la capacidad de procesamiento del sistema (rendimiento) es asignado a cada ráfaga consecutiva. Aunque en las capturas de las pantallas del Analizador de protocolos no se puede apreciar, en los campos de *Inst Thru Kbps* se puede observar que estos valores van cambiando constantemente, esto indica la forma de operar del Inroute en donde se asignan espacios de tiempo compartidos por todas las remotas las cuales estén operando con el, de forma tal que las remotas que tengan mas información a transmitir en el momento que les corresponda utilizaran mas el recurso que las otras restantes.

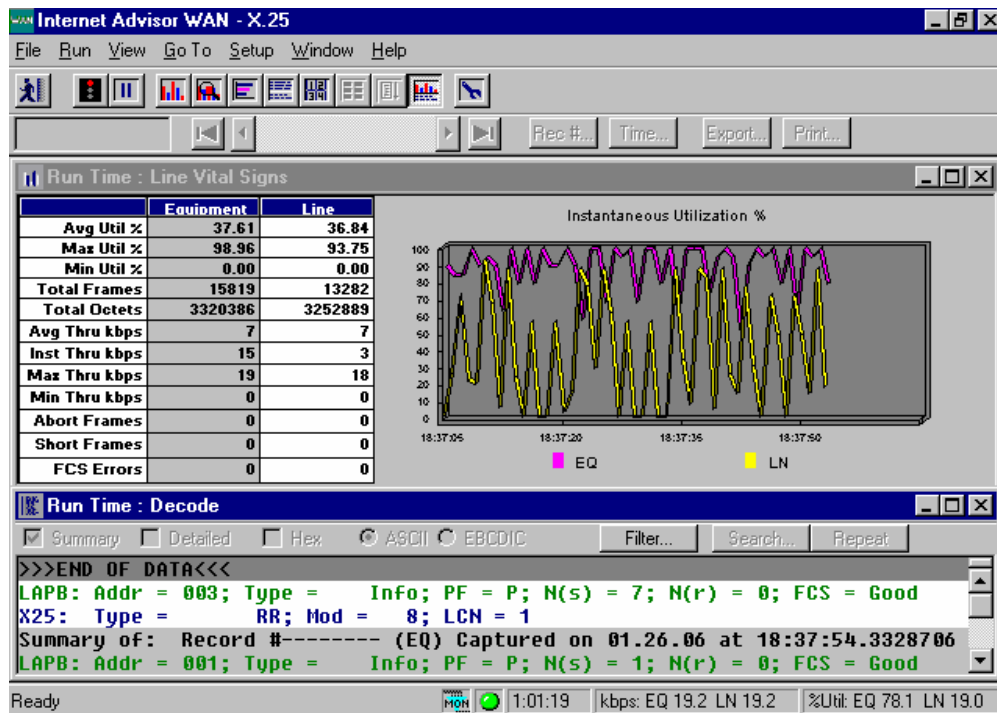
En la siguiente figura se observa que el analizador de protocolos indica la capacidad de transmisión máxima de la remota, su valor es de 19 Kbps. Este es

un valor teórico que no fue alcanzado durante el tiempo que se realizó la prueba.

kbps: EQ 19.2 LN 19.2

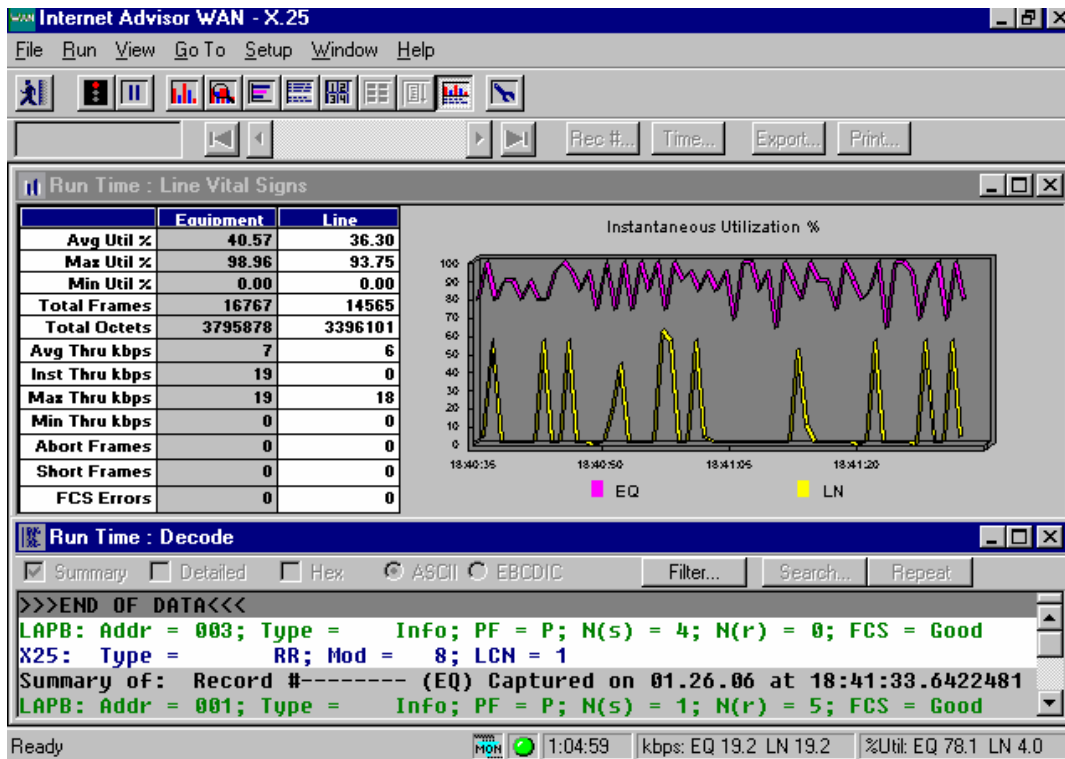
**Figura VII-9. Capacidad de procesamiento máxima del sistema (Rendimiento)**

Al abrir una sesión mas, se bajó el time out del paquete a 3 segundos, esto es a fin de copar totalmente al inroute. Como era de esperarse esta sesión solamente envía la información mas no la recibe (pérdida de paquetes de Ping). Lo importante de esto es observar como se satura la línea, con esto se obtienen los siguientes resultados:



**Figura VII-10. Inicio de saturación del Inroute al abrir una quinta sesión PING con paquetes de 1400 bytes con un time out de 3 segundos**



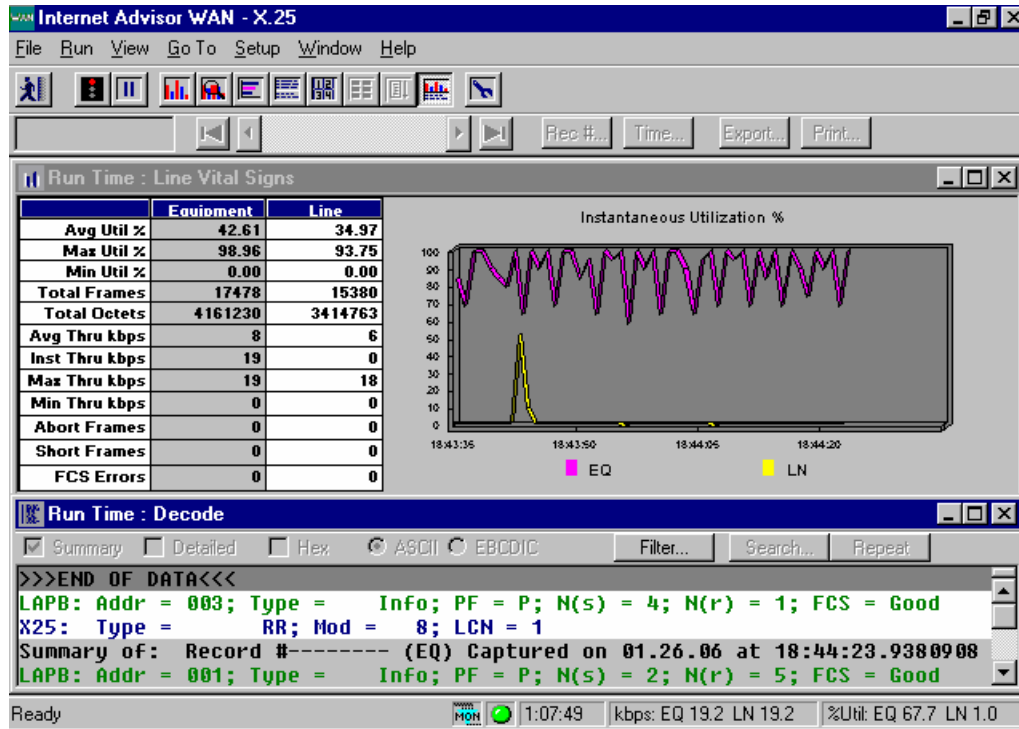


**Figura VII-11. Saturación del Inroute al abrir una quinta sesión PING con paquetes de 1400 bytes con un time out de 3 segundos donde ya no se recibe respuesta del Hub**

De la figura VII-11 se aprecia como está saturada la red pero el hub todavía mantiene al recurso activo. También se puede apreciar que el valor de throughput máximo disminuyó con respecto a la primera sesión, manteniéndose en 7 Kbps por la duración de la prueba.

Otra experiencia realizada fue saturar por completo la capacidad de transmisión de la IDU, dando inicio a una sesión utilizando PING con paquetes de tamaño 5000 bytes y con time out de 3 segundos. Esto trajo como consecuencia que la segmentación de paquetes fuese mayor, por lo que se requirió ocupar más recursos del inroute. Desde el punto de vista del Hub, esta remota estaba

consumiendo muchos recursos del sistema por lo que al corto tiempo no la dejó transmitir más.



**Figura VII-12. Suspensión de remota por parte del Hub por alto consumo de recursos**

Este resultado es bastante importante ya que se puede apreciar el modo de distribución de ancho de banda de los recursos del sistema, el cual reacciona al recibir información acerca de una remota que está operando fuera de los rangos autorizados para ella.

Esto ocurre así, por que esta remota que está consumiendo tanto ancho de banda, puede hacer que otras no operen correctamente.

Como se puede observar, la tecnología PES 5000 no ofrece anchos de banda superiores a 19 Kbps, si a esto se le suma el hecho de que este valor puede

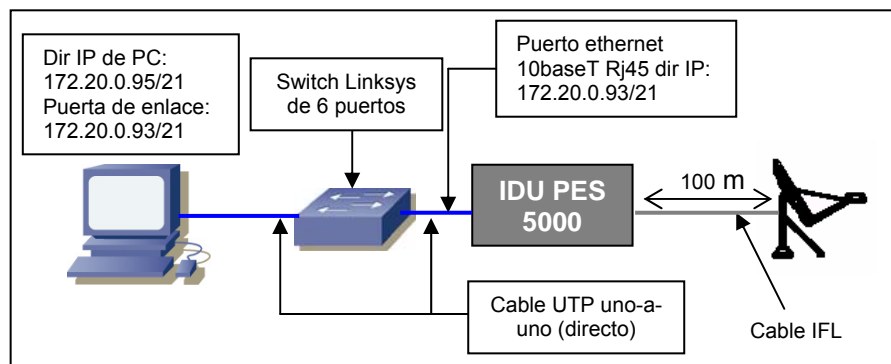
disminuir para los casos en que se encuentren transmitiendo muchas remotas a la misma vez, se aprecia que para servicios de grandes volúmenes de datos como los manejados por Internet no es el más adecuado.

### 7.1.3. Descripción de prueba para puerto Ethernet

Para esta prueba se conectó un PC al puerto Ethernet de la IDU, se configuró la dirección IP de este PC dentro de la subred utilizada para este tipo de tráfico.

Para observar el comportamiento de este puerto se generaron paquetes ICMP de 5000 bytes en varias sesiones de PING desde el MS-DOS del PC hacia el puerto ethernet de un router instalado en el telepuerto encargado del manejo de tráfico LAN conducido por los puertos ethernet de las remotas, esto con la finalidad de observar el tiempo de respuesta del sistema.

No se implementó esta prueba con el Advisor por que el módulo LAN de este equipo opera en MS-DOS y no permite la captura de pantallas. Sin embargo se observó el tiempo de respuesta de los paquetes así como la máxima capacidad de este medio de transmisión. Esto con la finalidad de observar las diferencias que existen de capacidad de manejo de información entre las dos interfaces (RS232 y Ethernet) utilizando un mismo Outroute e Inroute.



**Figura VII-13. Diagrama de conexiones realizadas para la prueba de tráfico de datos por el puerto ethernet 10baseT de la tecnología PES 5000**

### **7.1.3.1. Procedimientos y resultados obtenidos**

Con esta prueba se observó que el sistema PES 5000 aprovecha las ventajas de velocidad de las redes LAN ethernet, no obstante, al saturar la red se puede apreciar que el sistema, al igual que con los puertos seriales, colapsa.

La primera prueba realizada fue transmitir paquetes de 5000 bytes en 5 sesiones de PING con un time out de 4 segundos, como era de esperar, por este puerto se puede transmitir más información que por los RS232.

Los paquetes ICMP fueron recibidos correctamente y sin problema con un tiempo de respuesta inferior a 3 segundos. No obstante al abrir una quinta sesión de PING se apreciaron pérdidas de paquetes, lo cual indica la poca capacidad de manejo de grandes volúmenes de información que tienen estos equipos.

Si al resultado anterior se le suma el hecho que estas pruebas fueron realizadas sin cursar tráfico por los puertos seriales, al implementar los dos tráficos, la capacidad del sistema queda considerablemente disminuida, sobre todo para aplicaciones de mucho volumen de información como lo es Internet.

Sin embargo, para aplicaciones de tráfico inferior a 19 Kbps haciendo uso del puerto Ethernet o los puertos seriales, la tecnología PES 5000 es la opción ideal. Pueden combinarse ambos tráficos para aplicaciones básicas como correo electrónico corporativo de poca capacidad para tiendas que tengan puntos de venta para la conformación de tarjetas de crédito o débito. Estas aplicaciones pueden co-existir sin problema, siempre y cuando no se sature la capacidad del Inroute

## 7.2. Prueba de tráfico de datos para una remota Direcway

Para esta prueba la meta fue corroborar las características de operación descritos en el capítulo 5. Orientando las pruebas al acceso a páginas web, servidores FTP, tiempos de respuesta a peticiones web, entre otras.

### 7.2.1. Descripción de la remota

La remota utilizada para esta prueba tiene las siguientes características:

- La ODU está compuesta por un reflector circular de 0.9 m de diámetro y una RF de potencia de 1W con una bocina circular.
- Se utiliza una IDU modelo DW6000 conectada a un switch de 6 puertos al cual se le conecta un PC desde donde se realizan las pruebas.
- Cable IFL de longitud aproximada de 100 m.
- Estructura de soporte para el reflector y la RF.



**Figura VII-14. Fotos de los equipos utilizados para las pruebas de desempeño de la tecnología Direcway**

Para la operación de la remota, previa la instalación de la IDU se tuvo acceso a la consola Direcway con la finalidad de introducir el serial de esta para que el hub la autorice a trabajar dentro de la red, realizada por vía Telnet desde el PC conectado al Switch la información de configuración referente a las coordenadas geográficas del sitio donde se encuentra la remota.

```
C:\WINNT\system32\cmd.exe - telnet 192.168.0.1 1953

DIRECWAY 6000 USAT
Install Console
Jul 22 2005, 13:26:56
Copyright (c) 2005 Hughes Network Systems

Time of Reset : MON JUN 25 00:22:52 2001 [GMT]
Asserted at : t=Download /cn_data/pessd/rem2/sd12/filecollection.cc#181:
Reset Type : Valid Software Reset
Reset Reason : New software downloaded (Current Image: 4.3.2.7, New Image: 4.3.2.7)

Main Menu <<?/CR> for options):
Main Menu:
(a) Configure Boot Parameters
(b) Display Current Configuration
(c) Display Satellite Interface Statistics
(d) Display Active Routing Table
(f) Run Software Download Monitor
(h) Display Reset History
(i) Installation

(pc) <Parameter Clear> Clear Configuration
(pw) <Parameter Write> Write Configuration
(rr) <Gateway Reset> Reset the Gateway
(rd) <Gateway Deconfigure> Force Download and Acquire New Keys
(z) Logout

Main Menu <<?/CR> for options):
```

**Figura VII-15. Configuración de la remota por vía Telnet de las coordenadas geográficas del sitio donde se efectuaron las pruebas**

### 7.2.2. Descripción de la prueba de acceso HTTP

Para esta prueba no se utilizó el analizador de protocolos con el modulo LAN porque el sistema operativo de este equipo no permite la captura de las pantallas de los resultados obtenidos.

Para las pruebas de acceso a páginas web se realizaron varias experiencias, se utilizó el software Dumeter el cual es un sensor del tráfico que pasa por una interfaz de un PC. Este último fue de mucha utilidad porque permitió observar la

cantidad de información que transmitió y recibió el PC hacia y desde la IDU en tiempo real.

Asimismo, se midió el tiempo de respuesta de acceso a páginas web, tanto el acceso por primera vez, cuando no tiene la información almacenada en el caché local, como en las veces subsiguientes donde la respuesta a la solicitud la da la IDU o el Hub, mas no algún servidor DNS de Internet.



**Figura VII-16. Foto del banco de prueba utilizado para el acceso HTTP**

### **7.2.2 1. Procedimientos y resultados obtenidos**

Inicialmente se vació el contenido de la carpeta de temporales de la PC en la que se realizarían las experiencias de navegación web, con la finalidad de borrar cualquier contenido que pudiese acelerar el acceso a las páginas web.

Por medio del navegador web instalado en el PC se hizo acceso a la dirección web [www.bancomercantil.com](http://www.bancomercantil.com) y utilizando el Dumeter se observó que el consumo de ancho de banda fue de 113,2 Kbps en dirección del Outroute y un

ancho de banda en la dirección del Inroute de 12,9 Kbps. La velocidad de aparición de la totalidad de la página web fue de aproximadamente 6 segundos.

Se cerró el navegador y se volvió a abrir, se vació nuevamente la carpeta de temporales del PC y se introdujo la misma dirección, esta vez el resultado fue un consumo de ancho de banda de 111 Kbps. Este experimento se repitió dos veces más.

Esta experiencia permite comprobar como la IDU almacena las direcciones de las páginas web más utilizadas, de forma tal que al primer intento se consumen muchos más recursos que los intentos posteriores.

Se puede apreciar la funcionalidad de DNS que tiene tanto el Hub como la IDU ya que las respuestas a las peticiones de direcciones de Internet son almacenadas para solicitudes posteriores, utilizándose menos el recurso satelital.

Los resultados obtenidos para un acceso a una velocidad del Outroute a 128 Kbps son los siguientes:

Numero de intentos	Velocidad de acceso a página web (kbps)
1	113,2
2	111,2
3	91,2
4	32,1

**Tabla VII-1. Velocidades de acceso a la dirección web [www.bancomercantil.com](http://www.bancomercantil.com) en función del número de intentos consecutivos con un Outroute de 128 Kbps**



También se hizo la misma experiencia pero con una velocidad del Outroute de 256 Kbps, los resultados son los siguientes:

Numero de intentos	Velocidad de acceso a página web (Kbps)
1	174
2	155
3	148

**Tabla VII-2. Velocidades de acceso a la dirección web [www.bancomercantil.com](http://www.bancomercantil.com) en función del número de intentos consecutivos con un Outroute de 256 Kbps**

La siguiente prueba realizada para observar el comportamiento de Direcway para el acceso a páginas Web fue la navegación por Internet utilizando múltiples sesiones. La velocidad del outroute para esta experiencia fue de 128 Kbps y la del Inroute de 64 Kbps.

Los resultados obtenidos fueron una utilización del Outroute de 125 Kbps y del inroute de 14,1 Kbps, el tiempo total consumido para que apareciera toda la información de las páginas web fue de aproximadamente 8 segundos.

Con estos resultados se comprueba que la velocidad de acceso del outroute es inferior a la fijada en el Hub, así como la orientación a navegación en Internet por la cual fue diseñado el sistema Direcway.



**Figura VII-17. Múltiples sesiones a páginas web utilizando un Outroute de 128 Kbps**

Las funcionalidades de ACK reduction y de TCP spoofing no pudieron ser comprobadas ya que estas operan en el ambiente que va de la IDU hacia el Hub, mas no dentro de la red local donde se tiene el PC con el ethereal para la captura de las tramas. No obstante, con los resultados obtenidos referentes a las velocidades de acceso a Internet de los puntos anteriores se comprueba que esta tecnología está orientada a prestar servicios de Internet.

### 7.2.3. Descripción de prueba de FTP

Para esta prueba se logro tener accesó al servidor FTP de la pagina web de Agilent, esto con la finalidad de comprobar la velocidad de descarga de un archivo por medio de FTP desde Internet.

Se utilizó la misma remota y configuración de la prueba de HTTP, con una velocidad del Outroute de 128 Kbps.

Por medio del Dumeter se observó la velocidad de transferencia de paquetes desde el servidor FTP de Agilent.

### 7.2.3.1. Procedimientos y resultados obtenidos

Se tuvo acceso a la pagina web [www.agilent.com](http://www.agilent.com) en la sección de software download la cual permite descargar archivos desde el servidor FTP de dicho sitio. Se seleccionaron archivos de tamaño de 1,3 MB y de 5,5 MB. Se procedió a descargar los archivos tres veces consecutivas y se observó la velocidad censada por el Dumeter. Los resultados se muestran a continuación:

Numero de intentos	Velocidad del Outroute (Kbps)
1	116,40
2	106,32
3	108,40

**Tabla VII-3. Resultados de descargas de un archivo de 1,3 MB de un servidor FTP en Internet**

Numero de intentos	Velocidad del Outroute (Kbps)
1	115,20
2	113,5
3	113,4

**Tabla VII-4. Resultados de descargas de un archivo de 5,5 MB de un servidor FTP en Internet**

Con estos resultados se puede apreciar la capacidad de descarga de archivos desde un servidor FTP ubicado en la Internet, siendo esta una aplicación ampliamente utilizada, sea para descarga de archivos, música, documentos o imágenes.

La selección de los diferentes tamaños de los archivos fue para ilustrar las descargas más comunes en redes las cuales son adecuadas para el sistema Direcway. Archivos como música en extensiones .mp3, imágenes, documentos de Word o Excel, presentaciones, etc., están comúnmente dentro de estos tamaños de archivos, siendo esta la razón por la cual fueron elegidos. Claro está, para archivos de mayor tamaño (10 MB o mas) el sistema utilizará más recursos pero igualmente pueden ser descargados sin ningún problema.

### **7.3. Comentarios y particularidades observados en las pruebas a las tecnologías estudiadas.**

En este punto se comentan algunos detalles observados en la realización de las diferentes pruebas a las tecnologías VSAT estudiadas en este trabajo.

#### **7.3.1. Comentarios y particularidades observados en las pruebas a la tecnología PES 5000**

Esta tecnología como se pudo apreciar de las pruebas, opera eficientemente para protocolos de baja velocidad. No obstante, la facilidad de convivencia de diferentes protocolos que ofrece la red permite que se pueda manejar tanto tráfico Ethernet como tráfico X.25 con un mismo equipo, siendo esto una ventaja muy positiva de esta tecnología ya que puede servir de soporte para múltiples aplicaciones.

Sin embargo la baja capacidad de velocidad que se observó tanto en el Outroute como en el Inroute limita a aplicaciones con tasas de transferencias inferiores a 19,2 Kbps lo cual es inadecuado para los requerimientos actuales de acceso a Internet.

La selección de ICMP para la realización de las pruebas fue con la finalidad de poder observar la capacidad de transmisión y recepción de las remotas así como para poder ver la operación de esta en caso que se configurara para acceder a Internet.

La configuración de la remota de prueba para que operara en el modo Transaction/Reservation fue considerada la más adecuada para poder ilustrar el funcionamiento del sistema, debido a que este modo es el que utiliza mejor los recursos de la red.

### **7.3.2. Comentarios y particularidades observados en las pruebas a la tecnología Direcway**

Las pruebas realizadas a la tecnología Direcway fueron orientadas a corroborar su funcionamiento, especialmente para comprobar si lo expuesto por el fabricante se ajustaba a la realidad.

Un punto que hay que destacar es que los resultados obtenidos de las pruebas, fueron en un ambiente externo adecuado, es decir, sin la presencia de lluvia. No obstante se realizaron las mismas pruebas bajo la condición mencionada y se observaron pérdidas de paquetes PING que se efectuaron a páginas web desde el MS-DOS. La velocidad máxima en sentido del Outroute bajo esta condición fue de 16 Kbps.

Con estos resultados, aunque solamente se pudo probar el funcionamiento del Cache local y del DNS local de la IDU, se puede demostrar que el sistema Direcway está orientado al tráfico IP, específicamente al acceso a Internet.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El acceso a Internet ha sido la pieza fundamental para la revolución tecnológica experimentada en los últimos años, muchas empresas han cambiado la percepción de su estructura de negocios para acoplarse a la rápida autopista de la información.

Esto ha generado que el desarrollo de las tecnologías de transporte y redes de datos y voz tengan un papel fundamental en el soporte de los negocios tanto de las empresas como del público en general. Aunque existe una gran diversidad en las necesidades comunicacionales en el ámbito de las telecomunicaciones, la tendencia actual es a converger en el protocolo IP como el medio en el cual todas las aplicaciones y servicios se soporten.

Este proyecto fue orientado al estudio de los sistemas VSAT, particularmente a las tecnologías PES 5000 y Direcway de Hughes Network, con la finalidad de ofrecer una evaluación del sistema Direcway dentro del escenario actual de las comunicaciones. Se comprobaron las características más resaltantes de la tecnología Direcway y se compararon con las de PES 5000 con el objetivo de brindar un aval técnico- teórico acerca de las virtudes ofrecidas por la primera.

Siendo la tecnología Direcway superior en lo referente a los anchos de banda disponibles para los clientes, tanto en la dirección del Outroute como en la del Inroute, es importante destacar que su funcionamiento óptimo es para aplicaciones soportadas en TCP/IP, por lo cual, otros protocolos no operan a las velocidades ofrecidas por el proveedor, siendo esto una ventaja que la tecnología PES 5000 ofrece.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los cambios en la forma de operar de los clientes de las redes VSAT hace difícil plantear un perfil único de las necesidades de éstos, no obstante, la tendencia hacia el protocolo IP ha marcado la línea a seguir en la percepción de negocios de los usuarios de estos sistemas.

Con este proyecto se ofrece una visión general del sistema Direcway como plataforma de transporte para los servicios de acceso a Internet, del cual se puede concluir que aunque esta tecnología presenta muchas ventajas sobre la tecnología PES 5000, el enfoque que ha tenido el proveedor para las mejoras del sistema son fundamentalmente los siguientes:

- ✓ La implementación de un medio de encapsulación de la información basado en el estándar DVB-S en el sentido del Outroute para optimizar los recursos satelitales y mejorar el manejo de los paquetes.
- ✓ La explotación de las características de operación de los protocolos TCP/IP con la finalidad de ajustar su funcionamiento ante un medio de transmisión el cual no es el más adecuado para este tipo de protocolos.

Estos dos puntos son la clave para poder ofrecer calidad de servicio en redes IP con velocidades de acceso comparables a los de cualquier otro medio de transporte.

Claro está, las necesidades de los clientes son muy amplias, por esta razón parte de este trabajo se dedicó a definir los puntos en común que tienen los usuarios de las redes satelitales. El resultado de esto se puede resumir en que aunque aplicaciones clásicas de las redes VSAT como transacciones bancarias, apuestas, loterías, etc. no requieren altas velocidades para tener un buen desempeño, la integración de los negocios y la tendencia actual de soportar



aplicaciones sobre Internet lleva a que sean necesarios grandes anchos de bandas para satisfacer las necesidades de los clientes.

Tomando en cuenta el desempeño observado en las pruebas realizadas a ambas tecnologías y considerando los requerimientos de los clientes de los sistemas VSAT se recomienda que para los casos donde las aplicaciones sean de muy baja velocidad y la proyección de crecimiento sea muy poca los sistemas PES 5000 son una solución idónea transitoria para satisfacer las necesidades de los clientes.

Sin embargo, en aquellos puntos o sucursales de los clientes donde se pueda estimar un posible crecimiento en lo a que aplicaciones y servicios se refiere, se recomienda que, aunque dichos puntos puedan operar circunstancialmente con PES 5000, en un futuro no muy lejano se pueden ver en dificultades considerando la rápida evolución de las redes IP, por lo cual la migración hacia la tecnología Direcway es la opción más adecuada para estos casos.

Para aquellos clientes que deseen una solución rápida en la cual puedan integrar servicios de voz y datos a altas velocidades, la tecnología Direcway es la propuesta mas adecuada en lo referente a sistemas de transporte de información por medio de enlaces satelitales.

Finalmente, se puede concluir que aunque Direcway ofrece muchas mejoras sobre PES 5000, se recomienda que los proveedores de servicios satelitales mantengan a estas dos tecnologías conviviendo, de forma tal que permita satisfacer todas las necesidades de los clientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, REGIS J.; “Comunicaciones Inalámbricas de Banda Ancha”; McGraw Hill, España, 2003
- BATES, REGIS J., “Broadband Telecommunications Handbook”, McGraw Hill, 2000.
- DAVISON, JONATHAN; “Fundamentos de Voz sobre IP” Pearson Education, Madrid, España, 2001.
- KEAGY, SCOTT ; “Integración de redes de Voz y Datos”, Pearson Educación, Madrid, España, 2001
- MARAL, Gérard; “VSAT Networks”, Jhon Wiley & Sons, Ltd, 2003
- ROODY, Dennis; “Satellite Communications”, McGraw Hill, 3ra. Edición, 2001.
- ROSADO, CARLOS; “Comunicaciones por Satélite”, Editorial Limusa, Mexico, 2001
- SCHMID, ANDREAS; “Como Localizar y Reparar Averías en Receptores Vía Satélite”, Ediciones Ceac, Barcelona, España, 2000
- TANENBAUM, ANDREW S., “Redes de Computadoras”, Prentice Hall, 3ra. Edición, 1998.

## MANUALES TÉCNICOS

- HUGHES NETWORK SYSTEMS, “Directway Multimedia Network Technical Overview”, Revision B, 2001
- HUGHES NETWORK SYSTEMS, “Directway User Guide DW6000”, Revision A.03, 2003
- HUGHES NETWORK SYSTEMS, “Directway DW6000 Installation Guide”, Revision 1.06, 2003
- HUGHES NETWORK SYSTEMS, “Directway Vision Network Operations Center (NOC) and Remote Operations Manual Release 4.2.0”, Revision A, 2003.
- MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE HUGHES NETWORK SYSTEMS, HUGHES NETWORK SYSTEMS. Integrated Satellite Bussines Network (ISBN)/Personal Earth Station (PES), Enero 1998.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

<http://www.dslreports.com>

<http://www.hns.com>

<http://www.icces.com>

<http://www.iec.org>

<http://itpapers.com/>

<http://www.wikipedia.org>

## **ANEXOS**

## Anexo I

### Especificaciones técnicas de DW6000

#### Technical Specifications

##### Compatibility

- Operating system: Any OS running IP over Ethernet
- Browsers: Internet Explorer 5.5 and higher, Netscape Navigator 4.79 and higher
- Internet Applications: All common TCP/IP applications

##### Physical Interfaces

- One 10/100BaseT Ethernet LAN RJ45 port

##### Satellite & Antenna Specifications

- Encapsulation: DVB-S
- Information Rate (Receive):  $\leq 48$  Mbps
- Information Rate (Transmit): 64, 128, 256 kbps
- Symbol Rate (Receive): 1.25, 2.5, 5, 10, 20-30 Msps
- Symbol Rate (Transmit):  $\leq 256$  ksps
- Frequency Range: Ku Band
- Modulation (Receive): QPSK
- Modulation (Transmit): OQPSK
- Bit Error Rate (Receive):  $10^{-10}$  or better
- Bit Error Rate (Transmit):  $10^{-7}$  or better
- Antenna: 74 cm, 89 cm, 98 cm, 120 cm, 180 cm
- Radio: 1 to 2 watt
- Encoding: FEC at rates 7/8, 5/6, 3/4, 2/3 or 1/2 (188/204 bytes Reed-Solomon format for DVB-S)  
Transmit: Rate 1/2 convolutional or Turbo code

##### Mechanical & Environmental

- Weight (IDU): 4.8 lbs (2.18 kg)
- Dimensions (IDU): 11.5"W x 1.8"H x 11"D (29.21cm W x 4.7cm H x 27.94cm D)
- Operating temperature:
  - IDU: 0° C – +40° C
  - ODU: -30° C – +55° C
- Input power: 90-264 VAC; 50-60 Hz
- DC power supply (optional): 12 to 24 VDC

Figura AI-1. Especificaciones técnicas de IDU Direcway DW6000

## **Anexo II**

### **El Protocolo IP**

El Protocolo de Internet o, por sus siglas en inglés, Internet Protocol (IP), ha cambiado el escenario del mundo en lo concerniente a las redes de datos, desde que fue adoptado como el protocolo de facto para los sistemas de redes de información. Si a esto se le añade el amplio éxito que ha tenido la Internet en los últimos años, no es una sorpresa que tanto ingenieros como diseñadores de redes hayan recibido y acogido al protocolo IP como la pieza fundamental de las comunicaciones entre sistemas computarizados. El hecho es que IP es un protocolo de fuente abierta, lo cual permite que sea fácilmente aplicable en la mayoría de los sistemas operativos disponibles en el mercado.

Otro factor muy importante que ha influenciado la alta implementación de IP a nivel mundial, han sido los bajos costos que dicho protocolo implica. Esto es, considerando que la reducción de estos a la hora de diseñar, construir e implementar las redes, es considerable.

Un punto muy relevante que ha hecho tan popular a este protocolo es el gran desarrollo de aplicaciones y servicios los cuales se soportan sobre IP.

En la actualidad, aplicaciones como e-mail, Internet, servicios basados en tecnologías web, son parte integral del día a día, no solo de las grandes empresas e industrias, sino de la gran mayoría de los seres humanos. Si consideramos que todas estas aplicaciones y servicios se soportan sobre IP, se puede pensar que el desarrollo tecnológico apunta hacia una plataforma de redes cuyo basamento fundamental sea IP, por lo tanto, la interacción de este, tanto con los servicios y aplicaciones de las capas superiores, como con los protocolos de las capas inferiores del modelo de referencia ISO/OSI, deben ser

lo mas eficiente posible, para así explotar aún mas las ventajas de este protocolo.

Cabe destacar, que comunmente las redes basadas en IP son confundidas con la Internet. Esta, al igual que otras aplicaciones se soporta en IP para prestar sus servicios. En líneas generales, se puede considerar a Internet como una gran red IP.

Tomando esto en consideración, la Internet es una gran red IP compuesta por más de 60000 redes, que tienen en común el uso de IP como protocolo de capa de red. Cada una de estas redes es autónoma, pero mantiene el mismo esquema de direccionamiento y estructura dictado por IP. He aquí el punto clave que permite la interconexión de todas estas redes.

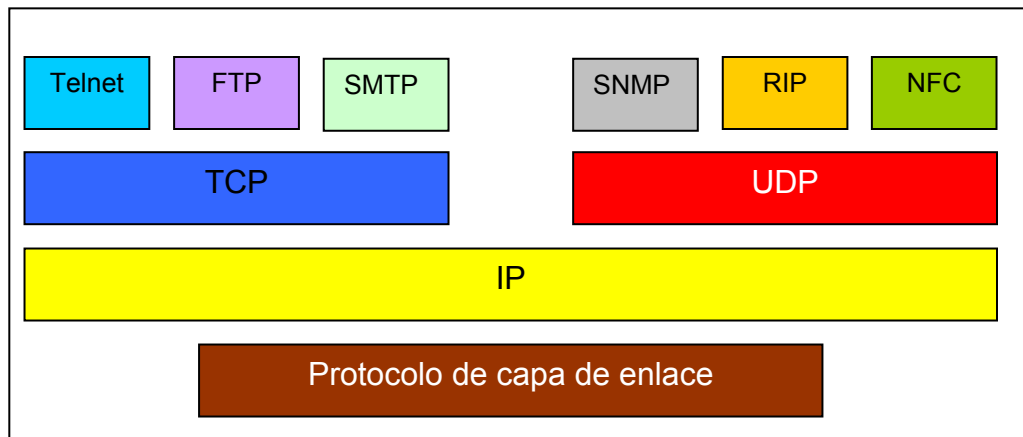
Desde este punto de vista, se puede apreciar la amplitud del mundo IP, ya que, su mayor red, carece de una arquitectura claramente definida, solamente tiene un esquema y un conjunto de reglas definidas, las cuales le permite interactuar con todos sus componentes. Esta es una de las razones que ha permitido que el crecimiento de Internet haya sido tan acelerado y abrupto.

Las aplicaciones de Internet son muchísimas, van desde comunicaciones de negocios, acceso a información, entretenimiento, juegos, etc. Sin embargo se pueden dividir en dos grandes grupos: las aplicaciones Tradicionales y las de Nueva Era. Dentro de las primeras, se puede mencionar: e-mail y FTP (File transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de Archivos), entre otras, mientras que en la segunda se cuenta con aplicaciones tales como telefonía IP, audio y video de alta calidad y fluído (audio y video del tipo *streaming*), mensajería instantánea, juegos en red, acceso dinámico a bases de datos en tiempo real, etc. Este último grupo, ha sido consecuencia del desarrollo tecnológico que ha habido en los últimos años en lo concerniente al área de tecnología de



transporte de información, así como en las mejoras en los tiempos de respuesta de los microprocesadores y diferentes elementos electrónicos de los sistemas computarizados.

Procesadores de alta velocidad, acceso a banda ancha, computadores personales con altas prestaciones, así como un sin fin de dispositivos electrónicos que son disponibles al público en general, han hecho que Internet sea la cuna de todos los desarrollos e innovaciones tecnológicas de estas últimas décadas.



**Figura All-1. Modelo de capas de los protocolos más comunes que se soportan en IP**

A esto se le suma el creciente acercamiento que hay entre el mundo de la voz/telefonía con el de las redes de computadoras, donde la Internet se ha convertido en el foco de esta fusión. Es por esto, que el desarrollo de las aplicaciones, presentes y futuras deben contar con una alta interacción con el protocolo IP, ya que, como se mencionó anteriormente, es la base de la Internet.

La fusión de las diferentes tecnologías de voz y datos en un solo universo es posible gracias a la versatilidad que tiene IP para crecer y expandirse, sin afectar las aplicaciones e independiente del medio que la transporte.

## Características generales del protocolo IP

En este punto, se describen brevemente algunas características del protocolo IP, con la finalidad de sentar las bases necesarias para poder apreciar la importancia de este protocolo, y con miras a entender su relevancia dentro de los sistemas de telecomunicaciones satelitales. No obstante, no se hace un estudio profundo ya que no es el objetivo de este trabajo.

La definición exacta del protocolo IP esta en el RFC 791. Aquí se proporciona en detalle las especificaciones del protocolo, el cual sirve de lineamiento a la hora de su implementación. La idea fundamental de IP es la de “esconder”, hacia las capas superiores, las características y particularidades de la capa física y la de enlace de datos del modelo ISO/OSI (capas uno y dos respectivamente), creando una visión virtual de la red. Este concepto permite que diferentes redes de transmisión sean apreciadas como una gran red IP, sin importar el medio de transmisión en el cual se soportan ni las aplicaciones en las cuales serán utilizadas.

IP es un protocolo que reside en la capa 3 del modelo ISO/OSI, su finalidad es la de proporcionar transporte de datos extremo a extremo a través de intraredes, empleando un servicio *sin conexión*. Para ello se manejan direcciones IP, las cuales son asignadas a los diferentes componentes de las redes (*hosts* o anfitriones).

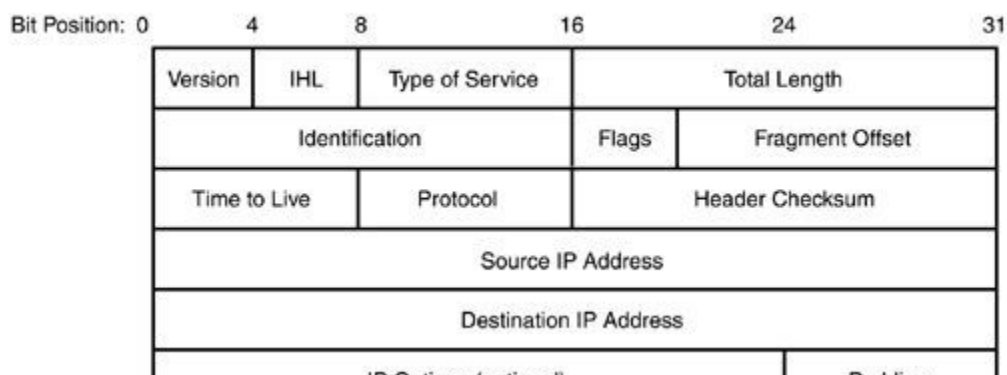
IP como protocolo, es del tipo *no confiable*, está basado en el concepto de “mejor esfuerzo”, el cual significa que la red hará todo lo posible por entregar los paquetes, pero en el caso que se pierda, se dañe o corrompa alguno, la red no hará nada para corregir la falla. IP se limita a llevar los paquetes en bloques de datos llamados datagramas, desde su origen a su destino. La condición es que,

tanto el origen como el destino, estén identificados bajo el esquema de direccionamiento provisto por IP. En los casos donde el paquete exceda el tamaño máximo permitido para la transmisión de la información, IP también se encarga de fragmentarlos y reensamblarlos para así facilitar su enrutamiento en la red.

Considerando lo expuesto anteriormente, se puede decir que IP tienen dos grandes funciones básicas: Direccionamiento y Fragmentación

El Direccionamiento permite que un paquete sea enrutado hacia su destino final, mientras que, la Fragmentación permite que los paquetes que contengan grandes cantidades de datos sean segmentados en paquetes más pequeños para ser transmitidos a través de la red, siendo ensamblados nuevamente en su destino final.

Las direcciones IP de cada elemento de red están contenidas en la cabecera de los datagramas, y son utilizadas para hacer llegar los paquetes a sus respectivos destinos. Asimismo, existen otros campos en la cabecera que permiten gestionar la fragmentación y el posterior reensamblado de datagramas, para poder transmitirlos a través de redes que trabajen con tamaños de paquete pequeños.



## Figura AII-2. Estructura de la cabecera IP

El protocolo IP proporciona un esquema de direccionamiento jerárquico, así como los servicios necesarios para la entrega de paquetes en un ambiente de redes, donde cada elemento debe tener asignado una dirección IP válida.

Las direcciones IP tienen un tamaño fijo (en el caso de direcciones IP versión 4 es de 4 octetos y para IP versión 6 es de 16 octetos). Estas direcciones son las utilizadas para identificar en la red cada uno de los extremos o de los elementos que la componen.

Los bits de las direcciones IP de todos los host de una red determinada comparten un prefijo común. Conceptualmente, cada dirección IP es una pareja formada por identidad de red y por una identidad de host, donde la identidad de red identifica a la red, y la identidad de host, a un host determinado dentro de esa red.

Para que exista una flexibilidad en la asignación de direcciones, existen tres formatos básicos de representación de direcciones (direcciones clase A, B y C). La elección de uno de estos formatos dependerá del tamaño de la red. Además de los tres formatos básicos, existe uno para *multicasting*, usado para envío de

mensajes a un grupo de hosts, y otro reservado para uso futuro y experimental (direcciones clase D y E respectivamente).

<b>Clase de dirección</b>	<b>Numero binario de inicio de la dirección</b>	<b>Identificador de la red (bits)</b>	<b>Identificador del Host (bits)</b>	<b>Direcciones excluidas o no utilizadas</b>
<b>A</b>	0	7	24	10.0.0.0 a 10.255.255.255
<b>B</b>	10	14	16	172.16.0.0 a 172.31.255.255
<b>C</b>	110	21	8	192.168.0.0 a 192.168.255.255
<b>D</b>	1110	28 bits utilizados para direcciones Multicast		

**Tabla AII-3. Características de las clases de direcciones IP**

Aunque los formatos de direcciones IP difieren en el número de hosts y de subredes que pueden contener, para los tres formatos básicos, los primeros bits de la dirección identifican la clase, seguidamente un prefijo que indica la red, y finalmente el identificador del host. La clase A se usa para grandes redes que tengan más de  $2^{16}$  (65536) hosts. La clase B se usa para redes de tamaño intermedio, entre  $2^8$  (256) y  $2^{16}$  hosts. Finalmente, la clase C corresponde a redes con menos de 256 hosts. El cuarto tipo, el D, se dedica a tareas de *multicasting*, donde se transmite un mismo mensaje a un grupo de hosts determinado. La clase E es para uso experimental.

Un punto muy importante a la hora de la administración de las redes en ambiente IP es la identificación única de cada uno de los elementos que la componen. Para asegurar que la parte de identificación de red de una dirección internet sea única, todas las direcciones son asignadas por una autoridad

central, llamada el Centro de Información de Red (NIC, Network Information Center).

Esta autoridad central tan solo asigna el prefijo de red de la dirección y delega la responsabilidad de asignar las direcciones de host individuales a la organización solicitante. A las redes de área local con pocos ordenadores (menos de 255) se le asignan direcciones de la clase C, pues se espera que surja un gran número de ellas. A redes muy grandes, como ARPANET, se les asigna la clase A, ya que se espera que no surjan demasiadas.

La forma de expresar las direcciones IP es por medio de notación decimal, dada por grupos de cuatro enteros positivos separados por puntos. Cada uno de los enteros representa un octeto binario. Este tipo de asignación de direcciones, aunque es parte de la fortaleza del protocolo IP, también tiene un gran número de limitaciones, como por ejemplo, los casos en que a una institución se le agota el número de direcciones IP asignadas, o los casos en los cuales un host es movido de su grupo de red a otro, se requiere una nueva asignación de dirección acorde al nuevo grupo de red al cual pertenece. Estos entre otros problemas, restringen un poco las expansiones de las redes IP.

### **Anexo III**

## **Servicio de Dominio de Nombre o DNS (Domain Name Server)**

Las direcciones IP son 4 octetos binarios representados en su correspondiente valor decimal. Aunque para las máquinas manejar estos valores es sencillo, para los seres humanos no lo es tanto. Es por esto que se ha desarrollado una estructura paralela a las direcciones IP, donde los números de las direcciones son asignados a nombres que le indiquen más fácilmente a los seres humanos el contenido de dichas direcciones, esta estructura es llamada nombres de dominio o nombres DNS.

La asignación de nombres de dominio a una dirección IP se llama resolución de nombres. Esta actividad es realizada por computadores especiales de grandes prestaciones, los cuales almacenan las tablas de datos que correlacionan una dirección con un nombre de dominio. Estos computadores son servidores que están organizados de forma jerárquica para suministrar las direcciones IP acorde con el nombre de dominio asignado.

El nombre utilizado para la resolución de nombres de dominio en la Internet es el de servidores DNS. Aunque en la actualidad, debido a la velocidad de los microprocesadores, la búsqueda de esta información es bastante rápida, consume muchos recursos de los sistemas, es por esto, que una de las tendencias de los sistemas de transmisión de información es almacenar la nombres de direcciones IP en una base de datos propia, esto es con miras a acelerar el proceso de acceso a direcciones de Internet y por ende mejorar el comportamiento del sistema.

## **Anexo IV**

## Protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP)

Aunque el protocolo IP carece de sistemas de detección y corrección de errores, tiene al protocolo ICMP el cual tiene la misión de realizar ciertas funciones básicas de control del estado de las conexiones.

Su definición y descripción completa esta en el RFC 792, y su importancia es tal que debe ser implementado en cada nodo IP de las redes de datos. ICMP utiliza a IP como si el primero fuese un protocolo de capa superior, sin embargo es parte de IP.

Sus usos son muy amplios, por ejemplo en los casos en que un datagrama no pueda llegar a su destino, o cuando un enrutador no tiene la suficiente capacidad de almacenamiento de los paquetes para poder direccionarlos adecuadamente a sus destinos, entre otras. Con este protocolo, se les permite a los usuarios tener conocimiento acerca del estado del tráfico de los paquetes, así como, información acerca de los problemas de comunicación entre diferentes puntos.

Cabe destacar, que la misión de ICMP es la de informar, mas no corregir, por lo tanto, su presencia no convierte a IP en un protocolo confiable. No existen garantías de que aunque el paquete llegue a su destino según ICMP, este no esté corrompido o dañado, por lo tanto la correcta entrega de los paquetes no es garantizada.

Existen dos simples aplicaciones de ICMP ampliamente utilizadas, estas son Ping y Traceroute. Ping utiliza mensajes ICMP *eco* y *replica de eco* (echo y echo reply) para determinar si un destino o un host es alcanzable. Traceroute envía datagramas IP con un valor pequeño en el campo *tiempo de vida* (TTL, Time to Live) de forma tal que estos expiren en el camino a su destino. Utiliza



los mensajes de Tiempo excedido para determinar la ubicación de los datagramas, con esto se logra una visión global de la ruta que sigue el paquete para llegar a su destino.

## **Anexo V**

## MPEG-2

Tomado textualmente de la pagina web [www.upv.es](http://www.upv.es)

Este estándar trata tres aspectos básicos para el desarrollo de la difusión de TV digital vía satélite:

### 1. EMPAQUETAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se parte de la imagen inicial (vídeo), o del conjunto inicial de muestras de sonido (audio), llamadas Unidades de Presentación (*Presentations Units*).

Estas unidades de presentación son codificadas, quedando la información segmentada, en lo que se denomina Elemento Básico de Flujo (*Elementary Stream*). Los elementos básicos de flujo se encapsulan en los Paquetes de Datos (*Packet Data*), que pueden contener un número variable de bytes contiguos de un elemento básico de flujo.

Los paquetes de datos son insertados en Paquetes de Flujo Elemental, conocidos como PES (*Packetized Elementary Stream*), que contienen una cabecera seguida de varios paquetes de datos. En la cabecera se incluye información sobre la unidad de presentación a la que pertenecen los paquetes de datos de cada PES, así como la información relativa al propio proceso de codificación, y la información sobre el orden de secuencia de los distintos PES en los que se segmenta la imagen o sonido inicial.

Los PES son agrupados y se introducen como carga útil del Paquete de Transporte (*Transport Packet*). Cada paquete de transporte lleva un Identificador de Paquete, PID, de forma que todos aquellos con el mismo PID están transportando datos del mismo elemento básico de flujo. La carga útil

puede estar formada por información de vídeo/audio (PES), o por información de servicio (PSI).

Varios paquetes de transporte son multiplexados conformando la Trama de Transporte que está constituida por 188 bytes, de los cuales 4 forman la cabecera, donde se introduce la información necesaria para la decodificación. Para construir la trama de transporte, el MPEG-2 dispone de dos métodos : el Flujo de Programa (*Program Stream*), y el Flujo de Transporte TS (*Transport Stream*). En difusión por satélite se usa el flujo de transporte ya que es el que da mejores prestaciones en entornos en los que la probabilidad de error de transmisión es elevada, por eso a la trama de transporte se le llama directamente flujo de transporte. La otra opción suele emplearse en entornos de transmisión de información multimedia con menos tasa de error, como el CD-ROM.

## **2. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE PROGRAMA (PSI)**

La información de audio y vídeo viaja troceada dentro del flujo de transporte. Para poder recoger los paquetes de un mismo programa, al receptor le debe llegar información sobre los PID correspondientes. Con este motivo, MPEG-2 incluye la información necesaria para la localización de los distintos paquetes en unas tablas que viajan también multiplexadas en el flujo de transporte. Se reservan unos valores de PID que identifican a los paquetes que contienen las tablas.

MPEG-2 implementa 4 tablas y permite que se amplíen los elementos informativos añadiendo otro tipo de tablas privadas. Algunas de estas tablas son:

- Tabla de asociación de programas (PAT). Ésta es una de las tablas para las que se reservan PDI. En sus paquetes viaja la información relativa a los valores de los PID correspondientes a la tabla de mapa de programas (PMT) y a la de información de la red (NIT).
- Tabla de acceso condicional (CAT). Informa de los PDI de los paquetes que contienen los mensajes de control y gestión de cada sistema de acceso condicional. Para esta tabla también se reserva PDI.
- PMT. Indica la localización de la cadena de inicio de cada servicio, así como de la referencia de sincronismo del mismo.
- NIT. Es una tabla privada cuyo contenido no está especificado por MPEG-2. Agrupa los servicios pertenecientes a un determinado proveedor, conteniendo también la información de sintonización que debe ser usada por el IRD.

### **3. VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN**

Una de las características del MPEG es que permite adaptar la velocidad de transmisión a la calidad requerida por el servicio considerado. Por ejemplo, una película puede codificarse con 4 Mbps. El vídeo de calidad superior puede estar entre 6 y 8 Mbps (por ejemplo para un partido de fútbol). Un telediario podría requerir 3 Mbps, y los dibujos animados unos 2 Mbps. En caso de películas de cine, es posible que, en el servicio de pago por visión, se codifiquen unos 3 Mbps.

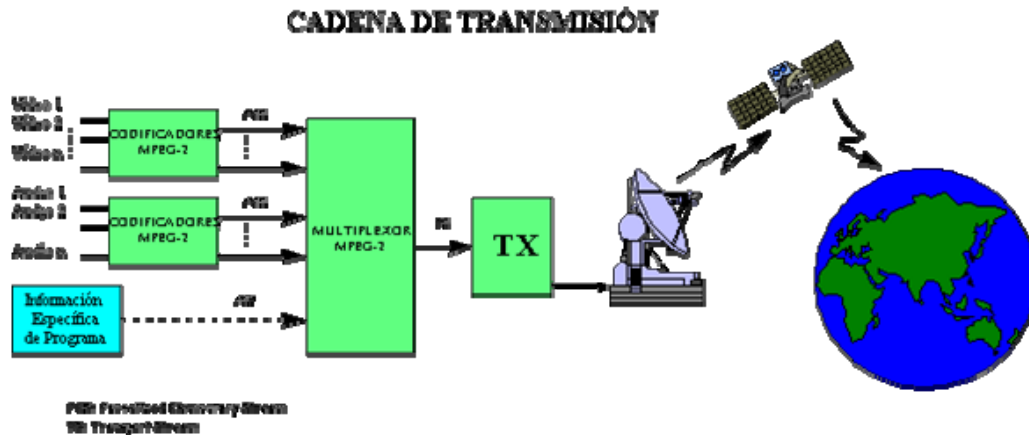
Es posible la aparición de efectos extraños en la imagen como consecuencia de la compresión.

## Anexo VI

### La norma DVB-S (Digital Video Broadcasting)

Tomado textualmente de la pagina web [www.upv.es](http://www.upv.es)

La norma DVB-S recoge las especificaciones relativas a la TV digital vía satélite



### 1. ESTÁNDAR DE CODIFICACIÓN DE FUENTE PARA EL SONIDO Y EL VÍDEO

El proyecto DBV tomó el estándar MPEG-2 como procedimiento de codificación de vídeo y audio, adaptándolo a sus necesidades.

### 2. LA INFORMACIÓN DE SERVICIO (SI):

El estándar DVB amplía el campo PSI (Información específica de programa) de la trama MPEG, con tablas privadas que engloban lo que se conoce como información de servicio.

El contenido de estas tablas permite al IRD sintonizar automáticamente un servicio concreto y agrupar servicios en categorías. De este modo se consigue el acceso a la Guía Electrónica de Programación (EPG).

La PSI permite conocer la localización de programas multiplexados en el propio flujo de transporte de cada transpondedor. Sin embargo, la SI también contiene información sobre los programas que viajan en otros transpondedores e incluso sobre los que viajan por otras redes.

Las tablas anteriormente especificadas son:

- Tabla de asociación de bouquet (BAT). Proporciona los distintos nombres de bouquets (colección de servicios ofertados por una misma identidad), y la lista de servicios de cada uno de ellos.
- Tabla de descripción del servicio (SDT). Describe cada uno de los nombres y otros parámetros asociados con cada servicio de una determinada trama MPEG.
- Tabla de información de eventos (EIT). Contiene información sobre la hora de inicio, duración, etc., de cada transmisión concreta (evento).
- Tabla de estado de funcionamiento (RST). Informa sobre el desarrollo de los distintos eventos en curso. Esta información es enviada solo una vez, cuando el estado de un evento cambia, a diferencia del resto de tablas de la SI, que son transmitidas repetitivamente.
- Tabla de tiempos y fechas (TDT). Es usada para el reloj interno de los IRD.
- Tabla de tiempo de offset.
- Tabla de relleno (ST). Se usa para alterar los límites en algunas secciones del servicio.

### **3. LA EPG (Electronic Program Guide)**

Suministra al abonado toda la información sobre los programas y servicios difundidos por la plataforma proveedora. A través del EPG se controla el funcionamiento del IRD en todo lo referente al canal sintonizado, sincronización, demultiplexión, verificación de acceso condicional y desenmascaramiento.

### **4. EL PROCESO DEL TS (Flujo de Transporte)**

El proceso de empaquetamiento de la información concluye en la conformación de la trama de transporte. Para la construcción de dicha trama se usa el método de flujo de transporte, que realiza el encapsulado de la siguiente forma:

El vídeo, audio, y otros datos (información específica, información del servicio o datos del abonado para el acceso condicional), se insertan en los paquetes de transporte MPEG-2. Posteriormente, se invierten los bytes de sincronización cada 8 paquetes.

Los contenidos de cada paquete se aleatorizan (scrambling), a excepción de aquellos que incluyan PSI (información específica de servicio). Esto permite el acceso condicional y reporta otras ventajas, como mayor protección frente a errores, uniformizar el uso de la banda disponible y facilitar la sincronización. En DVB-S existe un estándar de enmascaramiento disponible (*Common Scrambling Algorhythm*).

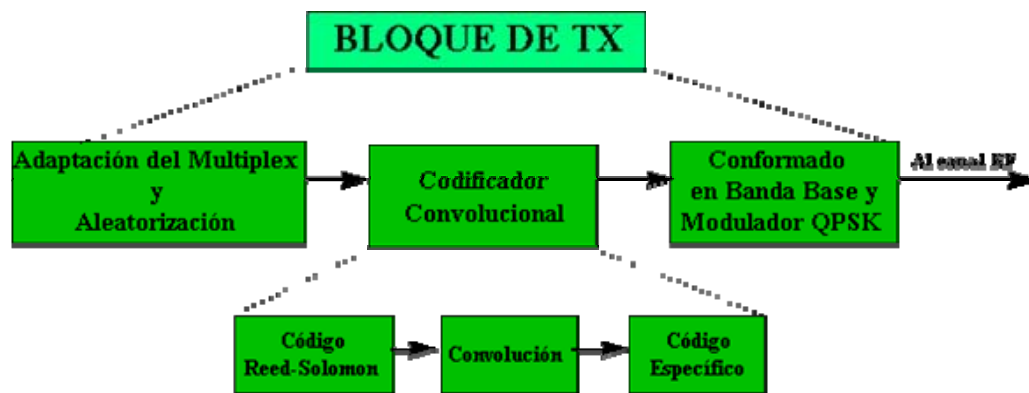
Se multiplexan varios flujos de paquetes de transporte en un flujo de transporte multiprograma.

Se realiza la función de protección de errores en dos partes, la primera (outer code) con un código Reed-Salomon, que añade un 12% de overhead a los

datos útiles, y, tras la convolución de Viterbi, se aplica otro código de tipo convolucional. Este segundo sistema de corrección de errores (inner code) será definido por el proveedor de servicios según sus necesidades.

Por último la señal se modula en QPSK para ser retransmitida a través del transpondedor del satélite.

### PROCESO DEL TRANSPORT STREAM



Con este proceso realizado entre la multiplexación y la transmisión física, la señal se adecua a las propiedades del canal concreto. El sistema se diseña para hacer frente a los errores que se produzcan en el canal: la aleatorización minimiza los efectos de los errores tipo ráfaga, y son añadidas posteriormente otras dos capas de protección de errores. El inner code se diseñará según las características de transmisión concretas de cada plataforma (potencia, tasa de error del canal...). Un ejemplo podría ser el uso de un código convolucional 3/4 para una transmisión a través de un transpondedor de 36 MHz, con lo que se conseguiría una tasa de la carga útil de unos 39 Mbps.



## **5. LA CAPACIDAD DE LOS SATÉLITES**

El estándar DVB-S puede utilizarse con satélites dotados de transpondedores con anchos de banda entre 26 y 72 MHz. Esto incluye satélites como Astra, Hispasat, Eutelsat, Telecom, Tele-X, Thor, TDF, DFS, etc.

Un ancho de banda usual para un transpondedor de un sistema de satélites de DBS (Difusión directa por satélite) es de 36 MHz. En este ancho de banda es posible usar una modulación de datos de 28 millones de símbolos por segundo. Con 4-QPSK la capacidad de transmisión de un transpondedor será de unos 56 Mbps. Descontando los bits en exceso introducidos por la corrección de errores Reed-Salomon y la convolución de Viterbi, la velocidad útil sería de 39 Mbps. Esto supone, típicamente, 8 canales digitales por transpondedor.

## **6. SISTEMAS DE ACCESO CONDICIONAL (CA)**

El área de acceso condicional comprende distintos aspectos :

- El algoritmo de cifrado del programa o servicio específico.
- El algoritmo de aleatorización del flujo de datos.
- El Sistema de Gestión de Abonado (SMS), con todos los datos del abonado respecto a un determinado programa o servicio.
- El Sistema de Autorización de Abonado (SAS), que codifica y suministra los códigos clave para hacer posible la decodificación de la señal.

Estas tareas se hayan dispersas entre el centro emisor (cifrado), un sistema distribuido (bases de datos, sistema de gestión y autenticación), y la residencia del abonado (módulo de acceso condicional del IRD).

De todos estos subsistemas, la norma DVB tan sólo estandariza el mecanismo de aleatorización del flujo de datos (Algoritmo de Aleatorización Común), e

incluye la posibilidad de incorporar un Interfaz Común en el IRD para la coexistencia de distintos esquemas de acceso condicional.

El resto de los componentes se consideran como productos comerciales a ofrecer en un entorno de competencia.

El proceso de acceso condicional es el siguiente: un abonado contrata un cierto servicio, la petición de alta se envía a través del canal de retorno (vía RTC) al proveedor del servicio. Dicho proveedor utiliza el SMS para dar de alta al abonado y tarificar la suscripción. El SAS proporciona nuevos datos a la trama MPEG para permitir el acceso al servicio en cuestión. El abonado debe disponer de una tarjeta inteligente donde se encuentra la verificación de la clave de acceso enviada por el sistema. De esta forma se hace posible la decodificación condicional de la señal.

El DVB contempla dos estrategias diferentes para el acceso condicional :

### **Multicrypt.**

Consiste en utilizar el estándar de Interfaz Común en el IRD, de forma que se puedan usar simultáneamente varias tarjetas inteligentes. El usuario puede, entonces, acceder a todos los servicios condicionales, siempre que disponga de la tarjeta del proveedor correspondiente y el sistema sea compatible.

El IRD se separa en dos bloques: el bloque encargado de las funciones comunes de recepción y demultiplexado ; y el que se encarga de las funciones exclusivas de cada sistema de acceso condicional, incluido en un módulo enchufable externo. Ambos están interconectados mediante un bus PCMCIA. El módulo externo puede desarrollarse a un coste que no suponga excesivas

inversiones para el usuario, de forma que pueda abonarse a una nueva plataforma sin cambiar el IRD.

Es un sistema que no requiere acuerdos entre operadores, a menos que el IRD esté subvencionado por uno de ellos.

### **Simulcrypt.**

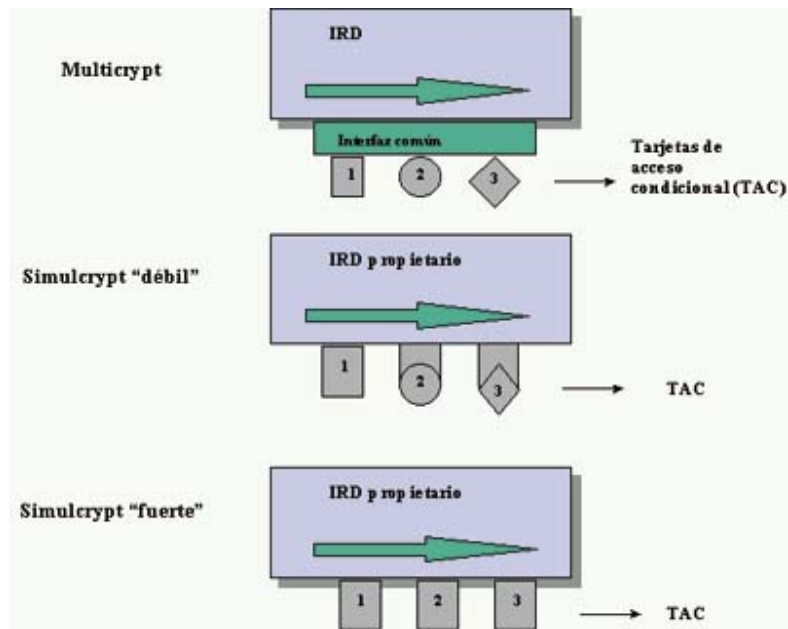
No estandariza cómo debe ser la conexión de los módulos de acceso condicional dentro del IRD. Esta solución supone que un operador suministra al usuario un IRD en el que incluye su propio sistema de acceso condicional. Al tratarse de una plataforma propietaria se establecen acuerdos entre los diferentes sistemas de acceso condicional de forma que es posible usar un número limitado de tarjetas con accesos condicionales válidos en esa plataforma. Esta sería la versión "débil" del Simulcrypt.

Otra posibilidad sería que el acuerdo entre los distintos proveedores se realice en cuanto a contenidos, usando el mismo tipo de acceso condicional (misma tarjeta). Esta sería la versión "fuerte".

El modelo llamado de "interfaz común controlado" supondría favorecer la aparición del Interfaz Común, aunque durante un tiempo prudencial el acceso condicional sólo fuera posible a través de la tarjeta del proveedor que ha hecho la inversión.

La tarjeta inteligente, habitualmente del tipo PCMCIA, procesa el flujo MPEG-2 de transporte antes de ser demultiplexado. Si hay varias tarjetas insertadas, pasa secuencialmente por todas ellas hasta que alguna es capaz de extraer la información de descifrado. Entonces esta tarjeta toma el control de las operaciones de desenmascaramiento.

La tarjeta debe tener una serie de funcionalidades que faciliten su operación, como configuración remota, acceso al canal de retorno interactivo, mecanismos de pago por el servicio, iniciación automática de llamada, número de identificación personal, y campos configurables, como región de acceso, idioma, tipo de abonado, etc.



## 7. EL IRD (Receptor Decodificador Integrado)

El IRD es el elemento necesario para convertir la señal digital procedente del satélite en una de naturaleza compatible con los receptores de TV analógica convencionales.

Las funciones del IRD son recuperar y corregir los errores procedentes de la antena receptora, controlar el acceso del usuario a programas y servicios en función de un sistema de claves que permite la decodificación de la señal, y realizar inteligible la señal de vídeo y audio mediante el desenmascaramiento (descrambling).

Para ello dispone de un demodulador QPSK (única parte con componentes analógicos del sistema), un decodificador de Viterbi, corrección de errores Reed-Salomon, un demultiplexor para separar los diferentes canales, un decodificador de vídeo y audio MPEG-2, conversores D/A, modulador PAL, interfaces con tarjetas inteligentes y otros periféricos, todo ello gobernado por una CPU.

