



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**

**Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería**

**Ingeniería en Electrónica y  
Telecomunicaciones**

**“ANÁLISIS Y MEDICIONES EN UNA RED DE ACCESO DE  
BANDA ANCHA”**

**M O N O G R A F Í A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTA**

**PÉREZ TORRES VALENTÍN**

**ASESORA:  
M. EN C. EVA JEANINE LEZAMA ESTRADA.**

**PACHUCA DE SOTO; HIDALGO, AGOSTO DE 2007**

# ÍNDICE

## ÍNDICE

|                                                              |      |
|--------------------------------------------------------------|------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                          | xi   |
| <b>Objetivo General</b>                                      | xv   |
| <b>Objetivos Particulares</b>                                | xvii |
| <b>Justificación</b>                                         | xix  |
| <b>1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES</b> | 1    |
| 1.1 Breve historia del teléfono                              | 1    |
| 1.2 Elementos de un cuadro de distribución telefónico        | 8    |
| 1.3 Transmisión de la primera imagen por cable               | 9    |
| 1.4 Principios de la Red Telefónica                          | 11   |
| 1.5 Red de Acceso                                            | 15   |
| 1.5.1 Clasificación de una Red de Acceso                     | 16   |
| 1.6 Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)               | 16   |
| 1.6.1 Ventajas de la RDSI                                    | 19   |
| 1.6.2 Servicios de RDSI                                      | 20   |
| 1.6.3 Servicios Básicos                                      | 21   |
| 1.6.4 Teleservicios                                          | 21   |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 1.6.5 Servicios Suplementarios                                | 22 |
| 1.6.6 Canales                                                 | 23 |
| 1.6.6.1 Canal B                                               | 23 |
| 1.6.6.2 Canal D                                               | 24 |
| 1.6.6.3 Canal H                                               | 24 |
| 1.6.7 Tipos de Servicio o Modos de Acceso                     | 24 |
| 1.6.8 Configuración de referencia para RDSI de Banda Estrecha | 26 |
| 1.6.9 Diferentes tipos de servicios                           | 26 |
| 1.6.10 Agrupaciones Funcionales                               | 28 |
| 1.6.11 Puntos de Referencia                                   | 30 |
| 1.6.12 El interfaz U                                          | 32 |
| 1.6.13 Acceso básico 2B+D                                     | 33 |
| 1.6.14 Tipos de configuración de acceso básico                | 34 |
| 1.6.15 Acceso primario 30B+D                                  | 35 |
| 1.6.16 Central de conmutación digital                         | 36 |
| 1.6.17 Acceso de Usuario                                      | 36 |
| 1.6.18 Estructura del acceso de usuario de la RDSI            | 36 |
| 1.6.19 Conmutación Digital                                    | 36 |
| 1.6.20 Modelo de capas de RDSI                                | 37 |

|                                                           |        |
|-----------------------------------------------------------|--------|
| 1.6.21 La interfaz física                                 | 40     |
| 1.6.22 La capa de Enlace                                  | 41     |
| 1.6.23 Entidades                                          | 49     |
| <br><b>2            TECNOLOGÍA XDSL</b>                   | <br>51 |
| 2.1 Terminología xdsl                                     | 55     |
| 2.2 Objetivos Específicos de xdsl                         | 57     |
| 2.2.1 Servicios que se pueden ofrecer con un sistema xdsl | 60     |
| 2.3 Tipos de modulación/códigos de línea                  | 60     |
| 2.4 Red de acceso ADSL                                    | 65     |
| 2.5 VDSL                                                  | 66     |
| 2.5.1 Ancho de Banda                                      | 69     |
| 2.5.2 Servicios                                           | 70     |
| 2.5.2.1 Servicios de video basados en VDSL                | 71     |
| 2.5.2.2 Internet de Alta Velocidad                        | 71     |
| 2.5.2.3 Servicios de Telefonía                            | 72     |
| 2.5.3 Desarrollo de VDSL                                  | 74     |
| 2.5.4 Transmisión FDD-DMT                                 | 74     |
| 2.5.5 Problemas de esta Tecnología                        | 75     |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.5.1 Técnicas de reflectometría para ubicar líneas paralelas | 77        |
| 2.5.5.2 Eliminación del problema de la línea derivada           | 78        |
| <b>3 TECNOLOGÍA ADSL</b>                                        | <b>81</b> |
| 3.1 Funcionamiento y características                            | 81        |
| 3.2 Generaciones de éste tipo de acceso                         | 86        |
| 3.2.1 Redes de 1ª generación ADSL                               | 86        |
| 3.2.2 Redes de 2ª generación ADSL                               | 87        |
| 3.3 Canales de ADSL                                             | 89        |
| 3.4 Arquitectura de red                                         | 90        |
| 3.5 El módem en el lado del usuario                             | 94        |
| 3.5.1 El módem en el lado de la central                         | 94        |
| 3.5.2 Multiplexor de Acceso DSL                                 | 95        |
| 3.6 Integración ATM-ADSL                                        | 96        |
| 3.7 Servicios de video sobre una red ADSL                       | 98        |
| 3.8 Arquitectura de una red de distribución de video            | 99        |
| 3.8.1 Red de transporte                                         | 100       |
| 3.9 Impacto de la red ADSL en las Telecomunicaciones            | 102       |
| 3.9.1 Problemas que presenta ADSL                               | 102       |
| 3.9.2 Ventajas que presenta ADSL                                | 103       |

|          |                                                                                  |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4</b> | <b>MEDICIONES EN LA RED ADSL</b>                                                 | <b>105</b> |
| 4.1      | Atenuación creciente en frecuencia                                               | 106        |
| 4.1.2    | El Ruido                                                                         | 106        |
| 4.1.3    | Crosstalk                                                                        | 107        |
| 4.1.4    | Dispersión                                                                       | 108        |
| 4.1.5    | Bridge Tap                                                                       | 109        |
| 4.1.6    | Distribución Frecuencial                                                         | 109        |
| 4.1.7    | Cancelación de Ecos                                                              | 109        |
| 4.2      | Diferentes Mediciones en la Red                                                  | 110        |
| 4.2.1    | Continuidad, Impedancia                                                          | 111        |
| 4.2.2    | Balance longitudinal de impedancias                                              | 111        |
| 4.2.3    | Pérdida por retorno, pérdidas por inserción                                      | 112        |
| 4.2.4    | Longitud del cable, detección de empalmes, bobinas de carga, y presencia de agua | 112        |
| 4.2.5    | Medición del voltaje AC y DC incluido en la línea                                | 112        |
| 4.2.6    | Medición de corriente incluida en la línea                                       | 112        |
| 4.2.7    | Medición de la velocidad máxima de transmisión del ADSL                          | 112        |
| 4.2.8    | Medición de la tasa de error BERT en ADSL                                        | 113        |
| 4.3      | Equipos de Medición                                                              | 113        |
| 4.3.1    | SunSet XDSL                                                                      | 113        |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 4.3.1.1 Algunas mediciones que realiza       | 113 |
| 4.3.2 Equipo Colt-250                        | 116 |
| 4.3.2.1 Mediciones que realiza               | 117 |
| 4.3.3 Equipo CableShark                      | 117 |
| 4.3.3.1 Mediciones que realiza               | 117 |
| 4.3.4 Aurora Presto                          | 118 |
| 4.3.4.1 Pruebas ADSL                         | 119 |
| 4.3.4.2 Pruebas BERT                         | 121 |
| 4.3.4.3 Pruebas IP Ping                      | 121 |
| 4.3.4.4 Pruebas PPP                          | 121 |
| 4.3.5 Aurora Tango                           | 122 |
| 4.3.5.1 Certificación ADSL: Conectar y Medir | 123 |
| 4.3.5.2 Selección de la Prueba               | 124 |
| 4.3.5.3 Comprobación del Nivel Físico        | 125 |
| 4.3.5.4 Sincronización de DSLAM              | 125 |
| 4.3.5.5 Descarga de Resultados               | 126 |
| 4.3.6 Equipo TS-1000                         | 127 |
| 4.3.6.1 Procedimiento de Prueba              | 128 |
| 4.3.6.2 Pruebas de Configuración             | 129 |
| 4.3.6.3 Cómo ejecutar pruebas                | 130 |
| 4.3.6.4 Resultados Obtenidos                 | 132 |

|                                                |         |
|------------------------------------------------|---------|
| 4.3.6.5 Cómo guardar e imprimir los resultados | 135     |
| 4.3.6.6 Cómo se finaliza una prueba            | 136     |
| 4.3.6.7 Consulta de los datos guardados        | 137     |
| <br><b>CONCLUSIONES</b>                        | <br>139 |
| <br><b>GLOSARIO</b>                            | <br>141 |
| <br><b>BIBLIOGRAFÍA</b>                        | <br>157 |

## LISTA DE FIGURAS

|      |                                                   |    |
|------|---------------------------------------------------|----|
| 1.1  | Cableado subterráneo de fines del siglo XX        | 2  |
| 1.2  | Reverso de un Cuadro de distribución telefónica   | 3  |
| 1.3  | Primera Central Eléctrica                         | 5  |
| 1.4  | Elementos de un cuadro de distribución telefónica | 8  |
| 1.5  | Primera fotografía transmitida                    | 10 |
| 1.6  | Conexión mediante una red completamente mallada   | 11 |
| 1.7  | Estructura de la red telefónica                   | 12 |
| 1.8  | Visión global de la RDSI                          | 18 |
| 1.9  | Agrupaciones funcionales                          | 29 |
| 1.10 | Componentes que se ocupan en la red               | 31 |
| 1.11 | Conexión de las interfaces                        | 33 |
| 1.12 | Estructura del acceso 2B+D                        | 34 |
| 1.13 | Conexión RDSI                                     | 45 |
| 1.14 | Configuraciones básicas de cableado               | 48 |
| 2.1  | Tecnologías de acceso                             | 53 |
| 2.2  | Demanda de las tecnologías usadas en el mundo     | 53 |

|      |                                                      |     |
|------|------------------------------------------------------|-----|
| 2.3  | Usuarios por continente                              | 54  |
| 2.4  | Uso de la tecnología DSL                             | 54  |
| 2.5  | Configuración de la red                              | 68  |
| 2.6  | Bandas de Frecuencia, pérdidas de inserción y ruido. | 76  |
| 3.1  | Enlace ADSL                                          | 82  |
| 3.2  | Modulación ADSL DMT con FDM                          | 84  |
| 3.3  | Modulación ADSL DMT con cancelación de eco           | 85  |
| 3.4  | Conexión con un modem ADSL                           | 90  |
| 3.5  | Elementos de la red ADSL                             | 91  |
| 3.6  | Espectro resultante de la modulación DTM             | 93  |
| 3.7  | Funcionamiento del Splitter                          | 93  |
| 3.8  | Filtros Separadores                                  | 94  |
| 3.9  | Multiplexor de acceso DSL (DSLAM)                    | 95  |
| 3.10 | Arquitectura típica para producir servicios de video | 100 |
| 3.11 | Multidifusión IP usando ATM                          | 101 |
| 3.12 | Multidifusión IP usando routers                      | 101 |
| 4.1  | Equipo Sunset XDSL                                   | 114 |
| 4.2  | Teclado del equipo                                   | 115 |

|      |                                               |     |
|------|-----------------------------------------------|-----|
| 4.3  | Emulación ADSL                                | 115 |
| 4.4  | Equipo Colt-250                               | 115 |
| 4.5  | Equipo cables shark                           | 117 |
| 4.6  | Equipo Aurora Presto                          | 118 |
| 4.7  | Sincronización Aurora Presto con el DSLAM     | 120 |
| 4.8  | Sustitución del ATU-R                         | 120 |
| 4.9  | Prueba IP Ping                                | 121 |
| 4.10 | Aurora Tango                                  | 122 |
| 4.11 | Servicios de banda ancha ADSL                 | 123 |
| 4.12 | Aurora Tango módulo Unite                     | 124 |
| 4.13 | Pruebas de servicio ADSL, internas y externas | 124 |
| 4.14 | Análisis de los 256 tonos TDM                 | 125 |
| 4.15 | Pruebas ADSL con Aurora Tango                 | 126 |
| 4.16 | Transferencia de datos                        | 126 |
| 4.17 | Despliegue de los resultados obtenidos        | 127 |
| 4.18 | Equipo TS-1000                                | 127 |
| 4.19 | Conexión a la línea                           | 128 |
| 4.20 | Diagrama de entrada/salida de conector RJ-11  | 129 |
| 4.21 | Resultados finales de la prueba               | 132 |

|      |                                 |     |
|------|---------------------------------|-----|
| 4.22 | Resultados finales de la prueba | 132 |
|------|---------------------------------|-----|

## LISTA DE TABLAS

|     |                                              |    |
|-----|----------------------------------------------|----|
| 1.1 | Diferentes tipos de canales                  | 28 |
| 1.2 | Estructuras de las interfaces BRI y PRI      | 28 |
| 2.1 | Rangos de transmisión                        | 59 |
| 2.2 | Comparación entre CAP y DMT                  | 65 |
| 2.3 | Servicios de la tecnología VDSL              | 71 |
| 2.4 | Distancias y velocidades de la red           | 72 |
| 2.5 | Requerimientos de aplicaciones: ADSL vs VDSL | 73 |

# INTRODUCCIÒN

## INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre es hombre y al ser por naturaleza un ente social, se ha visto en la necesidad de comunicarse con los demás individuos, ya sea para convivir, para satisfacer sus necesidades u obtener un bien común.

La acción de comunicar adquiere diversas formas, algunas más complejas que otras, desde la comunicación celular, hasta la vegetal, pasando por la animal para después pasar a la comunicación humana, el cual, se ha valido de los medios masivos de comunicación para cubrir grandes distancias.

La acción de comunicar tiene múltiples afinidades con el lenguaje y con la información, haciendo difícil el poder limitar una frontera entre éstos ya que en muchos casos ambos se fusionan.

Los primeros antecedentes de la comunicación se remontan a nuestros primeros antepasados, quienes en la búsqueda de la supervivencia se vieron en la necesidad de expresarse y transmitir sus conocimientos desarrollando una habilidad rudimentaria en la que había una participación de gestos, el uso de la voz, la elaboración de dibujos y pinturas inicialmente en cuevas. Con el tiempo se comenzaron a exteriorizar las reacciones, usando colorantes y expresiones guturales. Hasta que el Homo Sapiens contribuyó a la creación de nuevos métodos de comunicación.

Con la formación de grupos humanos sedentarios, se dio origen a las culturas antiguas, en la que a la china se le atribuye el lenguaje escrito más remoto, pero se sabe que los fenicios desarrollaron el alfabeto, mismo que fue perfeccionado por los griegos. Pronto, el medio de difusión de

noticias, conocimientos y mandatos fueron los manuscritos, hasta que Gutenberg creó la impresora.

Otros medios de comunicación usados fueron las señales de humo, tambores y campanas, espejos, y banderas. En los últimos 125 años se crearon diferentes medios de comunicación como el telégrafo, cables submarinos, radio, cinematógrafo, televisión y el teléfono.

El telégrafo fue inventado en 1837 mostrando que la electricidad podía ser una buena mensajera, los primeros mensajes contenían sólo señales o sonidos clave, posteriormente se realizaron estudios para que por medio de señales eléctricas también se pudiera transmitir voz.

A partir de 1962, satélites como el Telstar 1 y 2, EL Realy, el Syncom3, el Molniya, y el “Pájaro Madrugador” han sido puestos en órbita y ayudan a los hombres a comunicarse entre sí con palabras e imágenes, sin importar la distancia es por ello que se le ha llamado: La revolución de las comunicaciones.

En 1876 Graham Bell, halló la forma de variar la corriente eléctrica que circula por el conductor mediante la voz y usó éstos cambios para reproducir sonidos y construyó el teléfono. Si un individuo hoy en día desea comunicarse con otro en otro localizado en otro del mundo el medio de comunicación es por medio de los satélites artificiales.

Puesto que la red telefónica también tiene grandes limitaciones, tales como la de que su ancho de banda tan solo llega a los 4Khz como imágenes

Los últimos pasos en el campo de las telecomunicaciones están representados por la aparición del Télex así como los últimos avances tecnológicos en el envío de información a grandes distancias y en la

interconexión de ordenadores, originando de ésta manera el teleproceso, el teletratamiento y la teleinformática.

La telemática, por su parte surge como fusión de la telecomunicación y su integración con los métodos y los métodos empleados en la teleinformática o de la información aplicada a las telecomunicaciones brindando una gran cantidad de servicios como el correo electrónico, el télex o el teletexto, hasta los bancos de información públicos, los procesos de telebanco y videotexto.

Finalmente la teleinformática permite la interconexión de todo tipo de redes (datos, télex y telefónicas) cuyo resultado final son las Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI) que son capaces de actuar como un soporte para el establecimiento de comunicaciones mediante la información digitalizada de toda clase.

Existen dos tipos de redes que se distinguen por el tipo de elemento empleado para la transmisión, es decir, cable de cobre o fibra óptica:

- a) Red de banda estrecha: se usa para la transmisión de señales telefónicas, videoteléfono, télex, etc.
- b) Red de banda ancha: permite las señales de transmisión de televisión y audio de alta fidelidad además de brindar eficientemente los servicios de la red de banda estrecha.

Para lograr la transmisión en la red de banda ancha se emplean líneas con un gran ancho de banda y un poco económicas (principalmente la fibra óptica) que soportan canales para usar los servicios usados en la red.

Durante el desarrollo de éste trabajo se abordarán todas las características, funcionamiento y parámetros con los que trabajan las redes de banda ancha con las tecnologías más actuales y comerciales.

En el capítulo uno se brindará un panorama general sobre los antecedentes históricos de las redes telefónicas y la trascendencia que tuvieron para obtener una banda ancha, además se indicarán las ventajas y desventajas de éstas tecnologías, los servicios que ofrece la RDSI, su configuración, modos de acceso, sus interfaces y canales y se mostrarán gráficas para mostrar la preferencia de los usuarios al usar las redes que trabajan con DSL ante la presencia de los servicios el cable para la televisión y otros conductores.

En el capítulo dos se presentarán las tecnologías xDSL y se mencionarán a grandes rasgos en qué consiste cada una, los beneficios que aporta éste tipo de redes, esquemas de conexión, su terminología básica y el entorno de una red de éste tipo.

En el capítulo siguiente se hará énfasis en la red ADSL donde se podrá analizar las características de cada generación, conexiones, los elementos que intervienen en su funcionamiento, arquitectura, ancho de banda, sus ventajas y desventajas-

Finalmente en el último se presentaran algunos de los equipos existentes en el mercado y en México, para poder realizar las mediciones de la red ADSL, se analizaran los más importantes para poder entender su funcionamiento y obtener una visión amplia de lo que significa y nos da a entender cada medición realizada.

## OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo de investigación dará a conocer de manera clara qué es una red de acceso de banda ancha, su desarrollo, evolución y tendencias que presenta actualmente, los servicios que brinda a los usuarios, los beneficios y las desventajas que presenta la tecnología ADSL, Así como presentar un método fácil para la medición de los equipos que se utilizan en esta tecnología

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Explicar los principios y servicios de las redes de banda ancha dando un panorama general de su evolución en el mundo.
- Dar a conocer de manera profunda las tecnologías ADSL y VDSL para que el lector entienda el campo en el que se desarrollan, su utilidad y finalidad; consiguientemente se explicarán los conceptos técnicos para una mejor comprensión.
- Que el lector sepa cuáles son los instrumentos de medición, para que sepa qué mediciones se realizan en una red de banda ancha, de tal forma que esta tesina sea para él como un manual donde pueda recurrir.

## JUSTIFICACIÓN

Cuando se escogió este tema y al empezar a buscar la información necesaria para la misma, se hizo evidente que hay pocas fuentes de consulta acerca de lo que es una red de acceso de banda ancha, de los servicios que presenta y de su uso en la actualidad.

Al consultar diversas páginas de internet sobre este tema, la información existente se basa solamente en la publicidad de las diversas compañías europeas que brindan estos servicios y la restante se encuentra muy trillada; en cuanto a la bibliografía son pocos los que cubren estos temas en su totalidad y la mayoría se enfoca a RDSI.

El presente trabajo servirá para que el lector cuente con toda la información necesaria relacionada con el tema y tenga una visión amplia de esta tecnología, que descubra cuáles son los elementos que forman parte de la red, en cuanto a infraestructura se refiere, así como la función que cada uno de estos realiza, remarcando las tecnologías ADSL y VDSL.

Independientemente de un material de consulta teórica será un manual, que indique cuáles son los equipos que se utilizan para las mediciones de los parámetros más importantes de la red que aseguran la buena calidad del servicio, así como mostrarle la manera de usarlos e interpretar los resultados.

Es más que sabido que una red de banda ancha permitirá la rápida conexión y descarga de archivos pero ¿con qué servicios adicionales cuentan éstas redes?, ¿cuáles y qué son los modos de acceso?, ¿en qué consiste la conmutación? y ¿qué tipos de configuración existen?, más adelante se abordarán todas éstas preguntas de manera clara pero no por ello dejarán de profundizarse o restarles importancia.

Para algunos es difícil explicarse la estructura de una red debido a que no creen posible transmitir a tan altas velocidades mediante un par de cobre, evidentemente son necesarios más elementos que permiten que los servicios de la red se cumplan de manera satisfactoria y con la garantía que se les ofrece, pero no saben la arquitectura de la red ni los problemas que pueden llegar a presentarse.

¿En México el mercado fue ideal para manejar éstos sistemas de redes o fue necesario hacer modificaciones para que los clientes tuvieran atracción por el servicio?, si fue así ¿Por qué no fue exitosa la RDSI en nuestro país?, y ¿Por qué nunca existió al 100%?

Dentro de la familia xDSL existen muchas tecnologías ¿Por qué?, ¿Por qué se le denominó xDSL? ¿Que significa la “x”?, y ¿en qué consiste cada una de ellas?, las tecnologías xDSL, independientemente de la inicial que identifica a cada una de ellas, es un parámetro que define una velocidad determinada, una distancia para su perfecto funcionamiento, diferentes niveles de tolerancia al ruido y precios por el servicio.

Una vez comprendido todo lo anterior, surgirá una pregunta ¿cuáles son las empresas más competentes a nivel mundial?, es claro que gran parte de ellas son europeas por desarrollar a diario ésta tecnología y estar más avanzados en las telecomunicaciones, pero no por ello México dejará de usar éste tipo de redes, también se cuentan con empresas que brindan éste servicio y que veremos a lo largo del documento.

Para la mayoría de los estudiantes o usuarios es muy difícil saber cuáles y cómo son los instrumentos que se emplean para medir los elementos de la red, ni tampoco cómo se usan, y es errónea la idea de usar un voltímetro para saber todos éstos parámetros, existen varios instrumentos y diversas

marcas para realizar ésta tarea, pero no es posible tener todos a la mano, y sólo se darán a conocer algunos de los que se utilizan.

# **CAPÍTULO 1**

## **PRINCIPIOS BÁSICOS DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES**

## **Capítulo 1. Principios básicos de una Red de Telecomunicaciones**

### **1.1 Breve historia del teléfono**

El 10 de marzo de 1876 Alexander Graham Bell, presentó en la Exposición del Centenario, celebrada en Filadelfia el teléfono, una máquina eléctrica que transportaba la voz y pronunció la primera frase telefónica de la Historia: “Señor Watson, venga aquí, quiero verle” a partir de esa fecha fue considerado como el inventor de éste medio de comunicación. [1]

Sin embargo, el Congreso de EEUU reconoció en junio de 2002 que el verdadero inventor del teléfono fue Meucci y no Bell, Meucci en 1855, creó el primer prototipo telefónico, 19 años antes que el de Bell, en 1871 creó un segundo modelo que no pudo patentar por falta de dinero (sólo consiguió pagar la petición de la patente). Trató por todos los medios de que la empresa de telégrafos Western Union se interesase por el invento, pero el esfuerzo fue en vano, en 1874 ya no pudo ni pagar los 10 dólares necesarios para renovar los documentos, perdió la patente para siempre y el modelo original de su invento.

En 1921 había aproximadamente 13 millones de teléfonos conectados a las líneas de la American Telephone and Telegraph Company, es decir; uno por cada ocho personas. Sus circuitos contenían 40.000.000 de kilómetros de hilo y sus empleados pasaban de 231.000.

Después del invento del hilo de cobre estirado a mano, llevado a cabo por Thomas B. Doolittle, se construyó una línea telefónica entre Boston y Nueva York y empezó a funcionar en 1884. En esta época llegó a ser tan grande la congestión de hilos aéreos en la ciudad de Nueva York, que se consideró necesario tenderlos en cañerías subterráneas como se

muestra en la siguiente figura en la que tienden un cable telefónico para 1200 personas de la American Telephone & Telegraph Co. en 1890 .

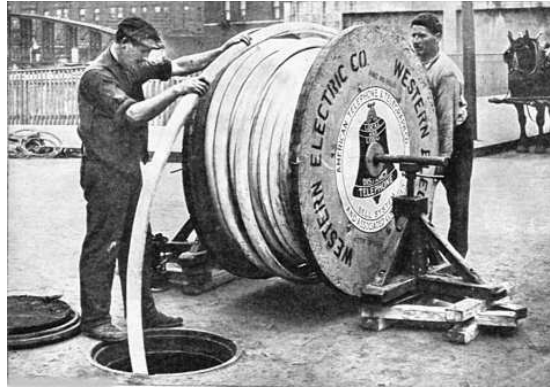


Figura 1.1 Cableado subterráneo de fines del siglo XIX

La idea de establecer una central telefónica, por cuyo medio un teléfono pudiese conectarse con otro teléfono cualquiera, parece haber sido sugerida por **Edwin T. Holmes**, quien dirigió una central de esta clase en 1877 en Boston, la transmisión de la palabra, al principio, era tan incompleta, que el abonado tenía que referir al operador de la central el mensaje que había de ser repetido al otro abonado.

En la central con operadoras, que constituyó el adelanto tecnológico posterior, había muchas empleadas, sentadas una al lado de las otras, delante de un cuadro de distribución telefónico. Cada una de estas telefonistas estaba provista de un receptor y un transmisor, sostenido en su posición mediante una lámina o casquete, quedando así las manos libres. El frente del cuadro estaba perforado por un gran número de agujeros pequeños llamados jacks y al lado de cada agujero estaba colocada una diminuta lámpara eléctrica cara vertical o un estante estrecho, de donde sobresalían cientos de terminales con la extremidad de latón. Éstas se llamaban clavijas, e iban unidas a los cabos de cordones flexibles, de longitud conveniente; cuando un abonado

descolgaba su receptor del gancho, brillaba una de las diminutas lámparas del cuadro, y la telefonista más próxima tomaba una de las clavijas y la insertaba en el jack adyacente a la lámpara encendida. La lámpara se apagaba, pero al mismo tiempo se encendía otra en el banco al lado del flexible. La telefonista entonces cerraba un conmutador situado en el banco o estante que conectaba su teléfono con el del abonado y decía: "¡Central!", al recibir el número que se deseaba, la telefonista tomaba otra clavija, la conectaba bajo el banco a la primera, la insertaba en el jack que pertenecía al número pedido y apretaba un botón, que hacía sonar el timbre del teléfono de la persona a quien se llamaba. [1]

A continuación se muestra el reverso de un cuadro de distribución telefónica en uso en los años 20'. Aquí concurrían las terminales de las diferentes líneas telefónicas, de modo que todas ellas estaban al alcance de la telefonista que estaba sentada al otro lado del cuadro.

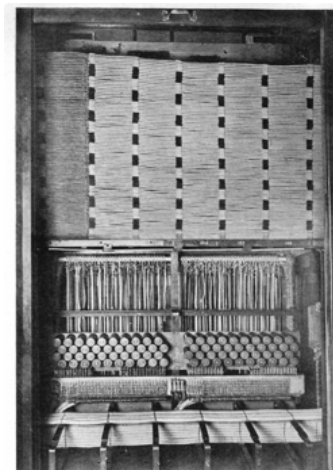


Figura 1.2 Reverso de un cuadro de distribución telefónica.

Tan pronto como la persona contestaba la llamada, descolgaba el receptor del gancho, la lámpara adyacente al primer flexible se apagaba, indicando a la telefonista que había sido hecha la conexión pedida. Como el teléfono de la persona era desconectado de la línea después de recibir el número deseado, quedaba la telefonista libre para establecer otras conexiones. Cuando el abonado en una línea volvía a colgar el receptor en el gancho, la lámpara adyacente al flexible correspondiente se encendía, en una central telefónica activa, las lámparas del cuadro estaban continuamente encendiéndose y apagándose, acompañadas de las llamadas y el tictac de las clavijas. [1]

El otro tipo de central, cuyo empleo se incrementó a medida que las centrales automáticas fueron reemplazando a las operadoras, fue aquella en que las conexiones que se hacían por medio una máquina automática, que era dirigida por la persona que hacía la llamada; en lugar de esperar a que la telefonista pregunte el número que se desea, el abonado, de un modo automático, conectaba su teléfono con el de cualquier otro abonado haciendo girar una esfera numerada con las cifras sucesivas del número del teléfono deseado. La máquina automática (un modelo típico se representa en esta página) conecta los dos teléfonos, y el abonado que llama puede entonces hacer sonar directamente el timbre del teléfono del otro abonado. [2]

A continuación se muestra la foto de una de las primeras centrales eléctricas en uso a comienzos del siglo XX. El abonado indicaba en una rueda de discado de su teléfono el número del teléfono que necesitaba, de la cual partían corrientes eléctricas a la central y para luego poner en movimiento un mecanismo que realiza todo el trabajo de poner en comunicación a las dos líneas.

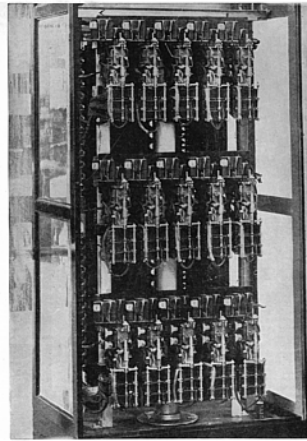


Figura 1.3 Primera central eléctrica.

Con el tiempo la transmisión debió ser a través de líneas más largas y no sólo cubrir algunos cientos de kilómetros, y aún en líneas más cortas era con frecuencia difícil transmitir el lenguaje con claridad. El cambio en la cualidad del lenguaje transmitido en las largas líneas las palabras no se transmiten con igual intensidad en la línea; algunas son parcialmente absorbidas en la transmisión, mientras otras pueden aumentar en sonoridad relativa, por si fuera este el problema hay que añadir otro, consistente en que las respectivas frecuencias no llegan al receptor distante precisamente en el mismo orden con que salieron de los labios del que habla, ya que sufrían un retraso respecto de otras, dando como resultado gran confusión en el receptor.

Un profesor de la Universidad de Columbia, el Dr. *Michael I. Pupin*, reconoció que esta perturbación se debía a la desigual transmisión de las diferentes frecuencias de la voz descubrió la manera de remediar la imperfecta transmisión en las largas líneas y aconsejó a las compañías telefónicas que intercalasen bobinas en lugares determinados de sus líneas y les predijo un perfeccionamiento en la transmisión del lenguaje las líneas entre Nueva York y Chicago fueron así equipadas con bobinas de inductancia, y con marcado éxito. Más tarde se instalaron bobinas

en las líneas occidentales de Chicago hasta Denver, así que se pudo hablar entre Nueva York y Denver, a una distancia de 3520 kilómetros.

A pesar de que esta aportación fue muy importante no fue suficiente para establecer una conexión entre continentes, es por ello que se recurrieron repetidores que trabajaran en unión de las bobinas de inductancia, este método ya era usado en la telegrafía pero para la voz resultaban muy lentos; al fin se encontró un repetidor o amplificador basado en el principio de la lámpara de tres electrodos (denominada tríodo ) que consistía en una ampolla de cristal, donde se hacía el vacío más perfecto posible, conteniendo un filamento incandescente, una parrilla o rejilla de hilos y una delgada placa (ánodo y cátodo). Si los dos extremos de una línea telefónica se conectaban respectivamente a la rejilla y al filamento, la corriente telefónica enviada a una prolongación de esta línea conectada a la placa y al filamento era mayor que en la primera línea, y variaba en intensidad en una reproducción de la primera corriente más débil.

La instalación de estos amplificadores en varios puntos en Nueva York y San Francisco hicieron posible hablar claramente entre estas ciudades con la terminación del cable telefónico submarino entre Cayo Hueso y Cuba quedó establecida la comunicación telefónica entre Cuba y la isla Catalina la voz se transmitió desde Cuba a los Estados Unidos, cruzando el continente a California y luego daba el salto final por radiotelefonía a Catalina, en una distancia total de 8752 kilómetros. [2]

El crecimiento de tráfico en las líneas de larga distancia de Estados Unidos en 1930 había sido cada vez mayor por lo que se tuvo la necesidad de encontrar algunos métodos de telefonía múltiples que permitieran transmitir varios mensajes telefónicos por un par de hilos.

El primer método fue introducir un circuito llamado fantasma por medio del cual se podían transmitir simultáneamente tres mensajes telefónicos por dos pares de hilos.

Posteriormente otro desarrollo fue un método de telefonía llamado mensajero que permitía transmitir varios mensajes de forma simultánea por un par de hilos, en cualquier dirección. Cada persona, al hablar en el transmisor, hacía variar la intensidad de una corriente alterna de muy alta frecuencia mantenida continuamente en la línea. Esta corriente alterna era producida por una lámpara de tres electrodos al hablar se modulaba la corriente de alta frecuencia que servía como mensajera (o portadora) de las vibraciones de la voz, pero volvía a su estado tan rápidamente que no producía ningún sonido en el teléfono receptor. Las vibraciones de la voz se reproducían, sin embargo, en el diafragma del aparato receptor, y la transmisión del lenguaje era tan clara como en la línea ordinaria.

El elemento más importante en el sistema mensajero múltiple era un elemento denominado filtro ubicado en el receptor. Los filtros (equivalente a un divisor de frecuencias) iban conectados a cada extremo de la línea entre cada par de teléfonos la función de éste era dejar circular a través de ellos sólo una corriente mensajera determinada, de modo que cuando circulaban varias corrientes mensajeras de diferentes frecuencias en la línea telefónica, al mismo tiempo cada filtro permitía pasar solamente una de esas corrientes mensajeras (o sea el filtro separaba las frecuencias) al aparato receptor.

De esta manera, las diferentes conversaciones telefónicas conducidas por un par de hilos simultáneamente eran clasificadas en la estación receptora y transmitidas a los correspondientes abonados.

## 1.2 Elementos de un cuadro de distribución telefónico

A continuación se muestran como ejemplo los diferentes circuitos y aparatos por medio de los cuales una telefonista conectaba un abonado con otro en la misma central.

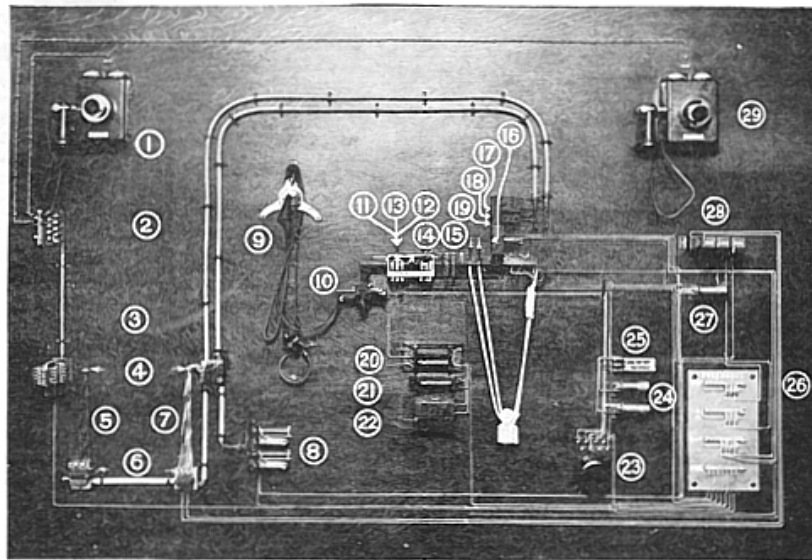


Figura 1.4 Elementos de un cuadro de distribución telefónica.

- 1- Teléfono de abonado
- 2- Terminales de cable
- 3- Repartidores generales
- 4- Verticales
- 5- Alambre de cruzadas
- 6- Horizontales
- 7- Repartidor intermediario
- 8- Relays cortadores:
- 9- Aparato pechera de operadora
- 10- Para llamar
- 11- Para Contestar
- 12- Llave de hablar
- 13- Llaves registradoras de medición

- 14- Señales de supervisión
- 15- Lámpara piloto
- 16- Jacks de múltiple
- 17- Jacks de contestar
- 18- Lamparita de línea
- 19- Bobina de inducción
- 20- Bobina de retardación
- 21- Condensadores
- 22- Bobina de repetición
- 23- Relays de cordones
- 24- Resistencia
- 25- Tablero de fusibles
- 26- Relay piloto
- 27- Medidores de posiciones
- 28- Teléfono de abonado No. 2

### **1.3 Transmisión de la primera imagen por cable**

El 19 de mayo de 1924, cuarenta y cuatro minutos exactamente después de haber sido impresa una fotografía en Cleveland, Ohio, era exhibida, a un grupo de expertos reunidos en una sala en Nueva York, que había estado observando cómo la fotografía iba formándose, sobre una película dispuesta en una complicada máquina considerando una distancia de 932 kilómetros. La fotografía había sido transmitida con toda perfección la línea telefónica, valiéndose de un nuevo sistema, cuyas aplicaciones crearon grandes expectativas y vieron multiplicarse de un modo asombroso. [3]

Ésta es la muestra de la primera fotografía cuya transmisión duró sólo cinco minutos, realizado por la Compañía Americana de Teléfonos y Telégrafos y de la Sociedad Western Electric.



Figura 1.5 Primera Fotografía transmitida.

De la misma manera podían transmitirse también los dibujos, grabados y la escritura a mano. Como se podían emplear las películas para la transmisión aunque estuviesen húmedas, este sistema evitaba, por consiguiente, el retraso que ocasionaría el secarlas.

Este aparato, inventado para ser utilizado en las líneas del sistema Bell, podía transmitir cualquier imagen que permita ser fotografiada y se considere interesante para ser publicada en los periódicos, consiguiéndose en unos pocos minutos ilustraciones de los sucesos más importantes ocurridos en lugares distantes. La transmisión de las imágenes podía efectuarse sencilla, rápida y exactamente, por las líneas telefónicas ordinarias, sin interrumpir en ningún caso el servicio telefónico regular y corriente. El sistema era también aplicable a la radiotransmisión de imágenes, siempre que las condiciones atmosféricas lo permitieran, o sean tales que aseguren una transmisión tranquila y libre de interferencias.

En febrero de 1926 Guillermo Marconi hizo posible transmitir instantáneamente desde Nueva York a Londres una fotografía ya fuera un retrato o una página entera de un periódico. [3]

En los laboratorios Telefunken Gesellschaft, de Berlín se desarrolló la pila fotoeléctrica más sensible, que substituyó a las de selenio, que hasta ese momento se había usado para la transmisión de imágenes. La nueva pila producía solamente pequeñas corrientes, que tenían que ser amplificadas por la radiotelegrafía. La tarea del receptor consistía en transformar las oscilaciones eléctricas en luz, actuando sobre el negativo fotográfico.

#### 1.4 Principios de la Red Telefónica

La red telefónica básica se creó para permitir las comunicaciones de voz a distancia. En un primer momento los enlaces entre los usuarios eran punto a punto, por medio de un par de cobre (en un principio un único hilo de hierro y después de cobre, con el retorno por tierra) entre cada pareja de usuarios. Esto dio lugar a una topología de red telefónica completamente mallada, como se muestra en la siguiente figura.

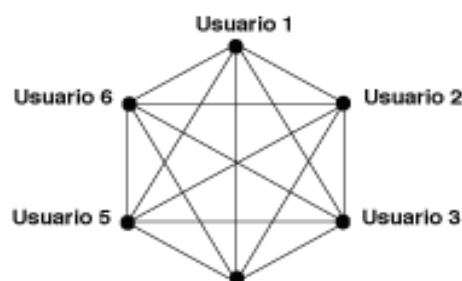


Figura 1.6 Conexión mediante una red completamente mallada

Si se hacen las cuentas, esta solución se ve que es claramente inviable. Si se quiere dar servicio a una población de  $N$  usuarios, con este modelo completamente mallado, harían falta  $N \times (N - 1) / 2$  enlaces. Por esa razón se evolucionó hacia el modelo en el que cada usuario, por medio de un

par de cobre se conecta a un punto de interconexión (central local) que le permite la comunicación con el resto.

La estructura de la red telefónica mostrada en la siguiente figura es la que básicamente hoy se sigue manteniendo. Lo único es que la interconexión entre las centrales se ha estructurado jerárquicamente en varios niveles dando lugar a una red de interconexión. De este modo, la red telefónica básica se puede dividir en dos partes: la red de acceso y la red de interconexión. [4]

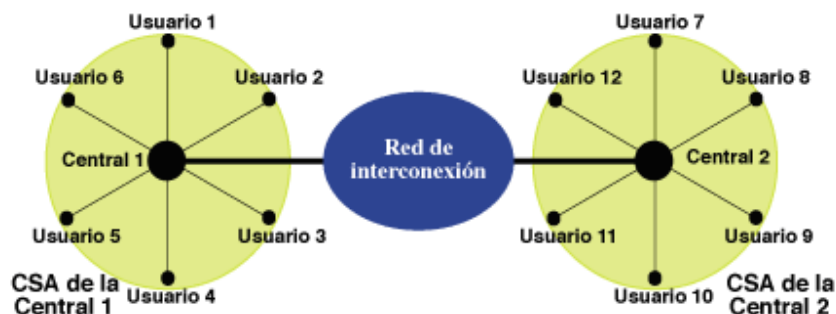


Figura 1.7 Estructura de la red telefónica

El bucle de abonado es el par de cobre que conecta la terminal telefónica del usuario con la central local de la que depende. El bucle de abonado proporciona el medio físico por medio del cuál el usuario accede a la red telefónica y por tanto recibe el servicio telefónico. La red de interconexión es la que hace posible la comunicación entre usuarios ubicados en diferentes áreas de acceso.

Como ya se ha indicado anteriormente, la red telefónica básica se ha diseñado para permitir las comunicaciones de voz entre los usuarios. Las comunicaciones de voz se caracterizan porque necesitan un ancho de banda muy pequeño, limitado a la banda de los 300 a los 3400 Hz (un CD de un equipo de música reproduce sonido en la banda de los 0 a

los 22.000 Hz), es decir; la red telefónica es una red de comunicaciones de banda estrecha.

En los últimos años, la red de interconexión ha ido mejorando progresivamente, tanto en los medios físicos empleados, como en los sistemas de transmisión y equipos de conmutación que la integran.

Los medios de transmisión han evolucionado desde el par de cobre, pasando por los cables de cuadretes y los cables coaxiales, hasta llegar a la fibra óptica, un medio de transmisión con capacidad para transmitir enormes caudales de información. Los sistemas de transmisión han pasado de sistemas analógicos de válvulas hasta llegar a sistemas de transmisión digitales. Por último, la capacidad de los equipos de conmutación empleados ha ido multiplicándose hasta llegar a centrales de conmutación digitales con capacidad para conmutar decenas de miles de conexiones a 64 Kbps.

Por ejemplo, los modernos anillos ópticos que se están desplegando permiten velocidades de transmisión de datos de 2.48832 Gbps, o lo que es lo mismo, de unas 38.000 comunicaciones telefónicas simultáneas, o de unos 1500 canales de vídeo en formato MPEG2 (calidad equivalente a un vídeo en formato VHS) aproximadamente. Y ya se dispone de sistemas de conmutación capaces de trabajar con estos caudales. Con todos estos datos, parece que la red de interconexión está capacitada para ofrecer otros servicios además de la voz: servicios multimedia de banda ancha. [5]

Pero, ¿qué pasa con la red de acceso? Como ya se ha visto anteriormente, la red de acceso está formada por los bucles de abonado que unen los domicilios de los usuarios con su correspondiente central (central local). Hasta hace poco se ha considerado que sobre este bucle sólo se podían transmitir caudales de hasta 64 Kbps en la banda de frecuencias que va desde los 0 Hz hasta los 4 KHz. Es decir, que el

bucle sólo servía para las comunicaciones de voz y la transmisión de datos en banda vocal mediante módem (desde los V.32 a 9,6 Kbps hasta los V.90 a 56 Kbps). Por tanto, la red de acceso era el obstáculo que impedía a la red telefónica en su conjunto la evolución hacia servicios de banda ancha, como son los servicios multimedia: videoconferencia, distribución de vídeo, vídeo bajo demanda, transmisión de datos a gran velocidad.

De acuerdo con esta creencia generalizada, para ofrecer los servicios de banda ancha antes citados, se hacía necesario el despliegue de nuevas redes de comunicaciones basadas en el cable coaxial y en la fibra óptica. Y precisamente éste era uno de los principales motivos por los que las comunicaciones de banda ancha no han progresado lo rápido que se esperaba: desplegar nuevas redes, partiendo de cero, es muy caro tanto por el equipamiento como por las inversiones en obra.

Y todo esto porque el par de cobre no tiene la suficiente capacidad. Pero esto no es así. Un par de cobre en un aceptable estado de conservación tiene una respuesta en frecuencias que permite la transmisión de señales en una banda que puede superar hasta unas 250 veces más de lo que hasta ahora se ha estado empleando. Para aprovechar este potencial sólo hacían falta unos equipos capaces de sacar partido a este potencial.

A finales de los 80, los avances en microelectrónica hicieron posible el desarrollo de nuevos DSP (Procesadores Digitales de Señales), capaces de aplicar nuevos algoritmos de procesamiento digital de señal. Así aparecieron los módems ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

La primera generación de módems ADSL era capaz de transmitir sobre el bucle de abonado un caudal de 1.536 Kbps en sentido Red - Usuario (sentido downstream o descendente) y de 64 Kbps en sentido Usuario - Red (sentido upstream o ascendente). Y todo ello sin interferir para nada

en la banda de frecuencias vocal (de 0 a 4KHz), la que se usa para las comunicaciones de voz. De este modo sobre el bucle de abonado podrían coexistir dos servicios: el servicio tradicional de voz y nuevos servicios de transmisión de datos a gran velocidad. [6]

### 1.5 Red de Acceso

La red de acceso puede considerarse desde dos ángulos:

- a) **Geográfico**, considerada como la infraestructura de comunicación que existe entre el domicilio del cliente y la central de conmutación.
- b) **Técnico**, es la infraestructura de comunicaciones entre el punto de conexión de la terminal en el domicilio del cliente y el primer equipo que procesa la información en el nivel de red.

Los medios de transmisión que se emplea en toda red de comunicación se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1) **Medios guiados** requieren de la existencia de un medio físico de transmisión que transporte la información entre el usuario y la central, o entre el usuario y el primer punto donde se reenvíe a la red troncal o *backbone*. Los elementos más usados con el par de cobre, el cable coaxial o la fibra óptica.
- 2) **Los medios no guiados** emplean como medio de transmisión el aire, por el cual se propagan las ondas electromagnéticas de manera similar a como lo hacen las ondas de radio.

### 1.5.1 Clasificación de una Red de Acceso

Por los medios de acceso se puede clasificar la red por la tecnología que se emplea:

- a) Las redes de acceso vía cobre: en las que se incluyen todas las divisiones de xDSL (x Digital Subscriber Line).
- b) Las redes de acceso vía radio.
- c) Las redes de acceso vía fibra óptica.

En la actualidad el medio de transmisión más usado para la comunicación es el par de cobre, el cual fue usado inicialmente para la transmisión de voz (señal analógica) con una frecuencia de 4KHz que unía el teléfono del abonado con la central telefónica.

Una **central telefónica** es el punto donde se reúnen las conexiones de todos los aparatos telefónicos de una determinada área, que se denomina área local o área central. [5]

### 1.6 Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)

En 1984 el CCITT (Community Colleges for Innovative Technology Transfer) define la RDSI de la siguiente forma: "Una red que procede por evolución de una Red Digital Integrada (RDI) telefónica y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para soportar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos, y a la que los usuarios tienen acceso a través de un conjunto limitado de interfaces normalizados de usuario multiservicio. [8]

Y también un elemento clave de la integración de servicios para una RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) es proporcionar un abanico de servicios utilizando un conjunto limitado de tipos de conexión y disposiciones de interfaz usuario-red de propósito general.

RDSI es un concepto ligado al de una red totalmente digital que, utilizando unos estándares universales de acceso, permite la conexión de una amplia gama de terminales como teléfonos, ordenadores, centrales PBX (Private Branco Exchanges); etc, a los que la red proporciona una gran variedad de servicios entre los que se incluyen voz, datos e imágenes.

La RDSI ha sido diseñada, como sucesor de las actuales redes telefónicas públicas, respecto de las que ofrece:

- Audio de 7 Khz, frente a los 3.1 Khz. de la telefonía básica,
- Comunicaciones digitales a 64 Kbits por segundo, frente a los 14.4 Kbps, teóricamente alcanzables por las redes telefónicas, mejorando sensiblemente la calidad.
- Gran funcionalidad frente a las redes telefónicas, como resultado del uso de un canal de señalización normalizado.
- Un único medio de acceso para transferencia de voz, imagen, datos y textos, por medio de conmutación de circuitos o de paquetes.
- Rapidez en las llamadas menos de 800 ms virtualmente sin errores.

Ventajas evidentes son el envío de una página fax en tan sólo 3 segundos, y la posibilidad de video conferencias de calidad razonable; en la figura 1.8 se muestra una visión global de la RDSI.

Los estudios del CCITT hicieron patente la absoluta necesidad de que los servicios primarios de RDSI, evolucionaran a partir de las actuales redes telefónicas, entre otras razones para el aprovechamiento de las inversiones en los actuales cables de cobre. Sin embargo, es de esperar la evolución en instalaciones de mayor calidad para transferencias

digitales, que a largo plazo son sin duda más rentables, como por ejemplo, fibra óptica.

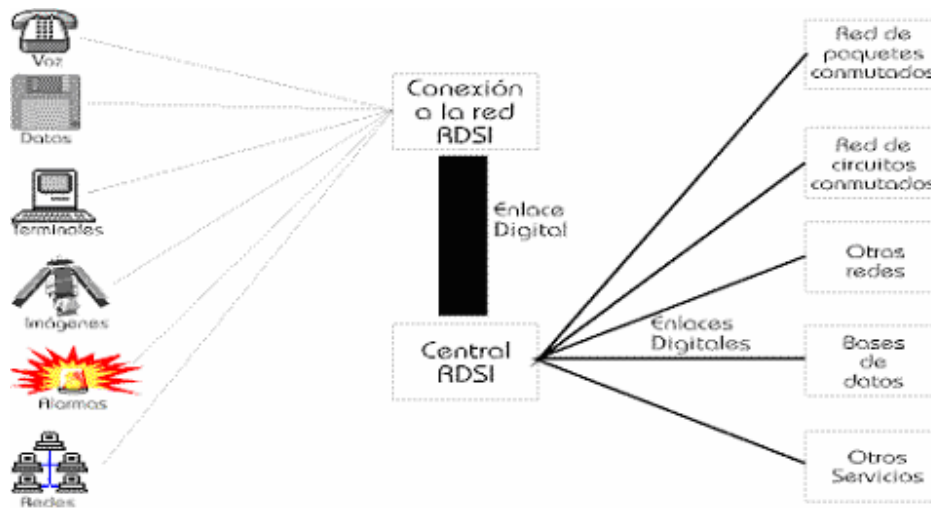


Figura 1.8 Visión Global de la RDSI

Cuando surgió la comunicación de datos fue necesario brindar ese servicio a los hogares de los clientes por lo que se diseñó el módem para el intercambio de información digitalizada, el cual no es otra cosa más que un modulador-demodulador que permite a una computadora comunicarse por líneas telefónicas y por otros medios de comunicación recibiendo la señal digitalizada y la convierte en una señal analógica, para lo cual asigna a cada bit una frecuencia o tono diferente y viceversa en la recepción.

En un principio esto generó un problema ya que al estar conectados a la red digital (internet) no se podían realizar llamadas telefónicas limitando la velocidad de transmisión a 56Kbps. Para solucionar el problema antes mencionado fue diseñada la RDSI con la que se transmitían señales digitales eliminando el empleo del módem y que brindaba servicios de voz, télex, conmutación de circuitos, conmutación de paquetes y datos de manera simultánea e integrada. En RDSI existe un acceso básico permitiendo tasas de transferencia de hasta 2 Mbit/s. [9]

### 1.6.1 Ventajas de la RDSI

Independientemente de las ventajas que se mencionaron anteriormente también existen las siguientes:

- a) RDSI ofrece múltiples canales digitales que pueden operar simultáneamente a través de la misma conexión telefónica.
- b) El tiempo empleado para la comunicación en RDSI es cerca de la mitad del tiempo empleado con una línea con señal analógica.
- c) Al tratarse de una línea digital, es fácil controlar el ruido y las interferencias producidos al combinar las señales, presentando mayor inmunidad que si se tratara de una transmisión con una señal analógica.
- d) En cuanto a la señalización, la llamada se establece enviando un paquete de datos a través de un canal independiente de los canales para datos, informando al destinatario del tipo de conexión (voz o datos).
- e) Economía, ya que permite la transferencia de una gran cantidad de información a bajo costo.
- f) Seguridad de las comunicaciones de voz y datos: La voz y los datos en RDSI no son fáciles de descifrar ya que se encuentran codificadas digitalmente además de estar encriptadas.
- g) Llamada en espera o multiconferencia: La RDSI permite la recepción de otras llamadas mientras se está en una comunicación, y atenderlas o establecer una multiconferencia a 3 ó varios participantes. La central pública del operador informará que existe una llamada, así como del número del que llama. Permitiendo retener la llamada en curso y atender la llamada entrante o realizar una multiconferencia, hablando las tres partes a la vez. También se podrá realizar una multiconferencia con una llamada recibida y otra que se ha realizado o con dos llamadas realizadas por el usuario.
- h) Video-Conferencia: El estándar mundial de video-conferencia profesional, es el denominado H-323 que regula las condiciones técnicas

y protocolos de comunicación que permiten que cuando se llama a cualquier número para establecer una video-conferencia, éste responda y se pueda ver y hablar con el interlocutor. Este estándar está basado en la RDSI como única red telefónica para el transporte de video-conferencia. El H-323, permite también compartir aplicaciones informáticas, mientras se ve y habla con el interlocutor.

La RDSI resultó ser una tecnología que no se encontraba al alcance de todos económicamente hablando por lo que fue desplazada por las nuevas tecnologías las cuales tiene la misma función y a un precio más accesible para los usuarios. Éstas trabajan con el par de cobre como medio de transmisión y pertenecen a la familia de las tecnologías xDSL. [8]

### **1.6.2 Servicios RDSI**

A continuación se enlistarán los principales servicios brindados por esta red de alta velocidad:

- 1) Teletex: empleado para el intercambio de mensajes y es una especie de correo electrónico.
- 2) Telefax: permite el intercambio de archivos con imágenes digitalizadas.
- 3) Videotex: permite el acceso interactivo de bases de datos texto e imágenes.
- 4) Telemetría: se realiza por vía telefónica, regularmente usado para realizar una medición, o para dar señales de emergencia.

- 5) Números múltiples: proporciona una vía para que una única interfaz tenga asignados varios números telefónicos.
- 6) Identificador: permite la identificación de la persona que llama.
- 7) Grabador de mensajes: en caso de no contestar la llamada permite grabar un pequeño mensaje que después será escuchado.
- 8) Despertador automático
- 9) Conexión de computadoras.
- 10) Grupos privados de conexión: lo realiza controlando la conexión externa.

### **1.6.3 Servicios básicos**

Proporcionan los medios más elementales para realizar el tráfico de la información, entre dos puntos de la red. Dentro de esta clasificación entran los siguientes servicios: [6]

- 1) Conmutación de circuitos:
- 2) Tráfico de datos a 64 Kbps.
- 3) Conversación telefónica.
- 4) Servicio de audio a 3,1 Khz.
- 5) Simultaneidad de datos y voz (2 o más canales B).
- 6) Tráfico de datos a 384 Kbps.
- 7) Tráfico de datos a 1.536 Kbps. (US) o 1.920 Kbps. (Europa).
- 8) Backup (copia) digital de líneas punto a punto.
- 9) Conmutación de paquetes en circuitos conmutados y circuitos virtuales permanentes.
- 10) Señalización de usuario.

### **1.6.4 Teleservicios**

Dentro de esta clasificación se destacan los siguientes:

- 1) Telefonía: Conversación a 3,1 Khz.

- 2) Videoconferencia.
- 3) Teletexto.
- 4) Telefax.
- 5) Modo mixto: Teletexto y fax, videotexto: con almacenamiento y recuperación de textos y gráficos de buzones).
- 6) Telex: Realiza el Intercambio de mensajes en modo carácter, pero con mayúsculas y minúsculas.
- 7) Vigilancia y seguridad remotas: empleando líneas no dedicadas.
- 8) Aplicaciones médicas: gracias a este servicio es posible realizar la transferencia de rayos X, telemedicina, ultrasonidos y scanner.
- 9) Transmisiones de radio con alta calidad de audio.
- 10) Trabajo desde el hogar (home-working).
- 11) Servicios de telefonía integrados con ordenador: permitiendo la venta de billetes con cargo automático a tarjetas de crédito, telemarketing, mensajería, estadísticas, análisis de audiencias entre otros.

#### **1.6.5 Servicios suplementarios**

Su uso puede realizarse con los servicios básicos o teleservicios:

- 1) Presentación/Restricción del que llama: permite ver o restringir el número de quien llama.
- 2) Presentación/Restricción de la línea conectada: permite visualizar o restringir el número de quien recibió la llamada.
- 3) Aviso de cargo: nos permite saber el costo de la llamada.
- 4) Transferencia incondicional de llamadas.
- 5) Rellamada: en caso en que la línea esté ocupada.
- 6) Desvío de llamada: si ésta no es contestada o está ocupada la línea.
- 7) Desvío de llamada condicional.

- 8) Mantenimiento de llamada: permite realizar de otra, manteniendo la primera en espera.
- 9) Llamada en espera: notifica una llamada entrante cuando se está comunicando, con la opción de atenderla.
- 10) Grupo de usuarios cerrado: permite la restricción del acceso.
- 11) Llamada a través de tarjeta de crédito.
- 12) Marcación directa.
- 13) Búsqueda de llamadas.
- 14) Numeración múltiple.
- 15) Servicios a 3 partes: multiconferencia, simultánea o alternativa.
- 16) Preparación de conferencia de manera anticipada.
- 17) Cargo de la llamada al receptor de la misma.
- 18) Registro de la identificación de la llamada por parte de la operadora.
- 19) Señalización usuario a usuario. [11]

#### **1.6.6 Canales**

La RDSI dispone de distintos tipos de canales para el envío de datos de voz e información y datos de control: los canales tipo B, tipo D y tipo H. [8]

**1.6.6.1 Canal B:** transmiten información a 64Kbps, y se emplean para transportar cualquier tipo de información de los usuarios, ya sean datos de voz o de tipo informáticos. Estos canales no transportan la información de control de la red y sirven de base para cualquier otro canal de mayor velocidad.

### 1.6.6.2

**Canal D:** se utilizan para enviar información de control de la RDSI, para hacer una llamada o para colgar, también es llamado *canal de señalización*.

**1.6.6.3 Canal H:** producto de la combinación de los canales B y también transportan datos de usuario pero a velocidades superiores ideales para audio y video de alta calidad.

Hay varios tipos de canales H: [7]

- Canales H0, que trabajan a 384Kbps (6 canales B).
- Canales H10, que trabajan a 1472Kbps (23 canales B).
- Canales H11, que trabajan a 1536Kbps (24 canales B).
- Canales H12, que trabajan a 1920Kbps (30 canales B).

El acceso básico cuenta con 30 canales B y 2 canales D.

### 1.6.7 Tipos de servicio o modos de acceso

Se puede dividir el servicio de RDSI por su ancho de banda de la siguiente manera:

**a) RDSI de banda estrecha:** los Accesos de usuario permiten la comunicación a velocidades de 64 Kbps, o agrupaciones de esta velocidad. Por su estructura de transmisión y conmutación pueden enviarse datos de forma secreta y la información no sufre atenuación con la distancia y por lo tanto tiene el menor número de errores.

**b) RDSI de banda ancha:** trabaja a una velocidad mínima de 2Mbps y una máxima de 100Mbps. Para lograr esas características, la RDSI de banda ancha hace uso de la tecnología de redes ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Las comunicaciones hoy en día se configuran como un conjunto de redes separadas:

- Red X.25 para datos.
- Redes de conmutación de circuitos para voz y datos.
- Redes para transmisión de la señal de TV.
- Redes de área local (LAN).
- Redes metropolitanas (MAN).

Es evidente que no existe una red universal donde podamos conectar indistintamente el teléfono, los terminales X.25, ni por supuesto un receptor de TV. Cada uno de estos dispositivos requiere un tipo específico de servicio, contratado, instalado y gestionado por separado. La RDSI pretende ser la gran integradora de los servicios que hasta ahora proporcionaban las compañías telefónicas: desde la red conmutada para voz, redes de paquetes, hasta los enlaces digitales punto a punto, pasando por la mayoría de redes especializadas en dar un solo servicio. [8]

La integración de las LAN (Local Area Network) y circuitos de TV quedan como objetivo para una futura RDSI en banda ancha. En principio, la RDSI convivirá y permitirá la conectividad con el resto de redes públicas, aunque éstas progresivamente irán siendo integradas o sustituidas por la RDSI hasta llegar a constituirse en red única.

Para permitir la interconexión de las terminales actuales, que no soportan de forma nativa protocolos RDSI, se han diseñado los denominados Adaptadores de Terminal (TA). Los TA garantizan de esta forma la conexión de la mayoría de recursos de comunicaciones existentes sin necesidad de cambios notables.

Especial énfasis están poniendo las compañías operadoras en captar el máximo número de usuarios en datos, ya que es el sector de mayor crecimiento. Un reciente estudio indica que la red telefónica en voz tiene un crecimiento anual en estimado entre el 2% y el 5%, mientras que la demanda para datos se estima entre el 20% y el 30%. [19] A pesar de que se habla mucho de los nuevos usuarios residenciales y sus aplicaciones típicas como vídeo bajo demanda y otros, lo cierto es que las fuerzas que van a mover la banda ancha en los próximos años van a ser la industria y el gobierno.

#### **1.6.8 Configuración de referencia para RDSI de banda estrecha**

La configuración de referencia del acceso usuario-red está basada en dos elementos:

- a) Grupos funcionales o los modelos de los terminales.
- b) Puntos de referencia o interfaces de comunicación de los terminales.

#### **1.6.9 Diferentes tipos de servicios [14]**

1) **Acceso básico o BRI (Basic Rate Interface):** se encarga de satisfacer las necesidades de los usuarios considerados individualmente. Emplea dos canales B y un canal D de 16Kbps multiplexados a través de la línea telefónica obteniendo una velocidad total de 144Kbps.

2) **Acceso primario o PRI (Primary Rate Interface):** es empleado por empresas cuyos servicios son de gran demanda. Existen dos velocidades empleadas según el lugar, en Estados Unidos tiene 23 canales B y un canal D de 64Kbps, con una velocidad global de 1536Kbps, mientras que en Europa hay 23 canales B y un canal D de 64Kbps, alcanzando una velocidad final de 1536Kbps.

Evidentemente, las comunicaciones vía RDSI, han de convivir con las actuales líneas, por lo que es perfectamente posible establecer una llamada, por ejemplo, entre un teléfono RDSI y un teléfono analógico o viceversa, del mismo modo que es posible comunicar, vía RDSI, con X.25 o redes tipo Frame Relay. [10]

La información en los canales tipo B, operando en modo de conmutación de circuitos, una vez que ha sido establecida la llamada, se transmite de un modo totalmente transparente, lo que permite emplear cualquier conjunto de protocolos como TCP/IP, etc.

El canal de control de la llamada, o canal D, también denominado de señalización, permite, como su nombre indica, el establecimiento, monitorización y control de la conexión RDSI, y es el responsable de generar incluso los timbres de llamada. Está definido por la recomendación CCITT Q.931 (I.451), aunque en la actualidad, algunos países siguen normas propietarias. La señalización dentro de la red se realiza mediante la norma SS#7 (Signalling System Number 7) del CCITT, la misma empleada para la operación sobre líneas analógicas.

Los canales tipos B y D se agrupan, a su vez, en diferentes tipos o grupos, según el siguiente esquema:

| <b>Tipo</b>    | <b>Función</b>                                                                     | <b>Velocidad</b>                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| B              | Servicios básicos                                                                  | 64 Kbps.                                          |
| D              | Señalización                                                                       | 16 Kbps. (BRI)<br>64 Kbps. (PRI)                  |
| H <sub>0</sub> | 6 canales B                                                                        | 384 Kbps. (PRI)                                   |
| H <sub>1</sub> | todos los canales H <sub>0</sub><br>H <sub>11</sub> (24B)<br>H <sub>12</sub> (30B) | 1.536 Kbps. (PRI)<br>1.920 Kbps. (PRI)            |
| H <sub>2</sub> | RDSI de banda ancha<br>H <sub>21</sub><br>H <sub>22</sub>                          | (propuesta actual)<br>32.768 Kbps.<br>43-45 Mbps. |
| H <sub>4</sub> | RDSI de banda ancha                                                                | 132-138,240 Mbps.                                 |

Tabla 1.1 Diferentes tipos de canales.

Por tanto, las interfaces BRI y PRI tienen la siguiente estructura:

| <b>Interfaz</b> | <b>Estructura</b> | <b>Velocidad total</b> | <b>Velocidad disponible</b> |
|-----------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| BRI             | 2B + D16          | 192 Kbps.              | 144 Kbps.                   |
| PRI             | 23B + D64         | 1.544 Kbps.            | 1.536 Kbps.                 |
|                 | 30B + D64         | 2.048 Kbps.            | 1.984 Kbps.                 |

Tabla 1.2 Estructura de las interfaces BRI y PRI

#### 1.6.10 Agrupaciones Funcionales

RDSI está definida por agrupaciones funcionales los cuales son equipos con una función anteriormente definida y de manera concreta, además, cuenta con puntos de referencia o interfaces en los que presenta

características de transmisión o conmutación determinadas. Estos grupos son elementos del cliente o de la central.

Para tener una visualización mejor de estos equipos se presenta el siguiente diagrama esquemático cuyos elementos se describirán posteriormente:

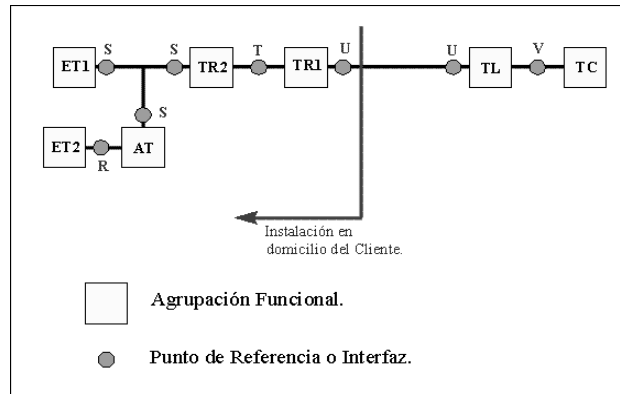


Figura 1.9 Agrupaciones Funcionales.

*TC (Terminación de Central)* está ubicada en la Central de Conmutación y es la encargada del mantenimiento del Acceso de Usuario conectando los canales, permitiendo la señalización del usuario y el envío de información en modo paquete

*TL (Terminación de Línea):* Localizada en la Central, se encarga de la transmisión, convierte el código binario al código de línea, controla la sincronización del Acceso.

*TR1 (Terminación de Red n° 1):* es el primer elemento en el domicilio del cliente, permite la sincronización con los equipos conectados después de éste, controla la conexión con la central, adecua las señales de la línea a códigos adecuados para la conexión de los equipo, permite la verificación a distancia y evalúa la calidad del enlace.

*TR2 (Terminación de Red n° 2)* se dedica al control en la instalación del cliente mediante el tratamiento de la señalización, multiplexación de canales de información, la concentración de tráfico y mantenimiento de la instalación del usuario.

*ET1 (Equipo Terminal n° 1)*, es el Equipo Terminal RDSI, adecuado para la señalización en modo paquete y la gestión de canales de información como los teléfonos RDSI, equipos de videotelefonía o tarjetas de PC entre otros.

*AT (Adaptador de Terminales)* es un equipo RDSI adapta interfaces, convierte las señales de otros equipos no RDSI a señales adecuadas al interfaz correspondiente.

*ET2 (Equipos Terminales n° 2)* son equipos no RDSI que pueden conectarse mediante un interfaz no normalizado por RDSI a la Red como el fax, teléfonos analógicos o el propio módem.

#### **1.6.11 Puntos de referencia**

Los *puntos de referencia* son interfases entre las agrupaciones funcionales y se mencionan a continuación: [8]

*S* : Es el punto de conexión físico de los equipos terminales con la red RDSI, además define la estructura de la trama, así como la sincronización, determina las características de la transmisión y gestiona el canal D.

*R*: Es un punto de conexión no RDSI, es decir, que no está normalizado y por lo tanto no pertenece al equipo con el que trabaja esta red y precisa de un AT (equipo de transferencia asíncrona) para que el equipo se conecte al Acceso.

**V:** Es la separación entre el equipo de conmutación y transmisión en la Central RDSI. Se trata de un interfaz virtual (inaccesible) ya que TL y TC (la terminación de la central y la terminación de línea) están unidas en la Línea de la Central Pública.

**U:** Se refiere a las características de transmisión en la línea de transmisión, especifica el formato de la trama, los códigos, niveles de señal, las perturbaciones permitidas (atenuación, ruido). Brinda al TR1 (terminación de la red) la posibilidad sincronización, la activación, y sirve de transporte al acceso definiendo la línea de transmisión.

**T:** Se define como la separación entre la transmisión de línea TR1 y la transmisión en el usuario y en algunos casos puede coincidir con S.

En la siguiente ilustración se podrá apreciar de mejor manera cada uno de los elementos que se mencionaron anteriormente, el cual, nos permite identificar exactamente y de manera real los componentes que se emplean en la red visualizando cada elemento por lo que podemos a su vez saber su nombre convencional.

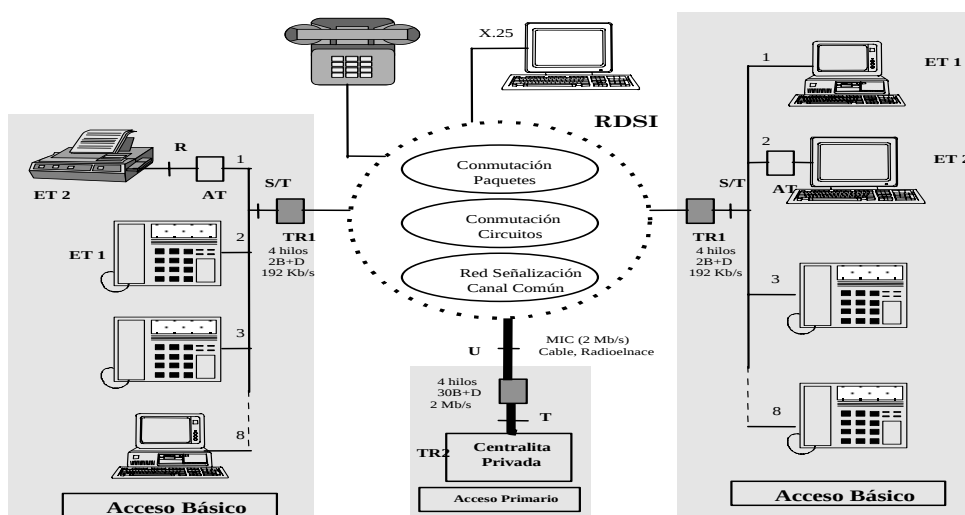


Figura 1.10 Componentes que se ocupan en la red.

Al estándar RDSI se le denomina nx64, es decir que los distintos tipos de líneas RDSI, están formados por n canales B de 64 Kbs., más un canal D, cuya anchura de banda estará en función del número de canales B que tenga una determinada línea o acceso (las líneas RDSI son denominadas accesos).

El estándar aceptado por el Organismo Europeo de las Telecomunicaciones denominado EURORDSI o EUROISDN contempla otros tipos de Línea o accesos RDSI, actualmente en el mercado español, la oferta se limita a dos tipos de Líneas o Accesos: el *acceso básico* (2B+D) y el *acceso primario* (30B+D).

#### 1.6.12 El interfaz U

Anteriormente se había hablado de las interfaces de RDSI de una manera muy general, pero no se había mencionado que el interfaz U juega un papel muy importante dentro de la red.

La compañía telefónica que provee el servicio BRI brinda un interfaz de U que contiene dos hilos del interruptor del teléfono, el mismo interfaz físico tiene un solo par proporcionado para las líneas de los POTES (Servicio telefónico tradicional) y permite la transferencia de datos full-duplex (transmisión de la información en ambos sentidos) sobre un solo par de alambres, limitando a un dispositivo conectarse a esta interfaz. Este dispositivo es denominado terminación de red 1 (NT-1).

El NT-1 es un elemento que convierte el interfaz de dos hilos de U en el *interfaz de 4 hilos S/T*. El interfaz de S/T apoya los dispositivos múltiples permitiendo la conexión de hasta 7 dispositivos, existiendo ahora un par de alambres para recibir datos y otros dos para transmitir.

Los dispositivos de la RDSI deben pasar a través de un dispositivo de la terminación de red 2 (NT-2), que convierte el interfaz de T en el interfaz de S siendo éstos eléctricamente equivalentes. El NT-2 dirige el tráfico hacia y desde distintos dispositivos del suscriptor y el NT1, realizando la conmutación y la concentración.

El interfaz de U conecta el interruptor con el equipo de las premisas del cliente. Esta conexión local del lazo se llama *Line Termination* (LT función del TENIENTE). La conexión a otros interruptores dentro de la red de teléfono se llama *terminación del intercambio* (ET función). Las funciones del TENIENTE y ET se comunican vía el interfaz de V.

A continuación se presenta un diagrama a bloques sobre la conexión de las interfaces y los elementos antes mencionados:

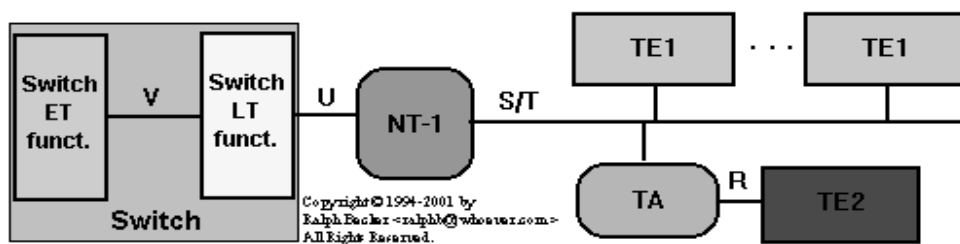


Figura 1.11 Conexión de las interfaces

### 1.6.13 Acceso básico 2B+D

El **acceso básico**, también denominado T0 O BRI, está compuesto por 2 Canales B de 64 Kbs para voz o datos y un canal D de 16 Kbs para hacer una llamada y otros tipos de señalización entre los dispositivos de la red. Permite una conexión hasta de ocho equipos terminales (aparatos telefónicos, computadores personales, módems, routers, equipos de videoconferencia, etc.), cada uno identificado con su propio número telefónico, y podrá establecer dos comunicaciones simultáneas, una por cada canal B.

Se denomina 2B+D, o I.420, que define el acceso básico. El conjunto proporciona 144 Kbps. A continuación se muestra mediante el siguiente elemento la estructura de este acceso con los puntos de referencia y las agrupaciones funcionales.

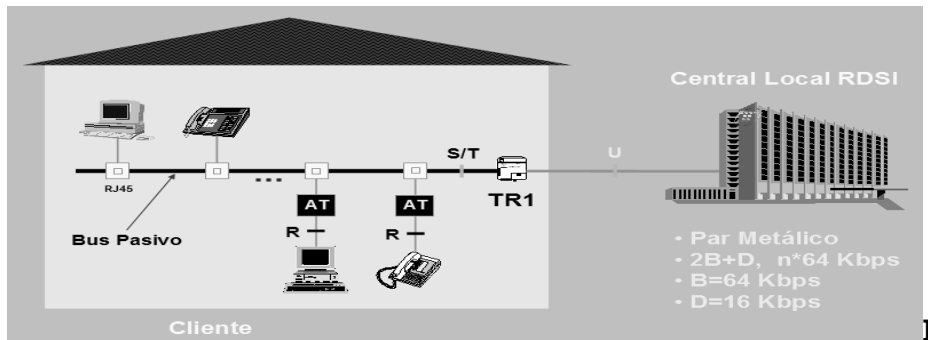


Figura 1.12 Estructura del acceso 2B+D

#### 1.6.14 Tipos de configuración de acceso básico

Hay tres tipos de configuración del acceso básico de acuerdo a la configuración del cableado:

a) *Bus pasivo corto*: en esta configuración se trabaja con un cable que puede medir hasta 200m, sobre el que se pueden instalar hasta 10 rosetas colocadas de manera aleatoria en las se puede tener colocado un máximo de 8 terminales.

Existen dos modalidades de esta configuración: en la más común, la TR1 está en un extremo del bus que se extenderá hasta 200m hasta finalizar en una roseta que a su vez tendrá una resistencia en la terminación. La otra posibilidad consiste en ubicar la TR1 en un punto intermedio del bus estableciendo dos ramas, sin exceder los 200m. En este caso, la distancia entre los extremos del bus podrá ser de hasta 400m y en ambos extremos habrá una resistencia de terminación. Cabe aclarar que no se permiten configuraciones con más de dos ramas.

*b) Bus pasivo extendido:* Si 200m no son suficientes para cubrir la distancia desde la TR1 hasta donde se encuentran los terminales, se puede instalar este tipo de bus ya que gracias a él se alcanzan hasta 500m. Sin embargo, en este caso sólo se permite la conexión simultánea de un máximo de 4 terminales que, además, deberán de encontrarse agrupados en los últimos 50m del bus. Presenta una sola rama con resistencia de terminación en su extremo. Como conclusión se gana alcance pero se pierde flexibilidad al tener menos terminales y al no poderse conectar en cualquier punto del bus.

*c) Bus largo:* es denominado así porque alcanza los 1000m. tiene una sola rama con resistencia de terminación en su extremo y sólo se puede conectar un único terminal. Por soportar una única terminal, se conoce también esta topología como bus punto a punto. [17]

#### **1.6.15 Acceso primario 30B+D**

El acceso primario (PRI), es también conocido como T2, está compuesto por 30 canales B de 64 Kbs para voz y datos y un canal D de 64 Kbs para la realización de la llamada y la señalización de los equipos dentro de la red. Este tipo de acceso permite mantener hasta 30 comunicaciones simultáneas de voz y/o datos [17].

Además la RDSI dispone de una gran variedad de servicios suplementarios, que personalizan sus comunicaciones.

El acceso primario se referencia como 30B+D o I.421 que proporciona 1984 Kbps. En algunos países como en Estados Unidos existen 23 canales tipo B, por lo que se denomina 23B+D. El total corresponde a 1536 Kbps. [10]

#### **1.6.16 Central de conmutación digital.**

Se encarga de llevar a cabo la conexión por conmutación digital de circuitos a 64 Kbit/s, soporta el sistema de señalización por canal común, además, da soporte a facilidades adicionales y servicios de valor añadido, tanto para los usuarios o para la explotación de la red.

#### **1.6.17 Acceso de usuario.**

Constituye el elemento diferenciador entre la RDI y la RDSI, al permitir extender la conectividad digital hasta el terminal de usuario mediante unas configuraciones normalizadas. Incluye las instalaciones interiores propias del usuario así como el bucle del abonado (conexión con la central local).

#### **1.6.18 Estructura del acceso de usuario de la RDSI**

En el acceso de usuario pueden distinguirse dos partes principales:

- a) *Instalación interior de usuario*: formada por los equipos terminales de usuario y por una red interna que los terminales a la línea de transmisión digital. Estas instalaciones de usuario contienen, equipos de conmutación local como y centrales digitales.
- b) *Red local*: formada por los sistemas de transmisión digital entre la instalación de usuario y la central local y pueden a llegar a contener multiplexores.

#### **1.6.19 Conmutación Digital**

Conmutación: es el proceso que consistente en la interconexión de unidades funcionales, canales de transmisión o circuitos de telecomunicación por el tiempo necesario para transportar señales. También está definido como el conjunto de técnicas y procedimientos que permiten que un abonado pueda conectarse con cualquier otro. [10]

Conmutación digital o digital switching: Es el proceso de establecer y mantener una comunicación, en la que la información digital se encamina de la entrada a la salida.

Existen dos modos de conmutación digital:

a) *Conmutación espacial*: conecta todos los intervalos de tiempo de entrada (por ejemplo el número 4) con todos los intervalos de salida número 4. La conexión a través del conmutador solamente se mantiene mientras dura el intervalo.

b) *Conmutación por división en el tiempo*: separa las señales PCM (Modulación por Codificación de Pulsos) individuales y las conmuta a través de una facilidad de intercambio de intervalo (TSI). El TSI puede ser un conmutador no bloqueable, en el que hay tantos intervalos de entrada como de salida. Un canal puede conmutarse desde la posición temporal x en una trama de entrada a una posición temporal y en una trama de salida.

La conmutación digital ha encontrado su lugar en la industria de las centrales de conmutación privadas (PBX), y ha resuelto uno de los principales impedimentos que limitaban el empleo de estos equipos para la conmutación de datos. [7]

#### **1.6.20 Modelo de capas de RDSI**

La RDSI se integra en el esquema de capas OSI (Open Systems Interconnection), en el que cada nivel realiza un subconjunto de las funciones requeridas para la comunicación, cuyo esquema de funcionamiento es el siguiente: [11]

1. Nivel Físico: Realiza la transmisión de cadenas de bits, sin ninguna estructuración adicional, a través del medio físico. Tiene que ver con las características mecánicas, eléctricas, funcionales y los procedimientos para el acceso al medio físico.
2. Nivel de enlace: Se encarga de la transferencia fiable de información a través del enlace físico, enviando los bloques de datos (tramas o frames), con la sincronización, control de errores y control de flujo necesarios.
3. Nivel de red: Proporciona a los niveles superiores la independencia de la transmisión de los datos y de las tecnologías de conmutación empleadas para la conexión de los sistemas. Es responsable de establecer, mantener y terminar las conexiones.
4. Nivel de transporte: Proporciona la transferencia de datos fiable y transparente entre dos puntos. Facilita la corrección de errores y el control de flujo entre dichos puntos.
5. Nivel de sesión: Facilita las estructuras de control para la comunicación entre aplicaciones. Establece, dirige y termina las conexiones (sesiones) entre aplicaciones que se comunican.
6. Nivel de presentación: Proporciona independencia a los procesos de aplicación respecto de las diferencias de representación de los datos (formatos, sintaxis, etc).
7. Nivel de aplicación: Suministra el acceso al entorno OSI por parte de los usuarios y proporciona los servicios de información distribuida.

Las funciones del nivel físico incluyen:

- Codificación de los datos a ser transmitidos.

- Transmisión de datos en modo full duplex, a través del canal B.
- Transmisión de datos en modo full duplex, a través del canal D.
- Multiplexado de los canales para formar la estructura BRI o PRI.
- Activación y desactivación de los circuitos físicos.
- Alimentación del terminador de la red al dispositivo terminal.
- Identificación del terminal.
- Aislamiento de terminales defectuosos.
- Gestión de accesos al canal D.

El enlace de los canales se produce a través del procedimiento LAP-B (Link Access Procedure Balanced).

El protocolo LAP-B es un subconjunto del protocolo HDLC (High-level Data Link Control), que puede proporcionar la conexión entre el usuario y la red a través de un enlace simple, por ejemplo en un canal B.

Asimismo, el protocolo LAP-D, derivado del anterior, proporciona una o más conexiones sobre un mismo canal (D), y por tanto permite cumplir con los requerimientos de señalización para múltiples canales B, asociados a un único canal D. La funcionalidad del protocolo LAP-D permite: [12]

- Mensajes a un único o múltiples (broadcast) destinatarios.
- En caso de un único destinatario, se garantiza que no hay pérdida de ningún mensaje, así como su transmisión libre de errores, en la secuencia en que son originados.
- En caso de mensajes tipo "broadcast", LAP-D garantiza la transmisión libre de errores en la secuencia original, pero si hay errores durante la transmisión, los mensajes se pierden.

- LAP-D proporciona direccionamiento y chequeo de errores en la capa 2, mediante una secuencia de verificación de tramas (FCS o Frame Check Sequence). [11]

El SAPI o identificador de punto de acceso al servicio (Service Access Point Identifier), mantiene aparte la información de las diferentes formas del canal D. SAPI 0 es para indicar información de señalización; SAPI 1 es para conexiones de paquetes de datos, empleando el protocolo RDSI de la CCITT Q.931; SAPI 16 es para paquetes de datos según las recomendaciones X.25 (nivel 3), y SAPI 63 se emplea para la información de gestión de LAP-D. Las otras posibilidades están reservadas para usos futuros.

El TEI o identificador de terminal (Terminal Endpoint Identifier), es la segunda parte de la dirección LAP-D, y permite que sean identificados diferentes dispositivos en un determinado grupo. Esta dirección es empleado sólo en el canal D, y no debe de ser confundida con ninguna dirección de la capa 3, que corresponden a la red (por ejemplo, una dirección X.25).

ISDN no abarca los canales B, sino que únicamente envuelve la capa física, la capa de enlace LAP-B, y la capa de red que cubre las entidades S, P y T.

#### **1.6.21 La interfaz física**

Se refiere a la conexión mediante dos pares entre de el Equipo terminal (TE) del usuario y la terminal de red (NT), y otra conexión mediante otro par de conductores entre el NT y la red. Se utiliza el canal de ECO (también conocido como canal E que no es otra cosa más que un circuito de conmutación que trabaja a 64kbps), para eliminar las colisiones dentro del Bus pasivo por medio de la técnica CSMA / CR (Acceso Múltiple con Escucha de portadora y Resolución de Colisiones), esta técnica permite que a través del canal D, se devuelva parte de la

información recibida como ECO, si más de dos TE que intentan transmitir a la vez, los bits del canal ECO que responderán a las solicitudes de transmisión de los TE elaborando un orden en la transmisión y al equipo que quede autorizado continuará transmitiendo, y al que no, se dejará de hacer.

### **1.6.22 La capa de enlace.**

Este nivel trabaja con el protocolo LAP - D de la familia HDLC (Control de Enlace de Datos de Alto Nivel) que es un protocolo síncrono de alto rendimiento que especifica un método de encapsulamiento de datos que utiliza caracteres de trama y sumas de comprobación. [14]

*LAP - D* brinda una conexión multipunto hasta de 8 aparatos RDSI sobre el bus pasivo e implementa la trama de información no numerada del campo de control.

*FLAG*: Permite identificar el inicio y fin de la trama.

*C/R*: Significa Comando / Respuesta y permite saber si se trata de un sondeo, una selección, o si continúan o finalizan las repuestas.

*EA*: Es una extensión de la dirección, si es 0, continúa el campo de direcciones, si es 1 finaliza.

*TEI*: Es el identificador del equipo termina y permite multiplexar un máximo de 8 terminales en el bus pasivo.

*SAPI (Service Access Point Identifier)*: mejor conocido como identificador de usuario, permite saber a que servicio de nivel superior se accederá.

*Control*: Permite diferenciar los tres tipos de trama de HDLC que pueden ser información, supervisión y no numerada, con sus respectivos campos cada una.

*FCS (Frame control sequence)*: emplea el CRC (Control de Redundancia Cíclica) 16 de toda la trama.

Los modos de operación de LAP-D permiten realizar el reconocimiento de la correcta recepción (acknowledge mode) de tramas múltiples en el caso de un único destinatario, o bien no realizarlo (unacknowledge mode) en caso de mensajes tipo broadcast.

Se pueden establecer 3 tipos básico de conexiones RDSI: [11]

- Llamadas de conmutación de circuitos a través del canal B: en las que la preparación se realiza a través del canal D.
- Llamadas de conmutación de paquetes a través del canal B: en las que la preparación se realiza a través del canal D, para la conexión de conmutación de circuitos a un nodo de conmutación de paquetes (de la operadora o privado).
- Llamadas de conmutación de paquetes a través del canal D: en las que el tráfico de paquetes es multiplexado con las señales de control en la capa de enlace (internetworking con canales B).
- La señalización del canal D, realiza las siguientes funciones:
- Verificación de compatibilidad: asegura que sólo reaccionen a una llamada aquellos equipos compatibles en una línea RDSI.
- Subdireccionamiento.
- Presentación de números.
- Establecimiento de la llamada.
- Selección del tipo de conexión (conmutación de paquetes o de circuitos).
- Generación de corrientes y tonos de llamada.
- Señalización usuario a usuario (de forma transparente a la red).
- Soporte de facilidades y servicios adicionales.

Los mensajes empleados para la señalización son:

- SETUP: para iniciar una llamada.
- ALERTING: para indicar el inicio de la fase de generación del tono.
- CONNECT: para señalar el comienzo de la conexión.
- CONNECT ACKNOWLEDGE: reconocimiento local del mensaje de conexión.
- DISCONNECT: enviado por el terminal cuando va a colgar.
- RELEASE: respuesta a un mensaje de desconexión, iniciando la misma.
- RELEASE COMPLETE: reconocimiento local del mensaje de desconexión, confirmando la liberación correcta de la llamada.
- CALL PROCEEDING: enviada por la central a un terminal intentando establecer una llamada una vez ha sido analizado el número llamado.
- SETUP ACKNOWLEDGEMENT: confirmación por la central, de la recepción del mensaje de SETUP, en caso de precisarse de información adicional para completar la llamada.
- USER INFORMATION: para la señalización usuario a usuario.
- INFORMATION: empleado por el terminal para enviar información adicional a la central en cualquier momento, durante una llamada.
- NOTIFY: usado por la central para enviar información a un terminal, en cualquier momento, durante una llamada.

Los elementos importantes, durante el envío de los mensajes de señalización, son:

- Número llamado, incluido en SETUP.
- Subdirección llamada, usada durante la llamada para seleccionar un equipo determinado.
- Número y subdirección del iniciador de la llamada, empleados en SETUP para identificar el origen de la llamada.

- BC (Bearer Capability): empleado durante SETUP, para seleccionar el tipo de conexión.
- HLC (High Layer Compatibility): empleado en SETUP por el equipo originario de la llamada, para identificar el servicio requerido y verificado por el equipo llamado para comprobar su compatibilidad.
- LLC (Low Layer Compatibility): empleado en SETUP por el equipo originario para especificar como ha sido codificada la información para el servicio.
- Número y subdirección conectadas, enviado al originario de la llamada para identificar al equipo con el que realmente se ha establecido la conexión.
- Indicador de situación: empleado para describir el estado de la conexión o para indicar el acceso al canal B, aún no habiendo sido completada la llamada.
- Visualización: utilizado en NOTIFY para proporcionar un mensaje en la pantalla de un terminal RDSI.
- Facilidades de teclado: empleados para introducir información adicional desde un teclado del terminal, una vez que han sido introducidos los datos relativos al número y subdirección del terminal llamado.
- Información usuario a usuario.

[9]

Podemos definir una conexión RDSI según el siguiente diagrama:

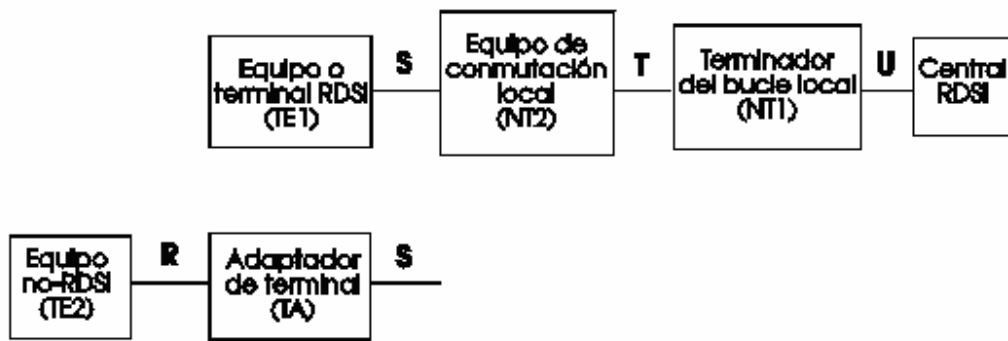


Figura 1.13 Conexión RDSI

El módulo NT1 es el que proporciona la terminación física y electromagnética de la red, aislando al usuario de la compañía suministradora, permitiendo una adecuada monitorización y mantenimiento.

El módulo NT2 realiza, si existe, la conmutación local y el enrutado, en casos de redes locales y centrales digitales.

Pueden existir equipos NT12, en el caso de que se integren físicamente los equipos de terminación con los de conmutación, por ejemplo en casos de centralitas digitales suministradas por la propia compañía proveedora de los servicios RDSI.

Los equipos TE1 son aquellos que cumplen con las especificaciones RDSI, y que por tanto están diseñados para su conexión directa a dichas líneas.

Por el contrario, los equipos TE2, que no están preparados para su conexión directa a la RDSI, precisan de adaptadores de terminal (TA), que realizan la necesaria adaptación de señales y protocolos, desde interfaces como RS-232, V.35 e incluso de teléfonos normales.

Dado que muchos dispositivos de comunicación actuales operan a velocidades inferiores a los 64 Kbps., es necesario realizar una

adaptación a dicha velocidad, que es la empleada por el canal B. Para ello se pueden emplean dos procedimientos:

1. Adaptación V.110 (para datos asíncronos), norma ETSI europea:

- En caso de flujos de 1 sólo bit, se usan 1, 2 o 4 bits por octeto y se completa el resto.
- En caso de flujos de múltiples bits, se realiza un interleaving en cada octeto y se completa si es necesario.

2. Adaptación V.120, norma US:

- Los datos con velocidades inferiores son convertidos a un formato HDLC y transmitidos usando un protocolo similar a LAP-D.
- El adaptador espera hasta que haya suficientes datos de baja velocidad, para crear una trama y transmitirla a 64 Kbps. Si no hay datos disponibles, se completa.
- A diferencia de V.110, V.120 proporciona control de flujo y recuperación de errores.

En el punto "U", los datos son transmitidos a través de un par telefónico, en modo full duplex a 144 Kbps. (BRI).

La conexión física RDSI se realiza a través de un conector tipo RJ-45, de 8 pines, y el zócalo correspondiente, en un bus pasivo que permite la conexión simultánea de hasta 8 dispositivos BRI que deben lograr el control sobre el uso de los canales B.

De los 4 pares de hilos, 2 hilos se utilizan para transmisión y dos para recepción; los pares libres pueden ser usados para alimentar al NT2, si así lo requiere.

En el caso de accesos primarios, se emplea un conector BNC, según la interfaz G.703. [13]

La trama BRI es una trama repetitiva de 48 bits, que contiene 16 bits para cada canal B, 4 para el canal D, y 12 bits para alineación de los datos (framing). Es lo que se denomina multiplexación de varios canales de datos por división en el tiempo (TDM o Time Division Multiplexing), en un solo canal físico. Se emplea un esquema similar en el caso de PRI.

Las ventajas de utilizar un canal para señalización (D), separado de los de datos (B), son:

- Señalización y control para varios canales.
- Menor tiempo de respuesta, y por tanto rapidez en llamada.
- Optimización de su utilización.
- Inmunidad frente a fallos en canales de datos.
- Posibilidad de introducir mejoras y nuevos servicios en la red.

Para la correcta distribución de los tiempos entre diferentes dispositivos conectados al mismo bus, se emplea un protocolo de gestión del canal D, según el siguiente esquema básico: [12]

1. El dispositivo que ha terminado de usar el bus, transmite bits "1" en el canal D, significando la ausencia de señales en la línea.
2. La red retransmite, en forma de eco, cada bit del canal D.
3. Antes de transmitir, un dispositivo "escucha" el eco hasta que sólo haya una serie de bits "1".
4. Para la detección de una colisión, el dispositivo compara los bits de eco con los de transmisión, y vuelve al estado de escucha si hay discrepancia.

5. Además, existe un mecanismo de prioridad, por el cual, la información de señalización siempre es prioritaria frente a los paquetes de datos y donde una estación comienza en un estado de "prioridad normal", y es reducido a "baja prioridad" una vez haya efectuado la transmisión, volviendo a "prioridad normal", sólo en el caso de que el resto de las estaciones hayan tenido ocasión de transmitir.

La conexión física al bus pasivo RDSI, se realiza situando unos terminadores de 100 Ohms en cada extremo del bus, que puede tener una distancia máxima de 1 Km. (configuración punto a punto). Si se desean conectar varios dispositivos (bus pasivo corto), la distancia máxima se reduce a 200 metros. En el caso del bus pasivo extendido, varios dispositivos, separados por un máximo de 50 metros, coexisten en un bus de una longitud máxima de 500 metros. Por último, la configuración en estrella permite dividir el bus en dos que siguen la misma norma que en la configuración punto a punto.

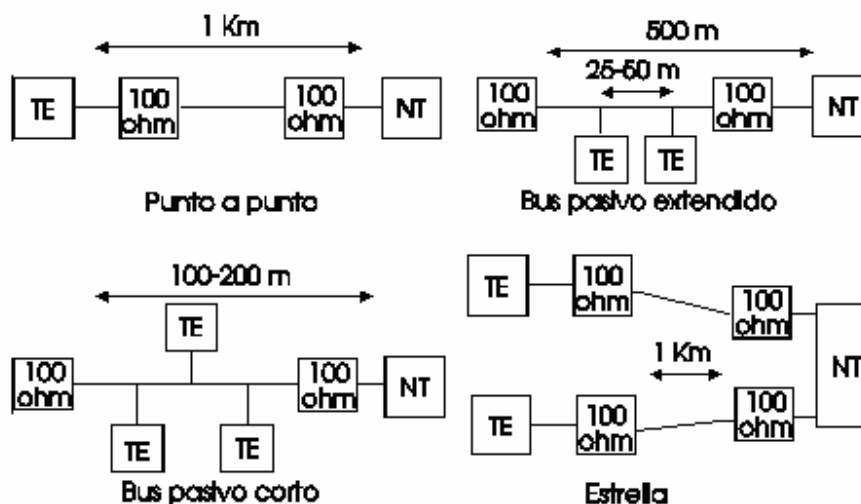


Figura 1.14 Configuraciones básicas de cableado.

La numeración RDSI sigue normas muy similares a la numeración telefónica a la que estamos habituados. Se refiere al punto "T" de conexión entre el bus pasivo y la red.

Sin embargo, y dado que pueden coexistir hasta 8 dispositivos en el bus pasivo, puede complementarse, bien, con 8 números para un mismo punto "T", cada uno de los cuales corresponde a un dispositivo, o bien con códigos adicionales que definen la "dirección" específica de cada dispositivo.

Para el envío de voz a través de la línea RDSI, se emplean procedimientos de codificación-decodificación (codec) de audio, por medio de modulación de códigos de pulsos (PCM).

### **1.6.23 Entidades**

*Entidad S:* exclusiva para la señalización.

*Entidad P:* empleada para paquetes.

*Entidad T:* se encarga de la telemetría.

A pesar de las diversas ventajas que presentaba RDSI en la velocidad y la calidad de las comunicaciones. Sin embargo, los altos precios de éste servicio fueron bastante elevados, por lo que se han creado nuevas tecnologías que permitan ofrecer lo mismo a mejor precio por medio de las soluciones xDSL entre las que destaca ADSL, que se describen en el próximo capítulo.

# CAPÍTULO 2

## TECNOLOGÍA XDSL

## Capítulo 2. Tecnología xDSL

Las compañías telefónicas desarrollaron como idea principal la *Digital Subscriber Line (DSL)* para la transmisión simultánea de voz y televisión para competir con las compañías de cable. Actualmente, la DSL ha evolucionado hasta convertirse en un grupo de tecnologías que proporciona acceso de alta velocidad para LAN e Internet a través de líneas telefónicas comunes, es decir, que trabajan con el par de cobre. Con la ventaja de eliminar los embotellamientos de banda, las conexiones lentas, las señales de ocupado y los accidentes en el tránsito de datos, reduciendo los costos y tiempos de instalación.

La DSL se basa en el procesamiento digital para aprovechar la infraestructura de cobre usada para brindar el servicio telefónico básico y crear lazos digitales remotos de alta velocidad en distancias de hasta 5,400 metros sin hacer conversiones de digital a analógico.

DSL usa una transmisión de datos punto a punto en forma digital a un amplio ancho de banda que puede variar entre 7 Mbps a 8 Mbps, lo cual hace que DSL tenga una importante ventaja sobre RDSI y los módems de 56 Kbps. La transmisión analógica ocupa una pequeña parte de la capacidad del alambre de cobre para transmitir información y su velocidad máxima es de 56 Kbps. [15]

Aunque el RDSI es un buen sistema para la transmisión de 64 Kbps a 2.048 Mbps su tecnología no puede manejar las demandas de aplicaciones que requieren gran ancho de banda. DSL permite conexiones más rápidas con grandes canales de datos y mayores anchos

de banda que permiten a la DSL manejar las demandas de aplicaciones que requieren gran ancho de banda como las videoconferencias.

El servicio DSL es brindado a cambio de una renta mensual, de modo que el costo mensual total será con frecuencia inferior a un servicio ISDN que debe ser pagada de acuerdo a su uso.

Como se analizó en el capítulo anterior existen varias tecnologías de acceso aunque algunos autores prefieren clasificarlos de esta otra forma:

- Par de cobre
- Par de cobre digital: RDSI y xDSL
- Cable coaxial: CATV.
- Radio terrena.
- Mobiles (radio): GSM, GPRS.
- Satélite: VSAT, DTH
- Red eléctrica: entrega de datos de comunicación a través de la red de distribución de energía que actualmente existe
- Fibra óptica: FTTx.

Si consideramos que el backbone es el núcleo estructural de la red, que conecta todos los componentes de manera que se pueda producir la comunicación, se puede representar las diversas tecnologías con los equipos terminales más comunes, en la siguiente figura se muestran las distintas tecnologías de acceso.

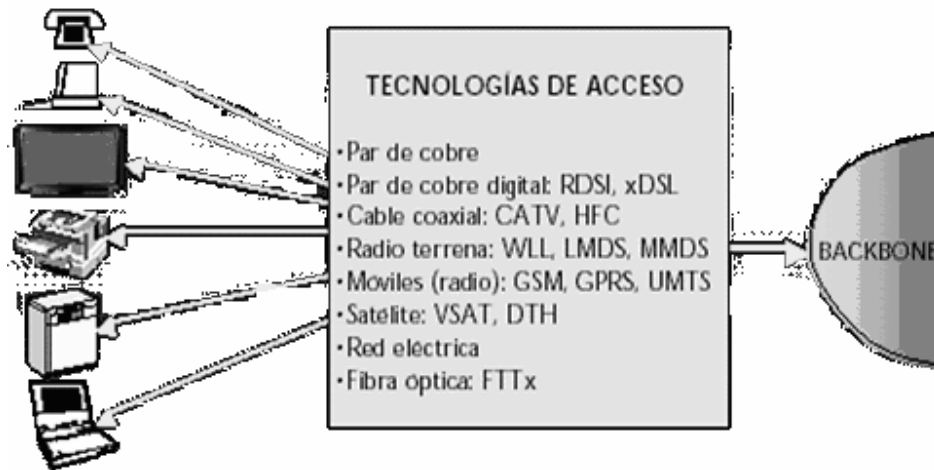


Figura 2.1 Tecnologías de acceso.

De acuerdo con las estadísticas realizadas en el 2002 por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) se obtuvieron los siguientes datos en los que se muestra mediante una gráfica la demanda en porcentaje de tecnologías usadas por las personas en los países más desarrollados en el mundo:

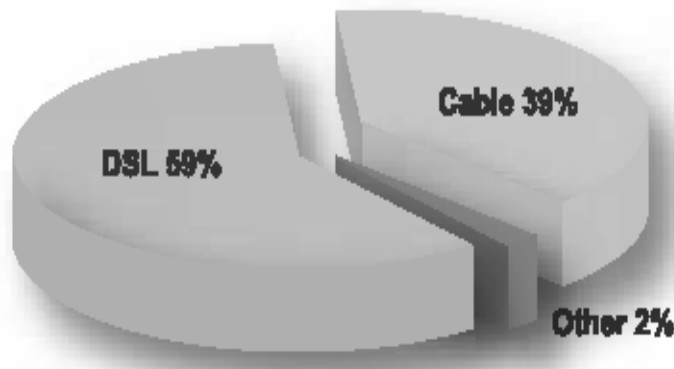


Figura 2.2 Demanda de las tecnologías usadas en el mundo.

La siguiente gráfica de barras nos indica hasta el 2002 los usuarios por continente expresada en millones de personas:

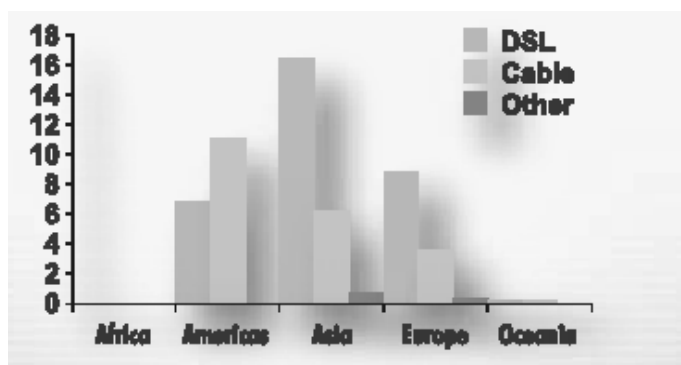


Figura 2.3 Usuarios por continente.

Por último se elaboró una gráfica que indica que el uso de la tecnología DSL por cada 100 habitantes en los países más industrializados en el mundo obteniendo como conclusión que esta red de banda ancha es más empleada.

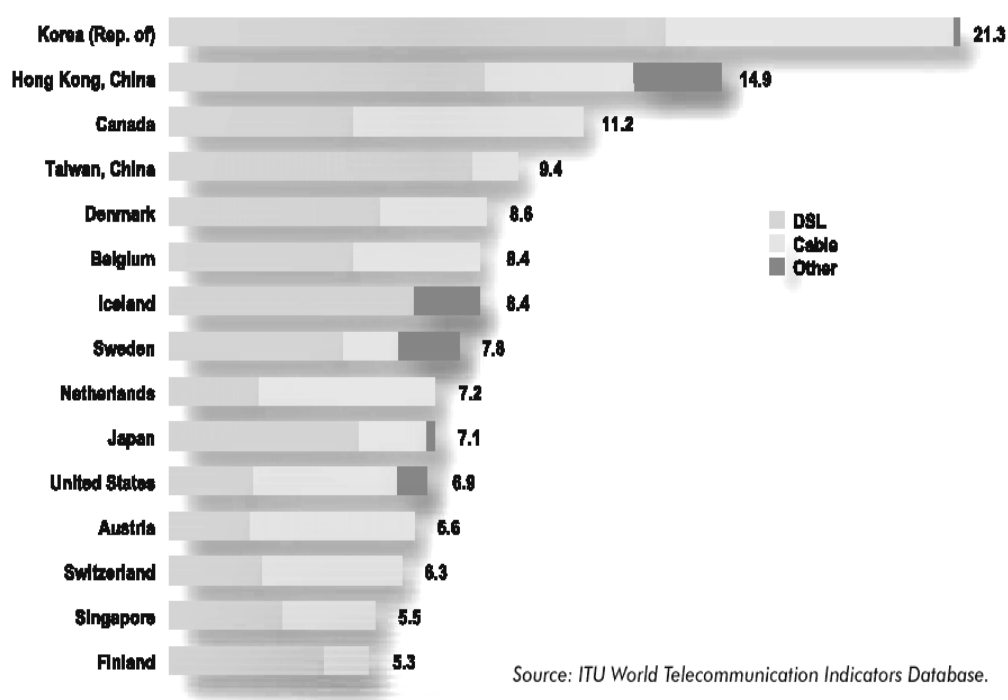


Figura 2.4 Uso de la tecnología DSL.

## 2.1 Terminología xDSL

Una vez que se ha analizado la RDSI corresponde el turno a xDSL.

xDSL es asignado de manera genérica para las diversas variedades de DSL (Digital Subscriber Line).

xDSL es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayores velocidades, que las que se obtienen actualmente vía modem, ya que es una tecnología Modem-Like donde debe existir un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre simplemente utilizando las líneas telefónicas convencionales (cobre) sin requerir amplificadores ni repetidores y que permiten la transmisión simétrica o asimétrica estos dispositivos aceptan flujo de datos, generalmente en formato digital, y lo sobrepone a una señal análoga de alta velocidad. [16]

A diferencia de RDSI esta red requiere de un módem en cada extremo del cable conductor para convertir la señal analógica en un formato digital y viceversa. Dado que el medio para la transmisión de información es por medio del par de cobre nos ofrece unas limitantes conforme aumenta la distancia, es por ello que se creó un estándar que indica que la distancia máxima para obtener una señal de buena calidad es de 6 km de la central telefónica dependiendo de los siguientes parámetros:

- Frecuencia empleada
- Señales del entorno (señales de otros conductores)
- La calidad de las líneas
- Distancia
- Calibre del cable
- Tipo de modulación

A pesar de que lo anterior parezca una desventaja estas tecnologías soportan varios canales sobre un único par de cables regularmente se

proporcionan tres canales: dos para datos (bajada y subida) y uno para voz. Para realizar este proceso.

Los datos pasan por un dispositivo, llamado *splitter* (divisor), que permite usar de forma simultánea el servicio telefónico básico y el xDSL. El splitter está formado por dos filtros, uno pasa-bandas y otro pasa-altas cuya finalidad es la de separar las señales transmitidas por el canal en señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (Telefónicas).

xDSL trabaja con configuraciones asimétricas o simétricas para obtener un mayor ancho de banda en uno o dos sentidos. Con los términos simétrico o asimétrico se refiere a las diferencias de distribución de ancho de banda.

Cuando se tiene un canal *simétrico* el canal de ancho de banda necesario o provisto es el mismo en las dos direcciones "upstream" si es del cliente a la red, y "downstream" si es de sentido red-cliente las aplicaciones *asimétricas* el ancho de banda son mayores en una dirección que en la otra, es decir para navegar en Internet el ancho de banda del cliente hasta su proveedor es muy pequeño ya que regularmente se envía información de control y basta tener disponibles algunos Kbps, caso contrario a lo que ocurre desde proveedor hasta el cliente, el ancho de banda requerido se podría expresar en Mbps.

A continuación se explicarán los canales:

- a) *Canal Downstream* (de bajada): se refiere a la transmisión de la central telefónica hasta el usuario, con el que se pueden alcanzar velocidades entre 1.544 Mbps y 6.3 Mbps.
- b) *Canal Upstream* (o subida): la transmisión es del usuario hasta la central telefónica, con velocidades que varían entre 16 Kbps y 640 kbps.

- c) *Canal telefónico*: Puede ser usado para el servicio tradicional telefónico, este canal es separado de los dos anteriores mediante el uso de filtros externos, y es alimentado por la central telefónica y trabaja a 4 Khz.

La Tecnología xDSL trabaja con formatos bajo los estándares, como lo son T1 (.1544 Mbps) y E1 (2.048 Mbps), lo que permite que esta red sea flexible para soportar formatos adicionales como por ejemplo 6 Mbps asimétricos para transmisión de alta velocidad de datos y video.

## 2.2 Objetivos específicos de xDSL

Existen varios objetivos de estas tecnologías, sin embargo los principales son los que a continuación se mencionan [14]:

- Usar los pares de cobre del servicio telefónico existentes para transmitir dos canales de 64kbps (canales B), que pueden ser utilizados para voz y datos en modo circuito, más un canal de 16kbps (canal D) para la transmisión de señalización o datos en modo paquete.
- Transmitir 2Mbps por planta de pares de acceso a abonados transportando 30 canales B de 64kbps y un canal D de 64kbps.
- Sustitución de la transmisión de línea clásica PCM (Pulse Code Modulation); evitando el uso de repetidores, al menos en la mayoría de los casos.
- Transmitir datos y voz simultáneamente dentro de la amplitud de la banda de 64 Kbps.
- Dividir efectivamente el espectro entre voz y datos en alambres telefónicos de cobre mediante algoritmos de codificación de línea avanzada.

- Dirigir el tráfico de voz a la red POTS y conectar el tráfico de datos a una infraestructura de datos existente.
- Brindar privacidad en el canal (línea telefónica) entre la central local y el usuario, a diferencia de otras redes rivales como las basadas en HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*) o satélite, donde el acceso es compartido.

En este tipo de tecnología existen diversas variantes, las cuales se diferencian por la manera en que el ancho de banda de transmisión es configurado y usado para brindar servicio a los clientes mismos que a continuación se presentarán:

- DSL (Digital Subscriber Line): Línea de Suscriptor Digital.
- HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line): Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto.
- S-HDSL (Single-Pair High-bit-rate Digital Subscriber Line): Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto 2.
- SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line): Línea de Suscriptor Digital simétrica.
- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line): Línea de Abonados Digital Asimétrica
- RADSL (Rate Adaptative Digital Subscriber Line): Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable.
- VDSL (Very High-bit-rate Digital Subscriber Line): Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta.

- CDSL (Consumer Digital Subscriber Line): Línea Digital de Abonado orientada al Consumidor.

A continuación se muestra una tabla con cada uno de los rangos de tasas de transmisión:

| Tipo de servicio | Proveedor-usuario<br>(descarga de datos) | Usuario-proveedor<br>(carga de datos) | Proveedor-usuario<br>(descarga de datos) | Usuario-proveedor<br>(carga de datos) |
|------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
| (ADSL)           | 1.5 Mbps                                 | 64 Kbps                               | 6 Mbps                                   | 640 Kbps                              |
| (CDSL)           | 1 Mbps                                   | 128 Kbps                              | 1 Mbps                                   | 128 Kbps                              |
| (RADSL)          | 1.544 Mbps                               | 1.544 Mbps                            | 1.544 Mbps                               | 1.544 Mbps                            |
| (ISDL)           | 128 Kbps                                 | 128 Kbps                              | 128 Kbps                                 | 128 Kbps                              |
| (RADSL)          | 1.5 Mbps                                 | 64 Kbps                               | 6 Mbps                                   | 640 Kbps                              |
| (SHDSL)          | No soporta                               | No soporta                            | 768 Kbps                                 | 768 Kbps                              |
| (SDSL)           | 1 Mbps                                   | 1 Mbps                                | 2 Mbps                                   | 2 Mbps                                |
| (VDSL)           | 51 Mbps                                  | 2.3 Mbps                              | 51 Mbps                                  | 2.3 Mbps                              |

Tabla 2.1 Rangos de transmisión.

Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores como por ejemplo:

- Longitud de la línea de Cobre.
- El calibre/diámetro del hilo.
- Existencia de derivaciones es decir que estén puenteadas.
- La interferencia de acoplamientos cruzados.

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo.

### **2.2.1 Servicios que se pueden ofrecer con un sistema de comunicación xDSL**

- Navegación Internet
- Intranet (Red de tipo Internet de uso privado).
- Video Conferencia
- Servicios Transparentes LAN para Clientes Corporativos
- Acceso Remoto LAN para Clientes Corporativos
- Educación a Distancia
- Video en Demanda / Televisión Interactiva
- Juegos Interactivos

### **2.3 Tipos de modulación/ Códigos de línea**

Dentro de todas las tecnologías xDSL a pesar de que cada una cuenta con sus propias características, todas tienen en común el uso de la modulación para obtener grandes velocidades.

Las tres técnicas de modulación usadas actualmente para xDSL son:

- 2B1Q
- CAP
- DMT (discrete multitone modulation)

2B1Q (*dos-binario, uno cuaternario*): es un tipo de codificación de línea, en la cual, pares de bits binarios son codificados y se convierten en un elemento de señal cuaternaria de 1 a 4 niveles para la transmisión (por tanto 2 binarios/1 cuaternario), donde la velocidad de modulación en la línea es la mitad de la velocidad binaria haciendo la transmisión más rápida [15].

Tanto CAP como DMT son considerados códigos de línea, los cuales determinan cómo serán enviados los 1 y los 0 de la señal digital. El código CAP emplea la modulación amplitud/ fase sin portadora y DMT usa la modulación por multitonos discretos, a pesar de que ambos realizan un buen papel trabajando con ADSL DMT es el estándar elegido por el ANS para ADSL (T1.413-1995) mientras que CAP sólo es brindada por la compañía Globespan Semiconductor (AT&T/ Paradyne) aunque también cuenta con otros distribuidores.

CAP (*Carrier-less amplitude modulation*): Esta modulación está basada en QAM (Modulación por Amplitud en Cuadratura) donde la información se encuentra tanto en la fase como en la amplitud. CAP es una implementación de QAM para xDSL y presenta un bajo costo debido a su simplicidad y con una velocidad de 1.544 Mbps.

A pesar de que la mayoría de los autores se refieren a CAP de manera casi igual a QAM, la mejor descripción de CAP es una QAM sin portadora (por no transferir información) o con portadora suprimida, lo cual permite a los expertos considerar a CAP como una versión mejorada de CAM.

QAM establece constelaciones basándose en dos valores de la señal recibida: amplitud y diferencia de fase. Cualquier punto determinado por una amplitud y una diferencia de fase determinada, representa una secuencia de bits concreta. Cuando se trata de CAP la constelación será de rotación libre (dado que no hay portadora que la fije en un valor determinado). Un elemento en el sistema CAP denominado función de rotación determina los puntos (es decir que determina los valores de bits).

CAP divide la señal modulada en segmentos los cuales se almacenan en una memoria y se elimina la señal portadora ya que no contiene información alguna de ahí el nombre *carrier-less*. La onda transmitida se genera después de que cada segmento pasa por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de  $\pi/2$ .

Cuando la señal es recibida se reensamblan cada uno de los segmentos y la portadora para obtener la señal modulada nuevamente dando como resultado un espectro muy semejante al de QAM, la ventaja de usar CAP y no QAM es que la primera es más eficiente al trabajar con señales digitales por no generar una onda modulada que envíe cambios de amplitud y fase.

Hay dos versiones de los códigos CAP (modulación de amplitud y de fase sin portadoras):

- Código 64 CAP trabaja con 64 constelaciones de señales que transportan, cada una, 6 bits y es usado para la transmisión en dos pares y transporta 5 bits por elemento de señal; la velocidad de modulación es  $1/5$  de la velocidad binaria.
- Código 128 CAP con 128 constelaciones de señales que transportan, cada una, 7 bits empleado para la transmisión en un par transporta 6 bits por elemento de señal; la velocidad de modulación es  $1/6$  de la velocidad binaria.

DMT (*Discrete multi-tone modulation*): Es una generalización de la modulación QAM en la que se emplean N portadoras equi-espaciadas denominadas *subportadoras* y cada una está modulada en QAM por una parte del flujo total de bits que se han de transmitir.

En este tipo de modulación el flujo de bits a transmitir dividen el ancho de banda disponible en 256 subcanales o también conocidas como

portadoras QAM (*carriers*), que transportan de cero a 15 bits cada una, éste número de bits depende de la relación señal/ruido estimada para la subportadora correspondiente durante la fase de inicialización. A cada uno de los flujos resultantes se les modula en QAM a su correspondiente subportadora. El conjunto de las subportadoras moduladas en QAM se suman y la señal resultante es la que se transmite por el par metálico [16].

La modulación DMT maneja un filtro pasa banda separando el espectro en bandas de 4 KHz. y elimina las altas frecuencias causantes de ruido en las líneas de cobre para que posteriormente se analice la razón entre señal y ruido en cada banda y cambiar la velocidad de emisión de [Bits](#) concordantemente, pero de no elegirse correctamente la frecuencia inicial de las subportadoras el espectro de una señal modulada en DMT puede solapar con los espectros del servicio telefónico básico o al acceso básico RDSI.

En DMT se envían múltiples tonos, separados entre sí 4.3125 KHz., modulados en QAM, disponiendo cada una de estas portadoras de un ancho de banda de 4 KHz. (similar al que emplean los módems de banda vocal). Los datos a enviar se reparten entre todas las portadoras que se encuentran habilitadas. Al iniciarse el proceso de comunicación, cuando se establece el enlace, se efectúa una estimación de la relación Señal a Ruido (S/R) por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida en la banda asignada a cada una de las portadoras entre mayor sea la calidad de esta relación mayor será la cantidad de datos que se pueda transportar a dicha frecuencia. Los módems de la central (ATU-C) y del usuario (ATU-R) emplean la misma técnica de modulación, con la diferencia de que la central puede transmitir información hasta con 256 portadoras, mientras que el usuario cuenta con un máximo de 32.

El canal 276 Khz. se encuentra reservado para la *señal piloto*. La mayoría de los sistemas DMT usa 249 o 250 subportadoras dedicadas a la información y los canales 1-6 se usan para voz ocupando un total de 25KHz, otra razón por la que se usan 240-250 canales es porque a partir del canal 250 la atenuación comienza a ser más grande imposibilitando la transmisión de información. Existen 32 canales upstream a partir del canal 7 y hay 250 canales downstream logrando que ADSL brinde un servicio asimétrico y cuando hay cancelación de eco existen los 250 canales de bajada. Para la cancelación de eco se usa FDM (Frequency Division Multiplexing) obteniendo 32 canales de bajada y 218 de subida o menos para evitar el solapamiento.

Los canales upstream ocupan la parte más baja del espectro por las siguientes razones:

- La atenuación es menor a bajas frecuencias y los transmisores de usuario trabajan con potencias menores que los de las centrales locales.
- Hay más ruido en la central local.

En pocas palabras el objetivo principal de este tipo de modulación es intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal, vía serie.

Cabe mencionar que la modulación DMT es la que en la actualidad se está usando de forma mas generalizada como tecnología básica en los módem ADSL comerciales.

Los puntos de comparación entre CAP y DMT son los siguientes:

| CAP                                                                                                                                                                               | DMT                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la cancelación del eco de manera más sencilla.</li> <li>• Latencia (un 25% menor a DMT).</li> <li>• Mayor simplicidad</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superior en temas de adaptación de la velocidad (cambios en las condiciones de línea).</li> <li>• Presenta mejores condiciones variables del bucle.</li> <li>• Hay un mejor tratamiento del ruido y subportadoras</li> </ul> |

Tabla 2.2 Comparación entre CAP y DMT.

## **2.4 Red de Acceso ADSL (Línea de Abonados Digital Asimétrica)**

Es una de las familias más recientes de la tecnología xDSL que permite proveer un acceso de alta velocidad a datos, manteniendo la línea de voz operativa.

Permite la transmisión de datos a mayor velocidad en un sentido que en el otro, regularmente es de 2 megabits/segundo hacia el usuario y 300 kilobits/segundo desde el usuario y puede alcanzar muchos kilómetros de distancia de la central.

La necesidad de contar con ancho de banda mucho mayor se debió principalmente para acceder a las nuevas aplicaciones multimedia por encima de los clásicos de 2 Mbps que en Europa es el límite de una red RDSI y navegar a alta velocidad a los contenidos de Internet.

En el siguiente capítulo se explicará ampliamente esta tecnología, desde su arquitectura de red, su funcionamiento y características hasta los problemas que presenta.

## 2.5 VDSL

Una alternativa para alcanzar altas velocidades de transmisión de datos, es la combinación de cables de *fibra óptica* alimentando a las unidades ópticas de red (ONU, Optical Network Units) en los sectores residenciales con la conexión final a través de la *red telefónica de cobre*. Dentro de estas topologías se incluyen las llamadas FTTx (fiber-to-the, Fibra), donde se llega con fibra a localidades cercanas al usuario final, esta topología se encuentra subdividida por [17]:

- a) FTTCab (hasta el gabinete)
- b) FTTB (hasta el edificio)
- c) FTTC (hasta la acera).

Una de las tecnologías empleadas por FTTCab, FTTB y FTTC es VDSL (Very high speed Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital de Muy Alta Velocidad) [36], la cual transmite datos a alta velocidad sobre distancias cortas utilizando pares trenzados de líneas de cobre con un rango de velocidad que depende de la longitud de la línea. La máxima velocidad de transmisión de la red al cliente está entre 51 y 55 Mbps sobre líneas de 300 metros de longitud. Las velocidades del cliente a la red van a ser también, mayores que en ADSL.

Comenzó denominándose VADSL, ya que en su origen fue una extensión de ADSL en la que se obtenían mayores velocidades reduciendo el alcance de los enlaces y manteniendo la naturaleza asimétrica de ADSL. Sin embargo, el término VDSL se impuso sobre VADSL, ya que puede ser tanto simétrico como asimétrico.

Anteriormente se explicó el funcionamiento de la red asimétrica, por lo cual se hará un enfoque a los servicios simétricos que esta red ofrece como teleconferencia, teleconsulta o se podrían sustituir las líneas T1 actuales por otras de mayor capacidad.

VDSL puede coexistir con las tecnologías DSL precedentes. El ancho de banda que utiliza está comprendido entre los 200 KHz. y los 30 MHz, aclarando que la asignación de frecuencias varía en función de la velocidad o si el tráfico es simétrico o asimétrico. La frecuencia con la que se trabaja es muy superior a las de la telefonía analógica y RDSI, por lo que se puede transmitir sobre el mismo par de cobre los servicios tradicionales de banda estrecha y los nuevos servicios de banda ancha VDSL, protegiendo el tráfico telefónico y RDSI mediante *splitters*. [16]

Estos servicios van a estar orientados principalmente a empresas y a diferentes organismos que puedan necesitar estos avances, como pueden ser: universidades, centros de enseñanza, centros de enseñanza a discapacitados, etc.

Debido a las limitaciones de distancia, VDSL será suministrada a menudo desde un gabinete situado en la calle equipado con una fibra [óptica](#) conectada a la red backbone. Esta [topología](#), es la FTTCab.

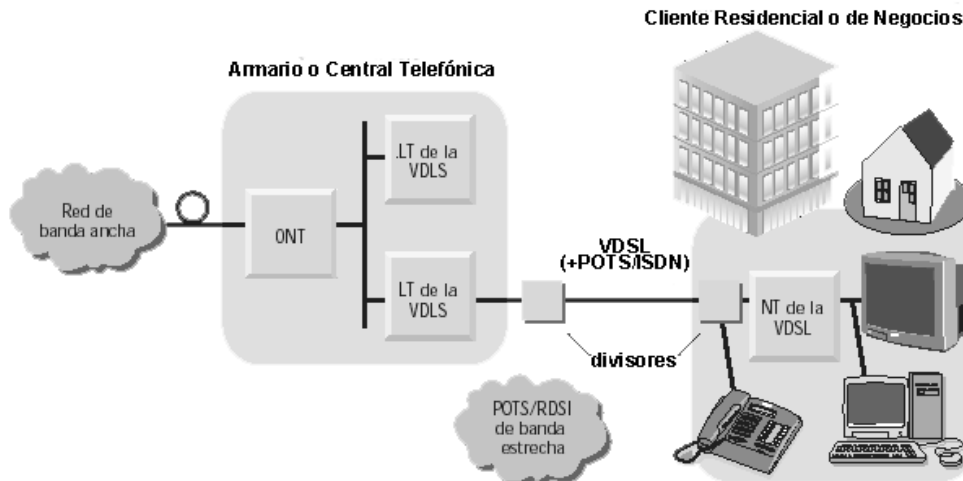


Figura 2.5 Configuración de la red.

VDSL puede ofrecerse desde una central telefónica, como se muestra en la figura 2.5, para dar servicios a los clientes ubicados lo más cercano posible a la central, usando la [topología](#) FTTE<sub>x</sub> (fibra-hasta-la-central). Incluso, otra topología posible es utilizar VDSL para la transmisión de datos y multi-video en bloques de apartamentos con una ONT (Terminación de Red [Óptica](#)) en el sótano, dando [servicio](#) a los apartamentos individuales sobre los cables telefónicos existentes.

Se puede usar de forma simultánea los servicios de VDSL y los servicios de banda estrecha tradicionales como POTS y RDSI, sobre la una única línea telefónica usando un splitter en cada extremo de la línea para separar la señal VDSL de mayor frecuencia de la señal POTS o RDSI de menor frecuencia (transmisión fuera de banda).

Para la normalización de VDSL se han propuesto dos códigos de línea principal: modulación DMT y modulación QAM/CAP. El TM6 del ETSI y el Comité T1E1 del ANSI (American National Standards Institute) han adoptado ambos códigos de línea para los estándares de VDSL. Además, se ha seleccionado FDD (Duplexación por División de Frecuencia) como técnica de duplexación por parte del ANSI y de la UIT.

Para conseguir las velocidades tan altas sobre líneas telefónicas, la anchura de banda de la comunicación tiene que extenderse mucho más allá de los 1.1 MHz ocupados por ADSL, usando el mayor espectro de frecuencia sobre servicios POTS y RDSI. En principio, los sistemas VDSL pueden utilizar un espectro de hasta 30 MHz, aunque en la actualidad sólo se ha especificado el plan de frecuencias hasta 12 MHz. La asignación actual del espectro varía en dependencia de la velocidad de la línea.

### **2.5.1 Ancho de Banda**

El ancho de Banda dependerá en primer lugar del tipo de modulación se emplee para mapear el valor del rango del símbolo.

El ruido en el canal impone un límite sobre el rango del símbolo y los bits por símbolo que pueden ser utilizados. Un estudio realizado asume un sistema asimétrico, con un ratio de 10:1 en los rangos de datos (flujo hacia abajo / flujo hacia arriba). En este escenario, el modelo de ruido asumido toma en consideración principalmente el hablado cruzado (crosstalk) far-end (FEXT). Esta fuente de ruido es una consecuencia del acoplamiento capacitivo entre diferentes pares trenzados en un mismo cable multipar. [29]

Otra importante fuente de ruido presente en este medio es el ruido Gaussiano, con una altura espectral de dos lados de -140 dBm/Hz. La Interferencia Radiofrecuencial (RFI) es también tomada en cuenta, aunque no está claro como cuantificar su impacto sobre la línea de transmisión.

Todos los sistemas VDSL deben ser inmunes a las interferencias provocadas por otros sistemas y tampoco debe interferir con las señales ajenas a esta red y para lograr este propósito se puede requerir que la

PSD (*Densidad Espectral de Potencia*) transmitida en estas bandas sea recortada en 20 dB o más.

La conformación espectral debería asegurar además la *compatibilidad espectral* con otros servicios heredados (T1/E1, RDSI, ADSL, HDSL, etc) en el mismo atado del cable (grupo de pares trenzados de cobre) y una buena partición de la capacidad del cable entre los diferentes pares, reduciendo la potencia, es decir, conformando la PSD de transmisión en el sentido ascendente de la NT (Terminación de Red) de forma que no se impida la recepción de transmisores remotos en el armario o en la central telefónica. La máxima potencia de transmisión que los sistemas VDSL pueden inyectar en la línea en cualquiera de sus extremos es de 11.5 dBm, en comparación con los 20 dBm y los 13 dBm, respectivamente, para la transmisión en sentido descendente y ascendente en ADSL [18].

Se considera dos implementaciones de VDSL que utilizan CAP y PAM (Pulse Amplitude Modulation) respectivamente. La VDSL que trabaja con PAM tiene la ventaja de que este esquema de transmisión banda base hace uso de bandas de frecuencia baja, las cuales están menos sujetas al ruido (atenuación y crosstalk). Por otro lado, CAP puede permitir utilizar POTS (servicio de voz) o ISDN simultáneamente con VDSL.

### **2.5.2 Servicios**

La tecnología VDSL ofrece servicios de telefonía y datos más completos de multimedia y un host de aplicaciones de video permitiéndole competir con los operadores de cable.

|                     |                        |                                     |
|---------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Servicios completos | Multimedia Real        | Acceso a Internet de alta velocidad |
| Video bajo demanda  | TV digital de difusión | Aprendizaje a distancia             |
| Telemedicina        | Vides interactivo      | Video conferencia                   |
| HDTV                | Comercio electrónico   | Publicación electrónica             |
|                     | Video juegos           | Karaoke bajo demanda                |

Tabla 2.3 Servicios de la tecnología VDSL.

#### 2.5.2.1 Servicios de video basados en VDSL

VDSL puede transmitir TV digital, VoD (Video bajo demanda) y HDTV sobre el par de cobre estándar. El equipo terminal puede ser ubicado centralmente o distribuido a través de la red, transportando ancho de banda garantizado sobre ATM al nodo de acceso local. Todos los canales de programación disponibles se conmutan en el nodo de acceso y son transportados hacia las premisas del cliente vía VDSL. En cambio, VDSL, además de video digital y servicios Internet, también soporta servicios de video interactivo, Web TV, videoconferencia, y video games, representado un conjunto de servicios no disponibles por los operadores de cable.

#### 2.5.2.2 Internet de alta velocidad

VDSL tiene la capacidad para soportar las aplicaciones de hoy y del mañana. Con el crecimiento de Internet, ha aumentado el backbone ATM, siendo ATM la tecnología preferida la creciente carga de la red y soportar aplicaciones de misión crítica. La arquitectura ATM fue

escogida porque ella habilita a una única red ATM que soporta todas las aplicaciones, transportando datos, voz y video, en vez de enviarlos a ellos hacia redes distintas e incompatibles. La combinación de VDSL y ATM proporcionará los servicios Internet de hoy y una arquitectura que soportará las aplicaciones emergentes del mañana.

### 2.5.2.3 Servicios de telefonía

VDSL, soporta el servicio POTS, y además de esta funcionalidad ofrece otras adicionales, como el envío de canales voz sobre el mismo par de cobre. Las tecnologías voz sobre IP (VoIP), voz telefónica sobre ATM (VToA) y el servicio de emulación de lazo local (LES) proveen servicios de telefonía de calidad estándar sobre una red digital. [9]

Distancias y velocidades de la red, como ya se vio anteriormente, esta red no tiene una velocidad fija, sino que depende de la distancia a la que se encuentre el usuario.

| Distancia<br>(metros) | Velocidad de datos en<br>sentido descendente (Mbps) | Velocidad de datos en<br>sentido ascendente<br>(Mbps) |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 300                   | 52                                                  | 6.4                                                   |
| 300                   | 26                                                  | 26                                                    |
| 1000                  | 26                                                  | 3.2                                                   |
| 1000                  | 13                                                  | 13                                                    |
| 1500                  | 13                                                  | 1.6                                                   |

Tabla 2.4 Distancia y velocidades de la red.

En la siguiente tabla se hace una comparación de los servicios que cada una de la redes ofrece mismas que fueron basadas en el estándar ADSL de la UIT-T de 6 Mbps y 640 Kbps.

| Aplicación              | Sentido descendente | Sentido ascendente | ADSL                  | VDSL |
|-------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------|
| Acceso a Internet       | 400 Kbps-1.5 Mbps   | 128 Kbps-640 Kbps  | Sí                    | Sí   |
| Web Hosting             | 400 Kbps-1.5 Mbps   | 400 Kbps-1.5 Mbps  | Sólo en la actualidad | Sí   |
| vides conferencia       | 384 Kbps-1.5 Mbps   | 384 Kbps-1.5 Mbps  | Sólo en la actualidad | Sí   |
| Video bajo demanda      | 6 Mbps-18 Mbps      | 64 Kbps-128 Kbps   | Sólo en la actualidad | Sí   |
| video interactivo       | 1.5 Mbps-6 Mbps     | 128 Kbps-1.5 Mbps  | Sólo en la actualidad | Sí   |
| Telemedicina            | 6 Mbps              | 384 Kbps-1.5 Mbps  | Sólo en la actualidad | Sí   |
| Aprendizaje a distancia | 384 Kbps-1.5 Mbps   | 384 Kbps-1.5 Mbps  | Sólo en la actualidad | Sí   |
| TV digital múltiple     | 6 Mbps-24 Mbps      | 64 Kbps-640 Kbps   | Sólo en la actualidad | Sí   |
| VoD múltiple            | 18 Mbps             | 64 Kbps-640 Kbps   | No                    | Sí   |
| TV de alta definición   | 16 Mbps             | 64 Kbps            | No                    | Sí   |

Tabla 2.5 Requerimientos de aplicaciones: ADSL vs. VDSL

### 2.5.3 Desarrollo de VDSL

*Modelo de Referencia:* El modelo de ruido a utilizar para el diseño VDSL está siendo discutido. Las características de ruido sobre la línea no

solamente variarán con el tipo de línea, sino también con la base instalada del lazo local. En algunos países existen llegadas por cable aéreo, mientras que en la mayoría de los otros países el cable es situado bajo tierra para la última llegada hacia el cliente. No existe acuerdo hasta la fecha, aunque ha sido notado que puede ser necesario tener múltiples modelos de ruido en un reporte técnico final. [20].

*Interferencia sobre Radioaficionados:* En el caso del cableado local aéreo, la señal VDSL sobre el cable generará un campo eléctrico capaz de interferir con bandas de radioaficionados. El caso contrario también es verdadero: las bandas de frecuencia de radioaficionados que coincidan con el contenido de frecuencia de VDSL dañarán la señal VDSL.

#### **2.5.4 Transmisión FDD-DMT**

Los sistemas multiportadora modulan los datos sobre un gran número de portadoras (ortogonales) de banda estrecha y cada portadora o tono se modula con un punto de la constelación QAM durante la duración de un símbolo de la multiportadora.

En un sistema VDSL basado en DMT pueden utilizarse hasta 4096 portadoras, abarcando una banda de frecuencias de hasta 17.7 MHz. La separación entre tonos es idéntica a la de ADSL (4.3125 KHz), permitiendo la interoperabilidad entre ADSL y VDSL.

Hasta hace pocos años se pensaba que la tecnología ADSL (Línea Digital de Abonado Asimétrica) estaba forzando al par de cobre más allá de sus límites, pero se ha comprobado que con VDSL se pueden trabajar con velocidades mayores sobre los pares de cobre convencionales, siendo más susceptibles a los deterioros de la línea. Para empezar, hay mayor atenuación, más fuentes posibles de ruido RF (no solamente las emisoras de AM comercial, como en ADSL), o la interferencia (diafonía) originada por otros servicios.

### 2.5.5 Problemas de esta tecnología

Las derivaciones en la planta externa (líneas en paralelo o *bridge taps*) y los cableados internos pueden causar algunos problemas significantes. Una derivación es un segmento de cable conectado en paralelo a la línea principal, que degrada la respuesta en frecuencia del cable debido a la pérdida de inserción del cable (*insertion loss*), especialmente para las señales de alta frecuencia también pueden ser cables de croscnexión (cruzadas) olvidados, alguna vez instalados con propósitos de prueba, adiciones o traslados de nuevas extensiones telefónicas dentro de la edificación. Estas derivaciones causan un efecto de filtro de rechazo (*notch filter*) que produce la cancelación de determinadas frecuencias, el cual es más notorio cuando la derivación no está debidamente terminada en el extremo, notándose el efecto es más notorio en la frecuencia central (resonancia), aunque afecta a las frecuencias contiguas. [15]

En la siguiente gráfica se compara el efecto de una línea derivada de 4.5 metros de longitud (gráfica verde) en el que la derivación no afecta a las señales ADSL, ya que el efecto producido está fuera de su banda de frecuencias, pero causaría un serio problema para VDSL.

La longitud de las líneas derivadas juega un papel crítico, en cuanto ésta define el rango de frecuencias afectadas. Las líneas más cortas afectan frecuencias más altas y las más largas a las frecuencias menores. Una línea paralela tiene múltiples efectos, no solamente alrededor de la frecuencia de resonancia principal, sino en todos sus armónicos impares.

Mientras la planta externa transportaba señales de voz (máximo 4 KHz.), aun las líneas paralelas muy largas no mostraban algún efecto. Al

introducir servicios como T1, E1, sobre el par trenzado, la planta empezó a mostrar efectos de algunas líneas paralelas y después de la ubicar los servicios de banda ancha, como ADSL, con anchos de banda de 1,1 MHz, el efecto de la línea paralela ha tenido un mayor peso debido a las altas frecuencias, mayor pérdida de inserción e interferencias de RF. Las líneas paralelas de menor longitud, anteriormente consideradas inofensivas, llegan a afectar estas señales.

Si los enlaces ADSL son afectados por líneas paralelas cortas, ubicadas principalmente en la planta externa, los enlaces VDSL con un mayor ancho de banda de 12 o 17 MHz serán afectados por líneas paralelas aun más cortas.

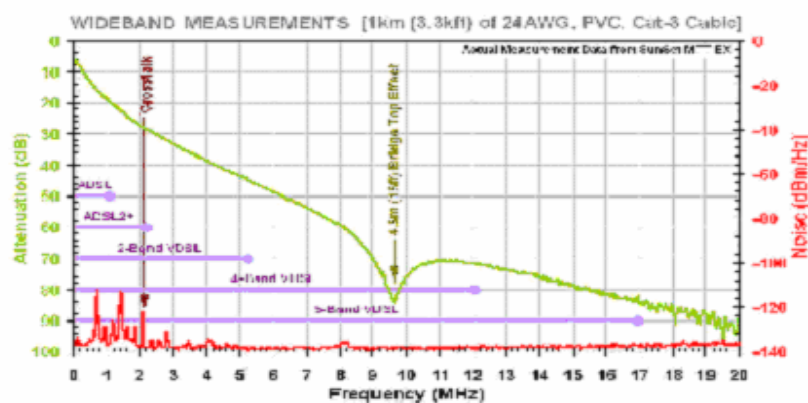


Figura 2.6 Bandas de Frecuencia, pérdidas de inserción y ruido.

### 2.5.5.1 Técnicas de reflectometría para ubicar las líneas paralelas.

Debido al corto alcance de VDSL, lo más común es que la planta externa para este tipo de servicios sea fibra óptica hasta muy cerca del abonado, FTTB/C/N (*Fiber To The Building/Curve Neighborhood*).

Por lo tanto, es necesario diagnosticar los cables metálicos en áreas pequeñas como las redes oficinas, unidades habitacionales, hoteles, hospitales, etc.

No es necesario utilizar reflectómetros (TDR) especiales para VDSL, pero sí se es necesario conocer técnicas exactas. Las líneas paralelas son usualmente representadas como cortas ramificaciones la planta externa. El TDR es muy útil para ADSL y otros servicios.

Sin embargo, los cableados internos de una casa, oficinas o pequeños negocios, suelen ser muy ramificadas y sus extensiones son cortas para lo que el TDR no podrá mostrar todos los detalles que son necesarios para el análisis ya que se utilizan pulsos anchos para alcanzar el otro extremo que en lagunas ocasiones pueden coincidir con la longitud de la derivación, o son muy anchos para diferenciar las líneas paralelas pequeñas. Si en verdad se quiere tener un informe muy detallado requerirá de pulsos más cortos, lanzados desde un punto más cercano, esta técnica puede mostrar un cable con múltiples terminaciones, donde cada una representaría una derivación telefónica.

En la mayoría de los casos, habrá fibra para la larga distancia y cobre para la distribución local; por lo tanto, la prueba del cobre sería hecha desde un sitio remoto, cercano al cliente (no desde la central). En algunos casos, dependiendo de la ubicación y longitud de las líneas derivadas, sería virtualmente imposible identificar los eventos con las técnicas del TDR. En esos casos, la caracterización de la respuesta en

frecuencia del cable, mediante la prueba de pérdida de inserción (atenuación vs. frecuencia) es la técnica más recomendable.

Las compañías telefónicas prefieren hacer las mediciones en un solo extremo de la línea, para no hacerlas al otro extremo de la línea; en la mayoría de los casos comprometiendo la precisión y resolución de las pruebas.

En el caso de VDSL, será necesario enviar un técnico al extremo lejano, o muy cerca del abonado, para lanzar pulsos más cortos con el TDR, de modo que se puedan identificar correctamente los eventos en el cable.

#### **2.5.5.2 Eliminación del problema de la línea derivada.**

Una vez identificada y ubicada la línea paralela, hay dos opciones:

1.-Usar un terminador de línea en el extremo.

Al estar terminada, con la impedancia de la línea, se eliminarían las reflexiones y también el efecto de rechazo de frecuencias. Sin embargo, la terminación disipará parte de la energía y esto introducirá una pérdida constante a todas las frecuencias. Las altas frecuencias utilizadas por VDSL sufren ya de gran atenuación, por lo tanto esta atenuación adicional no sería la mejor opción.

2. Remover la línea derivada.

Se requiere de algunos recursos extras para realizar esta tarea, para evitar los problemas potenciales del cableado interior, siempre ha sido una buena idea separar las señales DSL de la señal de telefonía básica en el punto de demarcación o interfase de red NID (*Network Interface Device*), mediante un *splitter* (divisor).

La señal telefónica resultante sería conectada hacia el cableado interior y un par dedicado se instalaría para conectar el modem DSL. Esta es la solución más recomendable, pero puede no ser tan simple para la auto-instalación que tanto se promueve en estos días. [14]

# CAPÍTULO 3

## TECNOLOGÍA ADSL

## Capítulo 3. Tecnología ADSL

A finales de los 80, los avances en microelectrónica hicieron posible el desarrollo de nuevos procesadores digitales de señales capaces de aplicar nuevos algoritmos de procesamiento digital de señal. Así aparecieron los módems ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

Como se vio en el capítulo anterior la tecnología ADSL es una técnica para la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre; una diferencia entre el esquema de modulación empleado por ella y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90), es que estos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz hasta los 1104 KHz, aproximadamente [20]. Esto hace que el ADSL pueda coexistir en un mismo lazo de abonado con el servicio telefónico, pues no se solapan sus intervalos de frecuencia, cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía, lo que constituye otra diferencia de gran importancia.

### 3.1 Funcionamiento y características.

Al tratarse de una modulación asimétrica, o sea, en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario-Red y Red-Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del lazo, en la central local. En la Figura 3.1 se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende. [21] En dicha figura se observa que además de los módems situados en el domicilio del usuario (ATU-R o ADSL Terminal Unit-Remote) y en la central (ATU-C o ADSL Terminal Unit-Central), existe un dispositivo

denominado "splitter" (divisor). Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas, o sea, las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL). [15]

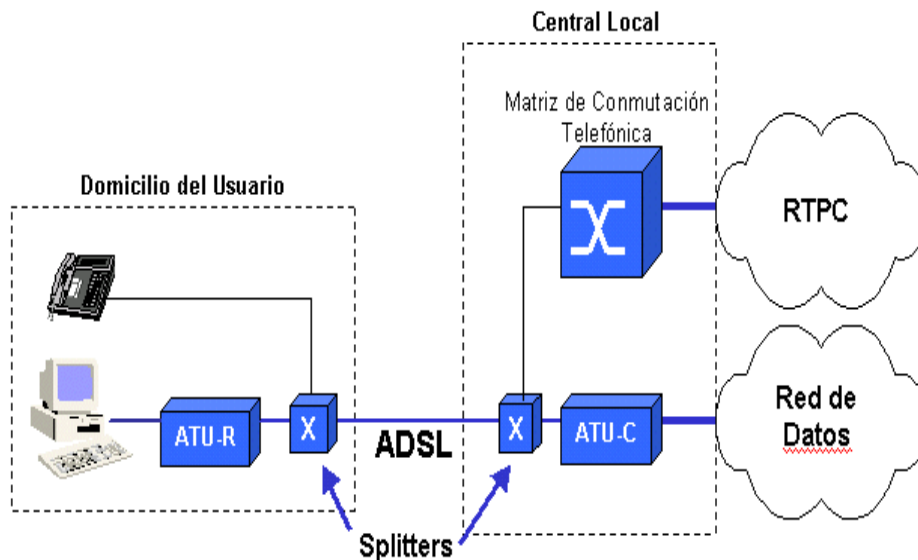


Figura 3.1 Enlace ADSL.

En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP (Carrierless Amplitude/Phase, Modulación de fase y amplitud con supresión de portadora) y DMT (Discrete MultiTone, Modulación multitono discreto). Finalmente los organismos de estandarización (ANSI e ITU) optaron por la solución DMT. [22].

Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo de una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4.3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz.

El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. [23] Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida.

La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia consiste en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32. El algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (Transformada Rápida de Fourier Inversa) en el modulador, y en una FFT (Transformada Rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del enlace. Estas operaciones se efectúan fácilmente por el núcleo del módem al desarrollarse sobre un DSP; las mismas se describen a continuación:

- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido descendente.
- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido ascendente.
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal ascendente que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal descendente recibida.

La separación de los trayectos en ADSL se efectúa por Multiplexación por División en Frecuencias (FDM) o por Cancelación de Eco, siendo esta última la que se ha impuesto.

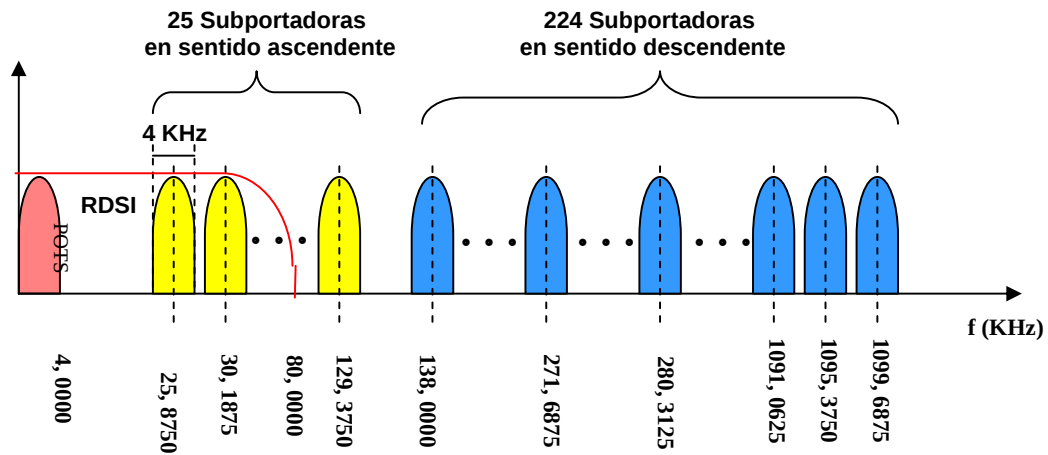


Figura 3.2 Modulación ADSL DMT con FDM.

En las Figuras 3.2 y 3.3 se han presentado las dos modalidades dentro del ADSL con modulación DMT FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles como por el hecho de que las de menor frecuencia, aquellas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de eco para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño. [24]

Como se puede ver, los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS, Plain Old Telephone Service), y en cambio sí se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son

incompatibles, aunque existen implementaciones que logran la compatibilidad.

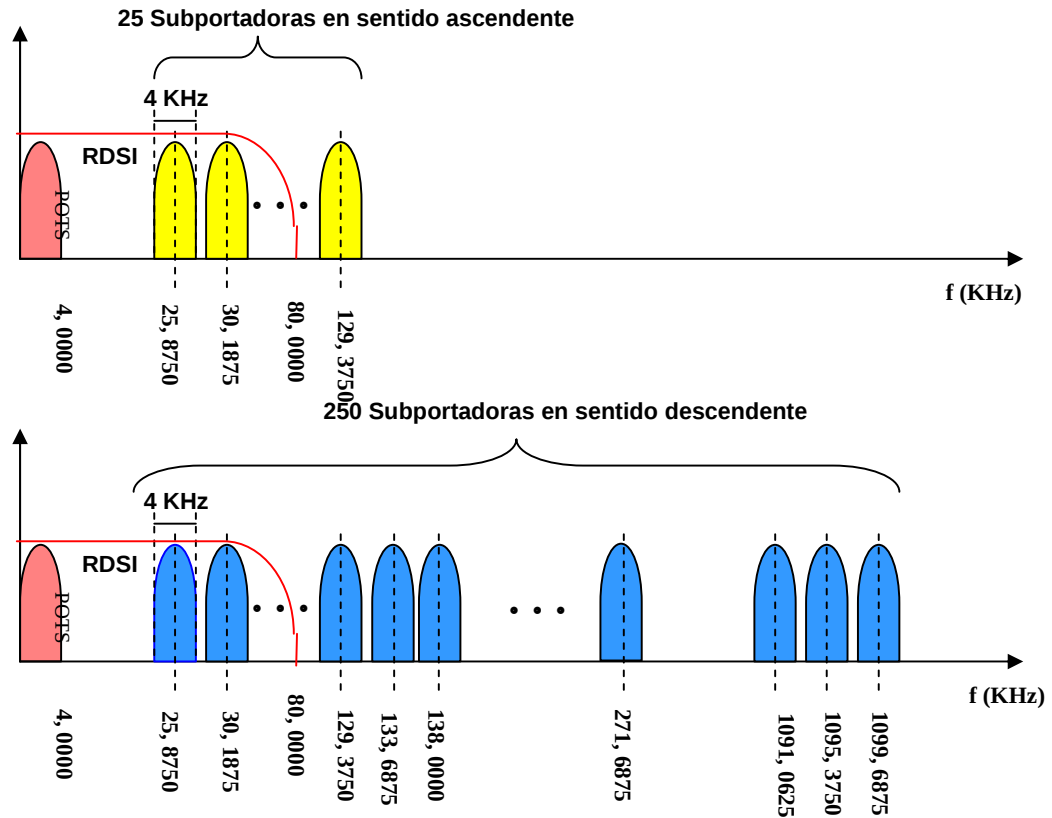


Figura 3.3 Modulación ADSL DMT con Cancelación de Eco.

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas, y cuanto mayor es la longitud de la línea, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas.

Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud de la línea de abonado. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal/Ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que

modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C.

Hasta una distancia de 2.6 Km de la central, en presencia de muy altos niveles de ruido, se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0.9 Mbps en sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media de la línea de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps. Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha, y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier internauta, así como de muchas empresas pequeñas y medianas.

### **3.2 Generaciones de este tipo de acceso**

- Redes de 1ª generación
- Redes de 2ª generación

#### **3.2.1 Redes de 1ª generación ADSL**

En el pasado, causó gran interés tener las mejores perspectivas a corto plazo para proporcionar acceso de banda ancha a los mercados de oficina o viviendas.

- Permiten aprovechar la red de acceso telefónica y convertirla en una red de acceso de banda ancha
- Soportan velocidades hasta 1.5 Mbps
- Diseñadas para Internet y LAN's corporativas
- Son de velocidades muy variables

- No son adecuadas para el soporte de tráfico de vídeo.

### 3.2.2 Redes de 2ª generación ADSL

- Gracias a éstas las redes telefónicas pueden competir con los servicios de cable.
- Trabajan con velocidades superiores a 1.5 Mbps
- Contienen una pequeña versión DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) que es el Multiplexor de Acceso por la Línea Digital de Abonado.
- No existe diferencia con la arquitectura de la 1ª generación con lo que es fácil la coexistencia de ambas.
- Requiere importantes inversiones por la instalación de centrales remotas.

La primera generación de módems ADSL era capaz de transmitir sobre el bucle de abonado un caudal de 1.536 Kbps en sentido Red -> Usuario (sentido "downstream" o descendente) y de 64 Kbps en sentido Usuario -> Red (sentido "upstream" o ascendente). Y todo ello sin interferir para nada en la banda de frecuencias vocal (de 0 a 4KHz), la que se usa para las comunicaciones de voz. De este modo sobre el bucle de abonado podrían coexistir dos servicios: el servicio tradicional de voz y nuevos servicios de transmisión de datos a gran velocidad.

La asimetría de caudales del ADSL era y es idónea para el servicio al que inicialmente estaba destinado: la distribución de vídeo sobre el bucle de abonado. Pero el desarrollo de Internet, cuyo tráfico es también fuertemente asimétrico, siendo mucho mayor el caudal de información transmitido desde la red hacia el usuario que en sentido contrario, ha dado nuevos bríos al ADSL. Y todo ello con una ventaja adicional: se

trata de una solución always on-line, es decir, se dispone de esta capacidad de transmisión de forma permanente, al revés de lo que ocurre con los módems en banda vocal (los V.90, por ejemplo), en los que es necesaria una llamada telefónica para establecer la conexión.

Los nuevos estándares sobre ADSL han llevado al desarrollo de una nueva generación de módems capaces de transmitir hasta 8,192 Mbps en sentido descendente y hasta 0,928 Mbps en sentido ascendente.

Con estas cifras, está claro que el despliegue de esta tecnología supone una auténtica revolución en la red de acceso de las operadoras del servicio telefónico. Pasan de ser redes de banda estrecha capaces de ofrecer únicamente telefonía y transmisión de datos vía módem, a ser redes de banda ancha multiservicio. De este modo los usuarios podrán disponer de un abanico de servicios inimaginables hasta hace poco. Y todo ello sin afectar a un servicio básico como es la telefonía.

La red de acceso deja de ser un obstáculo para el desarrollo de nuevos servicios y ofrece posibilidades insospechadas a aquellas empresas que sean capaces de ofrecer contenidos de todo tipo atractivos para el usuario. La introducción del ADSL implica una revolución en la red de acceso, y también supone un gran reto para el sector de las comunicaciones por el abanico de servicios que se pueden poner al alcance del público. [16]

Desde hace varios años, dentro de la telefonía se han realizado medidas en laboratorio y planta, así como varias pruebas piloto encaminadas a determinar la viabilidad del ADSL y de los servicios que se podían ofrecer por medio de esta tecnología de acceso de banda ancha.

### 3.3 Canales de ADSL

ADSL logra su estructura de anchura de banda asimétrica con cuatro clases de canales: [25]

- **Canales *simplex*** (unidireccionales) en la anchura de banda más alta.
- **Canales *dúplex*** (bidireccionales) en la anchura de banda más baja.
- **Canal de control *dúplex***
- **Canal del servicio telefónico ordinario** (POTS) que trabaja con los 4 Khz. de frecuencia más bajos en la línea.

La transmisión que se produce en los canales *simplex* o *dúplex* no afecta al canal POTS (canal telefónico) para proporcionar simultáneamente el servicio telefónico junto con servicios de datos y/o vídeo de banda ancha a través del mismo par de hilos de cobre.

El perfeccionamiento de microcircuitos de *procesamiento* de señalización digital ha permitido que los módems ADSL alcancen velocidades aún mayores en los sentidos ascendente y descendente. Las velocidades más altas anunciadas en la actualidad son de 12 Mbps y 2 Mbps en los sentidos descendente y ascendente, respectivamente.

Como ya es sabido ADSL trabaja con un canal de voz y otro de datos siendo el primero permanente y de tarifa plana, mientras que el canal de voz tiene la tarifa de la RTB (servicio básico telefónico). Se dice que la conexión es *permanente* porque no es necesario hacer ninguna llamada para conectarse ya que la línea siempre permanece siempre está activa; y por *tarifa plana* significa que el precio de la factura es fijo e independiente del uso que se haga de la línea. La conexión se realiza con

un módem ADSL externo y una tarjeta adaptadora de la red con tecnología Ethernet.

El hecho de que los canales de voz y datos sean diferentes permite recibir o hacer llamadas y tener el ordenador conectado a la vez, de modo que se evita que el teléfono comunique cuando el usuario está navegando por Internet.

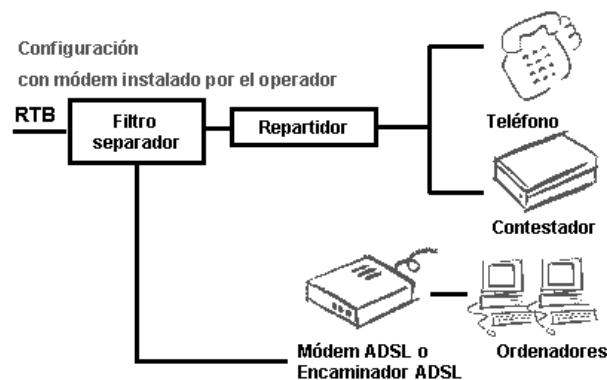


Figura 3.4 Conexión con un modem ADSL.

### 3.4 Arquitectura de red

Los elementos más importantes que intervienen dentro de la arquitectura de la red ADSL son los siguientes [15]:

- El par de cobre o bucle de abonado.
- El *splitter* o divisor, para separar los distintos canales.
- El módem del lado del usuario (ATU-R, ADSL *Terminal Unit Remote*).
- El módem del lado de la central (ATU-C, ADSL *Terminal Unit Central*).

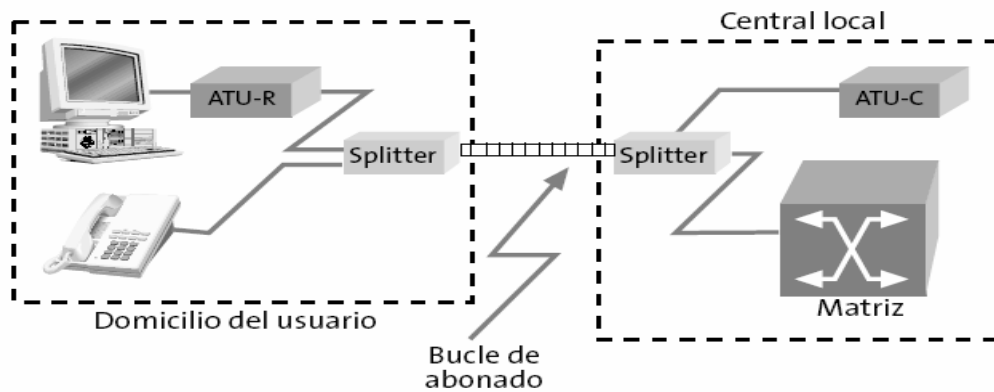


Figura 3.5 Elementos de la red ADSL.

ADSL utiliza todo el ancho de banda disponible en el par de cobre que es aproximadamente de 1 MHz. Para aprovechar mejor este medio se optó por dividir el espectro frecuencia, permitiendo el uso simétrico o asimétrico del mismo. Para separar el tráfico de voz y el de datos es necesario incorporar a la red los *divisores o splitters*.

Como ya es sabido en este tipo de redes se maneja el servicio telefónico cuyo proceso es el tradicional sin tener ninguna modificación ya que es procesada por una red de conmutación de circuitos, diseñada y dimensionada para tal efecto, mientras que los datos son encaminados a una red específica de conmutación de paquetes que permite procesar la información eficientemente.

Un aspecto a resaltar es que esta red de datos actualmente emplea *ATM* (*Asynchronous Transfer Mode* - Modo de Transferencia Asíncrono), ya que al definir de la norma ésta era la opción más prometedora y para garantizar que la transferencia sea adecuada el módem debe trabajar también en un formato ATM.

La velocidad de transmisión depende del tipo de servicio que se proporcione (simétrico o asimétrico) los servicios simétricos alcanzan un

régimen binario menor que los servicios asimétricos. Las velocidades inicialmente definidas para ADSL son:

- 1,5 Mbit/s, para el sentido ascendente o *upstream*
- 8 Mbit/s para el sentido descendente o *downstream*

No todos los usuarios se pueden conectar a estas capacidades, pero la gran mayoría podrá conectarse al menos, 2 Mbit/s en sentido descendente.

Con multiplexación por división de frecuencia se reparte el espectro en dos bandas de frecuencia en sentido ascendente se reservan desde los 24 Khz. a los 200 Khz., mientras que para el sentido descendente se tiene desde los 250 Khz. en adelante (aproximadamente 1.100 Khz.).

Con *cancelación de eco* existe un proceso semejante al presentado con anterioridad con la diferencia de que hay un solapamiento de las bandas de frecuencia, hay una porción reservada para el sentido descendente que comienza en los 24 Khz., solapándose con la ascendente. La separación de los datos se consigue mediante el empleo de algoritmos avanzados que pueden implementarse por los DSP (Procesadores Digitales de Señales); que trabajan con las señales de acuerdo a la transformada de fourier de forma matemática.

Para no interferir en las comunicaciones de voz, se han dejado seis subcanales libres de guarda, asignando las portadoras a partir de los 24 Khz., si se trabaja con la modulación DMT, lo cual da como resultado el siguiente espectro.

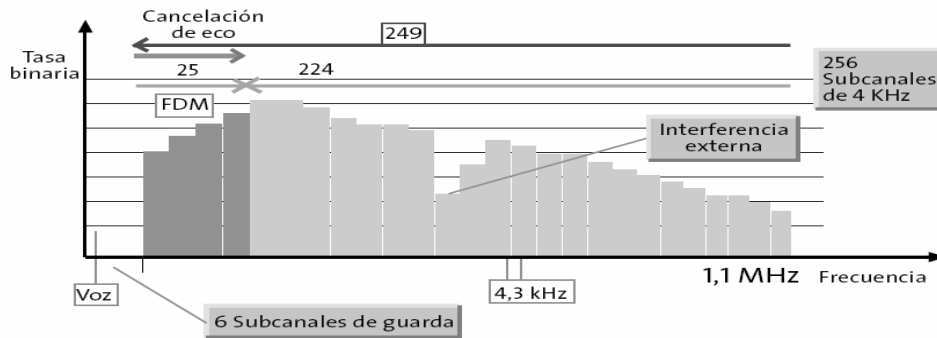


Figura 3.6 Espectro resultante de la modulación DTM.

La función del *divisor* o *splitter* del lado del usuario separa las señales de voz correspondiente al teléfono, de las comunicaciones de datos, que se enviarán al módem ADSL (ATU-R). En la central las señales de voz se procesan en la central de conmutación correspondiente, mientras que los datos se envían directamente a una red que procesa información.

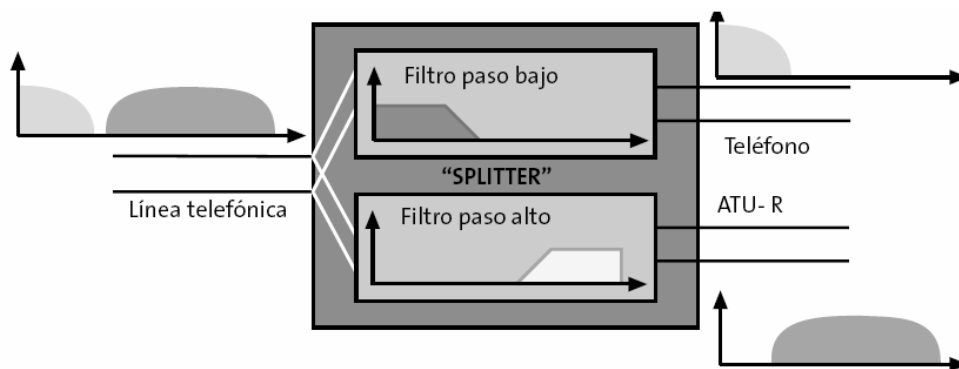


Figura 3.7 Funcionamiento del divisor.

Los filtros son mejor ubicados de la siguiente manera desde el exterior de las instalaciones.

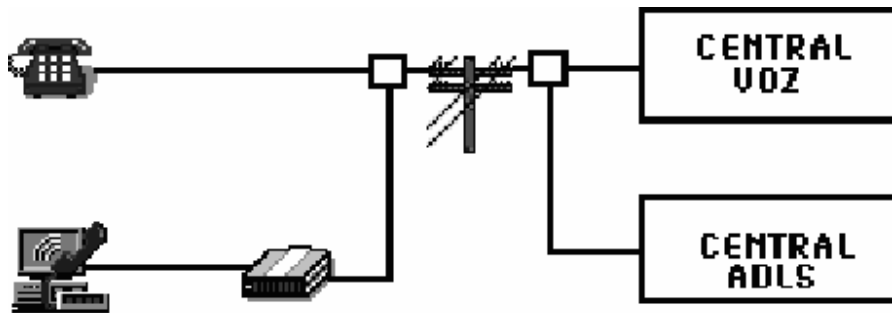


Figura 3.8 Filtros separadores.

### 3.5 El módem en el lado del usuario

El *ATU-R* (*ADSL Terminal Unit Remote*) es el módem ADSL instalada en la ubicación del cliente sin importar que se trate de un lugar residencial, escuela u ofician. Algunas de sus funciones son [27]:

- Evaluar el estado en que se encuentra el par de cobre para el envío de datos entre las distintas portadoras.
- La conversión en celdas ATM de la información a transmitir
- la evaluación de la calidad de servicio en la información que se transmite.

#### 3.5.1 El módem en el lado de la central

En la central se instala otro módem conocido técnicamente como *ATU-C* (*ADSL Terminal Unit Central*), que recibe los datos redirigidos por el divisor instalado en la central. Las Funciones que realiza son muy similares al *ATU-C* con la diferencia de que trabaja con un mayor número de subportadoras.

Como antes se ha explicado, el ADSL necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en el domicilio del usuario (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central local a la que llega el bucle de ese usuario. Esto complica el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales. Para solucionar esto surgió el DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer): un chasis que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN.

### 3.5.2 Multiplexor de acceso DSL

El DSLAM (Multiplexor de Acceso DSL) es un equipo ubicado en la central que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia la red WAN. Su utilización favoreció el despliegue de ADSL, al requerir menos espacio en las centrales.

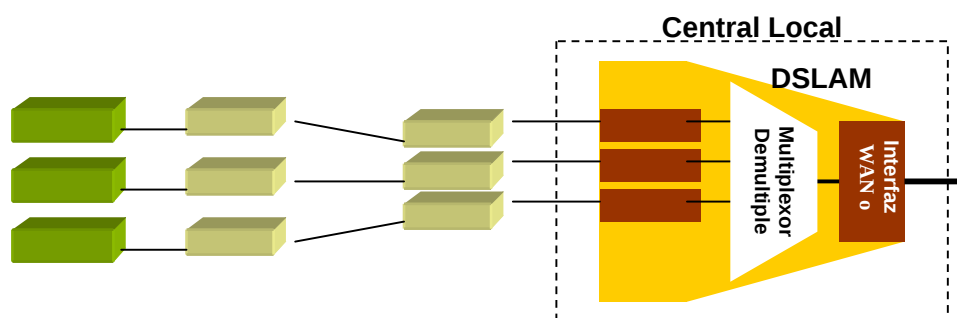


Figura 3.9 Multiplexor de Acceso DSL (DSLAM).

La integración de varios ATU-Cs en el DSLAM es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL ya que facilita la instalación de todo el sistema.

### 3.6 Integración de ATM y ADSL

Las redes de comunicaciones de banda ancha en su mayoría emplean el ATM para la conmutación en banda ancha. Desde un primer momento, dado que el ADSL se concibió como una solución de acceso de banda ancha, se pensó en el envío de la información en forma de celdas ATM sobre los enlaces ADSL y de esta forma se sacaría provecho a la gran velocidad de acceso del ADSL. [28]

A nivel de enlace, algunos suministradores de equipos de central para ADSL plantearon otras alternativas al ATM, como PPP sobre ADSL y Frame-Relay sobre ADSL, pero finalmente se ha impuesto el primero.

En los módems ADSL se definen dos canales, el canal rápido y el canal de entrelazado. El primero agrupa los CVPs(circuitos virtuales permanentes) ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz. El canal de entrelazado, llamado así porque en él se aplican técnicas de entrelazado para evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los CVPs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

Los estándares y la industria han impuesto mayormente el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces (Figura 3.9), las interfaces WAN pueden pudieran ser STM-1, STM-4, u otras estandarizadas, y el resto ADSL-DMT. El núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de control de parámetros y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.

El estándar G.922 de la UIT, más conocido con el nombre de G. Lite y que es un tipo de ADSL se diferencia de éste en que se sustituyen los splitters del lado del cliente por microfiltros conectados en serie con el teléfono, que actúan como filtros pasobajo por lo que su implementación se ve favorecida. Esto hace que el ancho de banda se vea limitado, soportando velocidades menores que ADSL, 1.536 Mbps y 512 kbps en sentido descendente y ascendente respectivamente pero no requiere intervención en el lado del cliente del operador de telecomunicaciones. G. Lite soporta sólo transporte ATM a diferencia del anterior que soporta tanto ATM como STM; en la actualidad muchas de las computadoras integran módems G. Lite por lo que se ha extendido en gran medida su uso. [15]

El ATM al permitir asignar el ancho de banda dinámicamente entre una serie de servicios y al ofrecer a los portadores las herramientas de gestión que le dan conocimiento de los niveles de rendimiento especificados constituye la mejor variante para integrarse con ADSL.

La amplia adopción de ATM por la gran mayoría de proveedores DSL extiende los beneficios de ATM desde la última milla hasta el núcleo de la red. A su vez, la gran flexibilidad y adaptabilidad que presenta ATM para interoperar con otras tecnologías (TDM, GigE, POS/IP, Frame-Relay etc.), dan al operador la protección de su inversión reduciendo significativamente el costo y permitiendo así, introducirse en los segmentos competitivos del mercado.

En la actualidad, la evolución a la integración de Voz sobre DSL (VoDSL) en el lazo local, ha estimulado las inversiones de ATM en el área de acceso y núcleo de la red.

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace

físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

### **3.7 Servicios de video sobre una red ADSL**

La arquitectura de servicios de video punto a punto ofrece la provisión de nuevas aplicaciones de servicios de video entre las que se incluyen televisión de difusión, VoD, servicio de video personalizado estilo VCR (Video Cassette Recorder), difusión interactiva y comercio por TV.

El suministro de servicios de video que usan tecnología ADSL es una alternativa competitiva para la próxima generación de TV interactiva por infraestructuras de cable y de satélites. La red ADSL es punto a punto desde el DSLAM al abonado, suministrando un enlace dedicado en los dos sentidos al abonado.

En la dirección descendente, sólo se entrega al abonado el contenido de video seleccionado, tanto como canal de TV de difusión. El ADSL da más escalabilidad que los servicios ofrecidos por cable y satélite, los cuales llegan hasta aproximadamente 500 canales de emisión. Una red ADSL puede ofrecer alrededor de mil canales. (Teóricamente no hay límite, ya que la última milla es un enlace dedicado).

Con el desarrollo de la tecnología ADSL y de algoritmos mejorados de compresión de video, los suministradores de servicios de telecomunicaciones pueden ofrecer canales de video de alta calidad, como una calidad DVD codificada a una velocidad de 3.5 Mbps MPEG-2.

Algunos vendedores de código suministran velocidades binarias MPEG-2 menores de 3 Mbps, mientras que MPEG-4 mantiene la promesa de video con calidad de emisión a velocidades menores de 1.5 Mbps, y una calidad de TV analógica a una tasa de bits de 500 a 700 Kbps. Esto hace que el despliegue comercial de este servicio ya pueda comenzar. El ADSL puede entregar un flujo de bits de hasta 8 Mbps en líneas de alta calidad y en distancias relativamente cortas. Mientras que muchas líneas no soportarán esta velocidad binaria, las tecnologías que ofrecen ancho de banda incrementado, tales como VDSL, algoritmos más potentes de compresión, procesadores de video de alto rendimiento y un mayor crecimiento de la red, prometen que el alcance de video con DSL llegue a la mayoría de los hogares en los próximos años. [15]

### ***3.8 Arquitectura de una red de distribución de video***

La arquitectura utilizada por un suministrador de servicios de telecomunicaciones para producir servicios de video puede variar. Un ejemplo típico se muestra en la Figura 3.10

En la red de acceso, el ATM suministra conectividad de capa 2 sobre ADSL. De esta forma, cada DSLAM podría ser un multiplexor ATM. Como resultado, los programas de video deben ser producidos tanto en formato MPEG sobre ATM, como en formato MPEG sobre IP sobre ATM. Ambas tecnologías están actualmente disponibles, pero el mercado tiende a elegir el IP como el vehículo de entrega a la capa de red. Aunque el IP añade alguna tara al flujo de video, simplifica la distribución en el hogar sobre medios compatibles con Ethernet. Además, hay más aplicaciones disponibles para IP, lo que aumenta su audiencia. En ambos casos, las redes de cabecera y de transporte son similares.

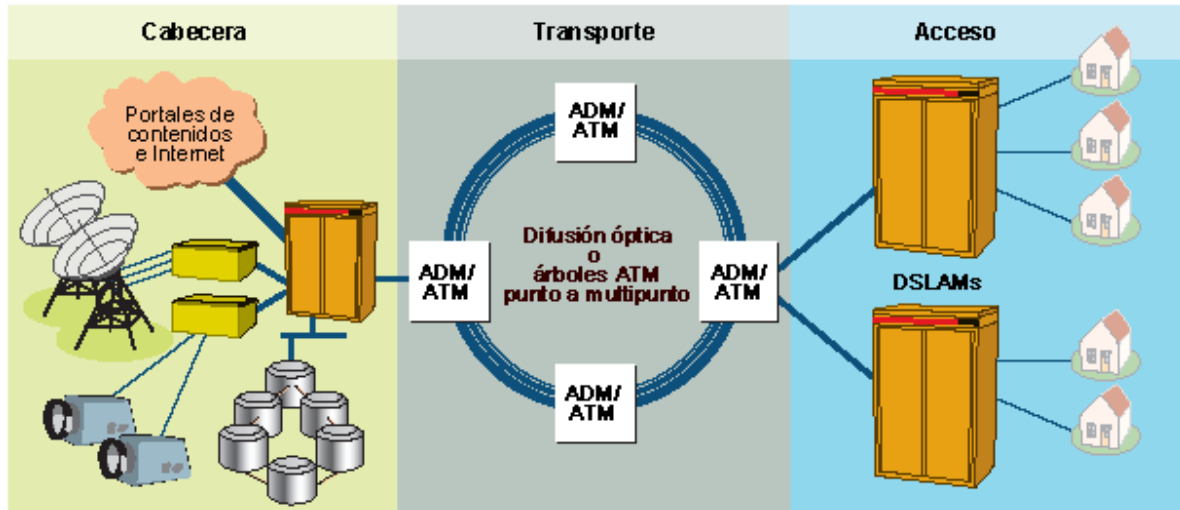


Figura 3.10 Arquitectura típica para producir servicios de video.

### 3.8.1 Red de transporte

El papel de la red de transporte es entregar el contenido desde las posiciones de la cabecera a los DSLAMs adecuados, o a sus centrales y/o routers asociados, en la red de acceso. La red de transporte debe transportar dos tipos especiales de tráfico: multidifusión y unidifusión, correspondientes a los servicios de difusión e interactivos [30].

El tráfico de difusión se transporta como multidifusión IP, como ATM punto a multipunto o como una combinación de ambos (Figura 3.12 y 3.13).

Una buena solución para una red de multidifusión es utilizar conexiones ATM punto a multipunto en un entorno de conmutación ATM. El ATM es una tecnología estable con capacidad probada para replicar datos de gran ancho de banda.

Los servicios interactivos, que generan tráfico de unidifusión, requieren una red bidireccional. Dadas las limitaciones de la red de acceso, estos se suministran mejor mediante circuitos virtuales ATM, soportando

tanto un encapsulado nativo ATM como IP sobre ATM. Dada la abundancia de aplicaciones que se soportan fácilmente con el IP, lo más probable es que el IP sobre ATM domine el mercado.

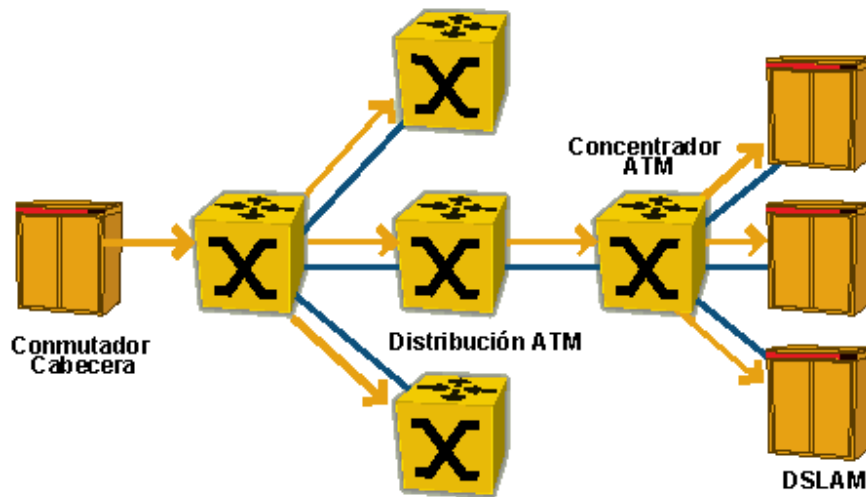


Figura 3.11 Multidifusión IP usando ATM.

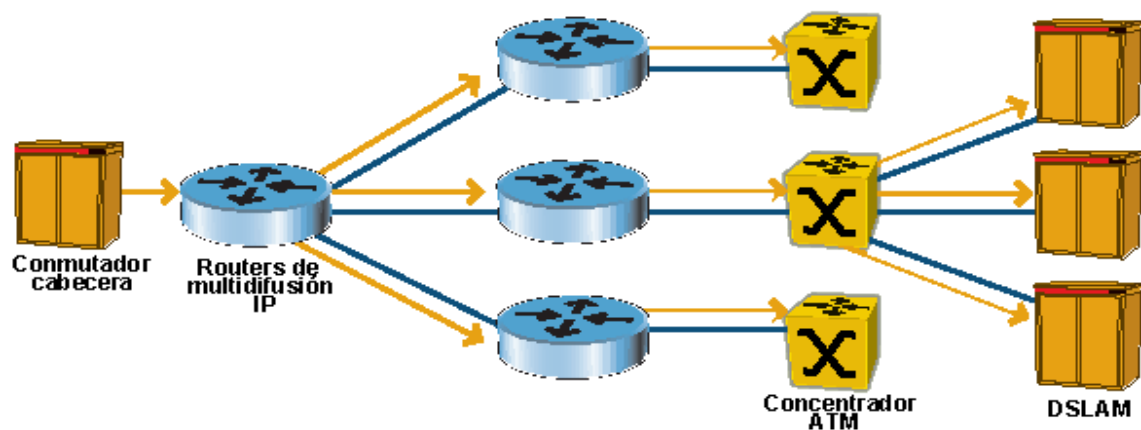


Figura 3.12 Multidifusión IP usando routers.

### 3.9 Impacto de la red ADSL en las telecomunicaciones

Las aplicaciones donde ADSL aparece como la solución óptima en función del segmento de mercado al que se pueden dirigir son:

- a) *Comunicaciones de datos de alta velocidad*, el acceso a Internet y el acceso remoto a redes LAN usado por los trabajadores en oficinas y los usuarios residenciales.
- b) *Provisión de vídeo*, a pesar de que al usuario se le ofrece un servicio descendente de 2Mbps ADSL trabaja también con 8Mbps con aplicaciones como cine bajo demanda, o videojuegos con múltiples jugadores, programas de TV o aplicaciones de extracción de información en forma de vídeo.

El servicio que más rápidamente se ha podido ofrecer es el de acceso a Internet de alta velocidad, ya que no requiere efectuar demasiadas ampliaciones/ modificaciones de equipamiento en la infraestructura de red existente. Dada la relevancia del tiempo de respuesta por parte del operador, cobran gran importancia los sistemas de precualificación de líneas ADSL, cuyo cometido principal es informar sobre el estado del par de cobre y de si éste se encuentra en condiciones de ofrecer el servicio satisfactoriamente. En paralelo están los sistemas de gestión que se han de instalar para asegurar la correcta provisión del servicio.

#### 3.9.1 Problemas que presenta ADSL

- Costos de instalación, al requerirse la presencia de personal del operador en las dependencias del cliente.
- No todos los pares están a una distancia tal que se puedan ofrecer las prestaciones máximas. Recuérdese que la velocidad es función de la longitud del bucle.

- El estado de los pares de cobre es diverso, encontrándose pares de diferentes calibres (diámetros), empalmes, ramas multiplazas (pares que se duplican para acceder con el mismo a dos ubicaciones distintas), etc.
- El ruido influye notablemente en la calidad de la comunicación.
- Es posible la aparición de diafonía en los cables multipares, presentándose dos variantes: *Near-End Crosstalk* (NEXT) y *Far-End Crosstalk* (FEXT). NEXT y FEXT: Son medidas artificiales (simuladas) a frecuencias fijas que requiere de un par extra y dos instrumentos y se usan con el propósito de medir el efecto que un par podría causar a otros pares.
- Los módems ADSL son caros.
- Cambios en la distribución de tráfico. Debido a que en ocasiones se suele asignar una dirección IP estática al usuario, éste puede cambiar su comportamiento en cuanto al uso de la red y ofrecer también sus propios contenidos, actuando como servidor y pasando de un comportamiento asimétrico de los datos a un comportamiento más simétrico.

### 3.9.2 Ventajas que presenta ADSL

Analizado el funcionamiento del ADSL, podemos destacar las principales ventajas del acceso a través de esta tecnología:

1. Gran ancho de banda en el acceso: permite el intercambio de información en formato digital a gran velocidad entre un usuario y la central local a la que se conecta mediante un par de cobre.
2. Este ancho de banda está disponible de forma permanente.
3. Se aprovecha una infraestructura ya desplegada, por lo que los tiempos de implantación de los servicios sobre la nueva modalidad de acceso se acortan.

4. El acceso es sobre un medio no compartido, y por tanto, intrínsecamente seguro.

Después de haber realizado un análisis más profundo de lo que es la tecnología ADSL, desde su funcionamiento y características, hasta sus ventajas y desventajas, se continuará en el siguiente capítulo con el funcionamiento de algunos equipos de medición que se ocupan para esta tecnología.

# **CAPÍTULO 4**

## **MEDICIONES EN LA RED**

### **ADSL**

## **Capítulo 4. Mediciones en la red ADSL**

En el capítulo anterior vimos que ADSL es una tecnología de módem que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas, que facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones multimedia como juegos en línea, vídeo bajo demanda, videoconferencia, voz sobre IP, etc.

Es un servicio dirigido a internautas y profesionales que hagan un uso intensivo de la red, de forma que puedan beneficiarse tanto de alta velocidad para la transmisión y recepción de datos como de la tarifa plana para sus conexiones a Internet con tiempo ilimitado.

En nuestro país la tecnología ADSL forma ya parte de nuestra vida diaria; podemos disfrutar de los servicios que nos brinda sin problema alguno. En este capítulo haremos un análisis de las diferentes mediciones que se pueden tomar de la red, de tal modo que estos conocimientos sirvan al lector para que tenga un conocimiento amplio de cuáles son los equipos que se utilizan para realizar dichas mediciones, sepa interpretarlas y pueda ocupar este trabajo como un manual para realizarlas dichas pruebas.

Como bien sabemos el servicio de ADSL nos llega a través del cable telefónico y éste presenta diferentes problemas que esta tecnología debe afrontar, a continuación se mencionaran algunos de los principales factores que se deben de tener en cuenta en este tipo de red.

#### 4.1 Atenuación creciente en frecuencia

La mayoría de los pares de cobre que conectan las centrales locales de las compañías telefónicas con sus clientes fueron instalados hace ya varios años y no han sido sustituidos. Los pares enrollados AWGN 24 y AWG 26 (0.5 mm y 0.4 mm de sección, respectivamente) hacen la función para la cual estaban inicialmente diseñados, llevar señales portadoras de voz. Sus longitudes son limitadas debido a la atenuación por encima de los 4kHz. [31]

##### 4.1.2 El ruido

Podemos diferenciar entre dos tipos de ruido que pueden afectar a una transmisión ADSL sobre cable de cobre:

**a) Ruido intrínseco:** ruido térmico, ecos, reflexiones, atenuación y CrossTalk, también hay otros componentes presentes en la infraestructura del cableado como protectores de sobrecargas, filtros de radiofrecuencia o puentes. Debemos sumar las imperfecciones en la instalación del cable, como pares en mal estado, contactos con tierra o humedades.

**b) Ruido extrínseco:** básicamente se trata de ruido impulsivo generado por chispas eléctricas, vallas eléctricas, líneas de alta tensión, maquinaria, interruptores, luces fluorescentes. Muy importantes son también las interferencias de las emisoras de radio.

Podemos también clasificar los ejemplos citados entre limitadores de la capacidad o del funcionamiento.

**c) Limitadores de la capacidad:** ruido que cambia lentamente, como el ruido térmico o el crosstalk.

**d) Limitadores del funcionamiento:** ruido intermitente por naturaleza, como los impulsos o las interferencias radio. Es impredecible, por lo que obliga a dejar un margen de seguridad en el diseño. En ADSL se utiliza el entrelazado y códigos adaptativos de línea para minimizar estos efectos.

#### 4.1.3 CrossTalk

El crosstalk es el principal limitador de la capacidad en las comunicaciones ADSL. Existen dos tipos muy diferentes de crosstalk en los pares de cobre: [32]

**a) NEXT (Near End CrossTalk)** Uno de los parámetros claves para detectar problemas en la línea es el análisis de ruido de fondo, en banda ancha, realizado con un analizador de espectros. De esta forma es posible identificar interferencias internas (crosstalk) y externas (AM).

El NEXT es definitivamente un parámetro que afecta los servicios ADSL, en general, en cuanto en el lado de la central se concentran múltiples servicios digitales que transmiten con potencias relativamente altas. Cada servicio que se agrega a un cable, es una potencial fuente de ruido. Sin embargo, hay que tener en cuenta que aunque el interferente puede reflejarse con un alto nivel de ruido, la señal a transmitir también será transmitida con una potencia alta, haciendo que el efecto no sea tan grave, en cuanto se logra una buena relación señal/ruido.

- Afecta a aquellos sistemas que transmiten a la vez en los dos sentidos.
- Si aparece, es mucho más importante que el FEXT.
- La solución es separar los dos sentidos de transmisión en tiempo o en frecuencia.

**b) FEXT (Far-end Crosstalk):** Normalmente, el problema más grave de ruido es el de tipo FEXT, visto desde el punto de vista del usuario.

Es decir, la señal upstream del usuario llega atenuada a la central, donde va a competir con el crosstalk generado localmente y la relación señal/ruido va a ser más baja. De todas maneras, esto no es nuevo y todos los sistemas ADSL han sido desarrollados con esto en mente.

Es por esta razón que las señales upstream del ADSL se encuentran a bajas frecuencias, donde la atenuación es mucho menor. Por último, la experiencia ha demostrado que el ruido más dañino no se produce por crosstalk, sino en las largas acometidas aéreas con cable plano, donde el ruido inducido por las emisoras de AM y HF alcanza niveles muy altos, siendo agravado por el hecho de estar cerca al suscriptor, donde la señal ADSL que viene de la central ya se ha atenuado, resultando en márgenes de señal/ruido muy bajos [33]. Esto no es gran problema para HDSL o ISDN, porque son de frecuencias más bajas. En estos casos será necesario medir el ruido del lado del suscriptor y verificar su efecto.

#### 4.1.4 Dispersión

La dispersión de la señal es otro problema con las señales de altas frecuencias. Las características físicas de las líneas de transmisión son tales que las señales de diferentes frecuencias se propagan a velocidades diferentes. Así pues los pulsos, que representan los datos y que están constituidos por muchas componentes frecuenciales, tienden a dispersarse a medida que se propagan a través de la línea, pudiéndose solapar el uno con el otro. Este efecto es conocido como interferencia intersimbólica y limita la velocidad de transmisión máxima. Igual que la

atenuación, los efectos de la dispersión empeoran con la frecuencia y la longitud de la línea.

#### **4.1.5 Bridge Tap**

A menudo los técnicos de las compañías telefónicas, cuando conectan a un nuevo abonado, derivan de un par existente y dejan el resto del cable intacto y abierto para un uso probable en el futuro.

El problema básico es que esta línea queda sin adaptar y que se pueden producir reflexiones que interfieran el correcto funcionamiento de la red. En la industria telefónica a este problema se la llama bridge tap y debe solucionarse adaptando correctamente todas las terminaciones.

#### **4.1.6 Distribución frecuencial**

La banda frecuencial usada en la tecnología ADSL comprende desde los 0 Hz hasta los 1.1 MHz, porque más allá del los 1.1 MHz las pérdidas son demasiado importantes. Esta banda se reparte en tres sub-bandas:

- a) Voz telefónica (0-4 Khz.)
- b) Canal de subida (25-138 Khz.)
- c) Canal de bajada (200kHz-1.1 MHz)

#### **4.1.7 Cancelación de ecos**

Si utilizamos algún tipo de tecnología que permita cancelar ecos, la banda del canal de bajada puede ser expandida. En términos simples, la cancelación de ecos significa que el canal de subida y el de bajada son enviados por el cable a la misma frecuencia, o sea, que se solapan, mientras que el método FDM envía el canal de subida y el de bajada a diferentes frecuencias.

La ventaja de la cancelación de ecos es que ambas señales se encuentran a la frecuencia más baja posible y tanto la atenuación y el crosstalk se incrementan con la frecuencia). De esta manera se pueden alcanzar distancias para una tasa dada. Pese a todo, los sistemas de cancelación de ecos ADSL son más sofisticados por los que pocos fabricantes lo implementan. [34] Un receptor ADSL ve una única señal que es el resultado de la señal entrante del módem remoto y la señal saliente del propio módem receptor. Estas se encuentran mezcladas en el mismo rango frecuencial.

#### **4.2 Diferentes mediciones en la red**

Las pruebas que en estos momentos se están haciendo para caracterizar un par de cobre y evaluar su aplicabilidad a ADSL son muy escasas, no sólo en los países de América Latina. Un test común es prueba y error, es decir, se conecta el modem y se verifica si funciona o no. Si no funciona entonces hay que seleccionar otro par de cobre.

Algunos van más allá y utilizan un multímetro para medir la resistencia de la línea, continuidad y el voltaje inducido, antes de conectar el modem. En muy pocos lugares están siendo realizadas las pruebas necesarias para calificar el par, debido a la carencia de los instrumentos necesarios. Un problema con los sistemas de prueba y error, es que la mayoría de los sistemas ADSL tienen la capacidad de ajustarse a las condiciones de la línea, para transmitir a la mayor velocidad posible. Es decir, en la mayoría de los casos van a funcionar, pero, no a la velocidad que contrató el cliente y que además paga por lo que no se estaría garantizando la calidad de servicio.

Con el fin de maximizar la calidad del enlace xDSL, es necesario que se midan las características físicas del par de cobre y evaluar su aplicabilidad al xDSL específico. Algunos de los parámetros importantes a medir se explican a continuación:

#### 4.2.1 Continuidad, Impedancia (resistencia del loop, aislamiento y capacitancia)

Los valores de capacitancia y resistencia de lazo se utilizan para cosas prácticas, como estimar la longitud del cable. Estas longitudes (LC y LR) deben ser comparables y pueden ser aplicadas de la siguiente manera:

- Poder diferenciar entre una bobina de carga y el final del cable
- Si la longitud obtenida con C es significativamente mayor que la obtenida con RLoop, es muy posible que existan derivaciones (múltiples) en la línea. La longitud del múltiple (o suma de múltiples) sería equivalente a la diferencia entre las dos distancias (LC-LR).

#### 4.2.2 Balance Longitudinal de Impedancias

Esta es una medida que muchos saben que existe, algunos conocen de qué se trata, pocos la entienden y solo una minoría sabe como interpretar los resultados. La recomendación G.992.1 en su anexo A, sección A.4.3.1 especifica que el par utilizado para ADSL debe tener un balance longitudinal  $> 40\text{dB}$ , para el rango de frecuencias de 30 a 1104kHz.

La mayoría de los instrumentos de campo que realizan esta medida lo hacen para la banda de audio (4 KHz.), que no es aplicable a ADSL o a xDSL en general; esto causa un poco más de confusión.

El balance longitudinal es un medio de estimar la susceptibilidad al ruido de un cable. Es decir, la posibilidad de que entre ruido al cable. Desafortunadamente, en la práctica, una vez que el cable está instalado el ruido deja de ser una posibilidad, se convierte en un hecho y no hay mucho que podamos hacer. Es por esta razón que los instrumentos

modernos se enfocan a la medida e identificación del ruido que existe en el cable, por medio de analizadores de densidad espectral de potencia (PSD).

#### **4.2.3 Pérdida por retorno, pérdidas por inserción**

Requiere de un generador de barrido y un medidor selectivo. Los instrumentos modernos ofrecen las dos funciones integradas, para evitar el uso de dos aparatos diferentes. Esta prueba permite identificar la presencia de líneas en paralelo (derivaciones o múltiples), si se hace un barrido detallado y con los datos de pérdida de inserción, el técnico puede obtener la longitud aproximada del cable.

#### **4.2.4 Longitud del cable, detección de empalmes, bobinas de carga y presencia de agua**

Las bobinas de carga fueron muy utilizadas para compensar el efecto capacitivo, en líneas muy largas, y mantener la calidad de voz. Dependiendo de la longitud del cable, un circuito puede tener más de una bobina de pupinización. Muy utilizadas en todo el mundo, hoy se consideran un problema para los servicios ADSL, ya que atenúan las frecuencias que se encuentran más allá del espectro audible.

#### **4.2.5 Medición de voltaje AC y DC inducido en la línea.**

#### **4.2.6 Medición de corriente AC y DC en la línea.**

#### **4.2.7 Medición de la velocidad máxima de transmisión del ADSL**

En general, es recomendable medir el desempeño de los sistemas ADSL y no estimarlo. Un caso típico es la respuesta a las preguntas más comunes en ADSL ¿Cuál es la máxima velocidad que soporta este par?

Y ¿Cuál será el margen a la velocidad ofrecida? La respuesta a este tipo de preguntas no se debe obtener mediante estimación, sino mediante

verificación (medición), utilizando instrumentos emuladores de modem. Un proveedor de servicios no puede prometer una velocidad, a sus clientes, basado en estimaciones. Se tiene que estar seguro de lo que se ofrece, la velocidad de transferencia es al final una de las principales medidas de la calidad del servicio. [35]

#### **4.2.8 Medición de la tasa de error BERT de ADSL**

Este trabajo no sugiere que todas las medidas deban ser realizadas, sin embargo, es necesario conocer cual es el impacto que cada uno de estos parámetros tiene en el desempeño del ADSL [36]. Es importante que al momento de seleccionar los instrumentos o herramientas para realizar pruebas en ADSL, se consideren aquellas que cubran la mayor cantidad de estos parámetros ya que el sentido común indica que las facilidades de planta exterior, utilizadas en transmisión de datos, deberían ser probadas más rigurosamente, con el fin de asegurar la calidad del servicio que se contratan y pagan los usuarios.

#### **4.3 Equipos de mediciones que se utilizan en el mundo para realizar mediciones de la tecnología ADSL**

Para realizarle a los pares de cobre las pruebas explicadas anteriormente e incluso algunas más, existe en el mercado una gran cantidad de sofisticados equipos de mediciones. Se mostrarán algunos de ellos, incluyendo el SLT-11 que se encuentra en México.

### 4.3.1 Sun Set XDSL



Figura 4.1 Equipo Sunset XDSL

#### 4.3.1.1 Algunas mediciones que realiza [30]

- Caracterización del enlace (nivel físico).
- Diagnóstico y mantenimiento del cable.
- Identificación de interferencias (ruido) mediante análisis de espectro.
- Simulación de ATU-C (Simula un DSLAM).
- Simulación de ATU-R. (Simula un modem).
- Velocidad y margen vs distancia y ruido.
- Verificación de conectividad DSL.
- Sincronización con el DSLAM.
- Parámetros del enlace.
- Densidad Espectral de Ruido (PSO).
- Relación señal/ruido

- Ruido impulsivo
- Medidor de nivel y generador de frecuencias
- Resistencia del loop. (Estimación de distancia para diferentes calibres)
- TDR (Reflectómetro de dominio temporal). Localiza circuitos abiertos, en cortos, en paralelo y bobinas de carga que afecten el par.
- DMM (Multímetro Digital). Mide VAC, VDC, R y C. Pérdidas de Inserción

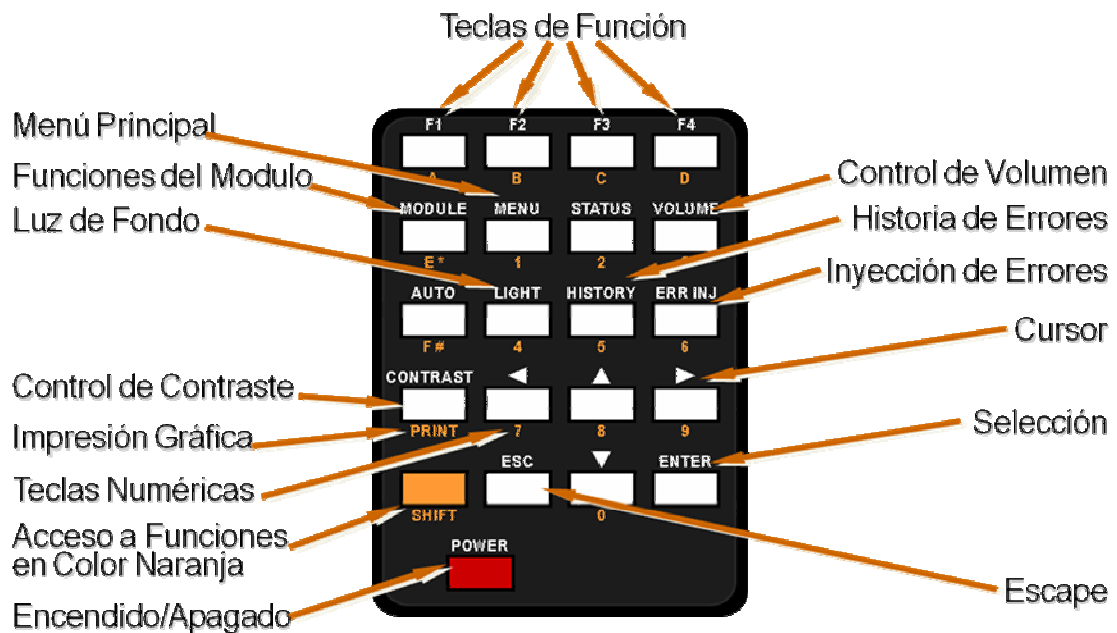


Figura 4.2 Teclado del equipo

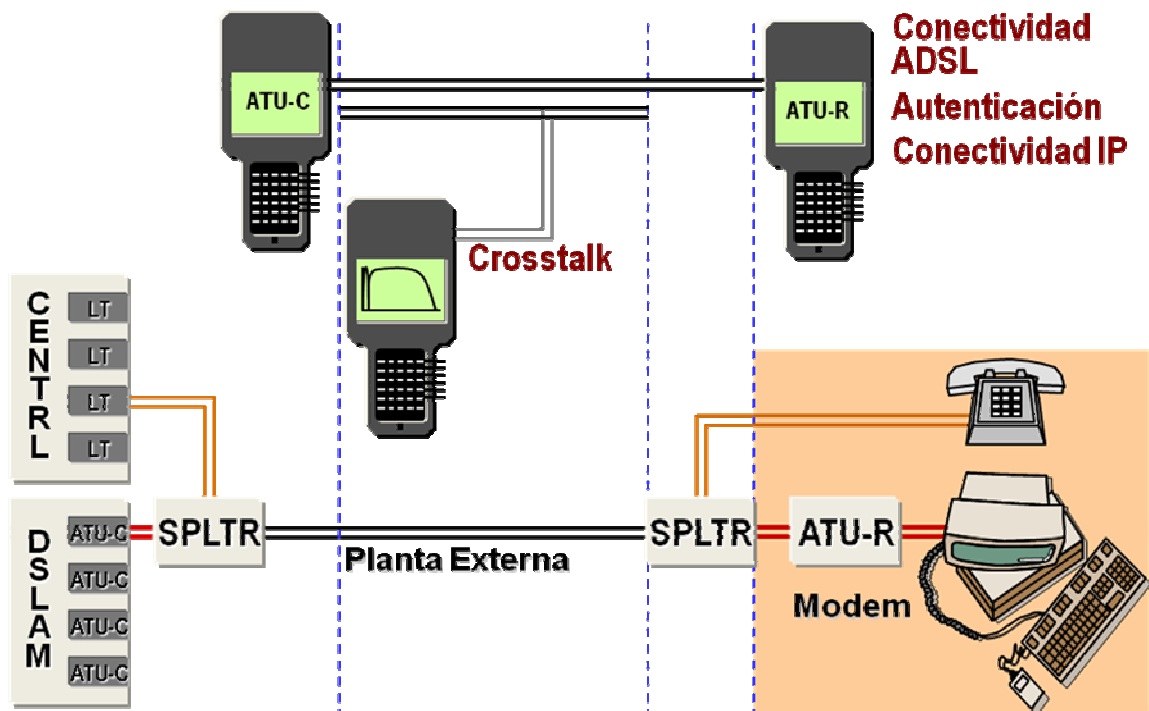


Figura 4.3 Emulación ADSL.

#### 4.3.2 Equipo Colt-250



Figura 4.4 Equipo Colt-250

#### **4.3.2.1 Algunas mediciones que realiza [36]**

- Resistencia de lazo.
- TDR.
- Margen de ruido – en subida y en bajada.
- Atenuación – en subida y en bajada.
- Máxima velocidad – en subida y en bajada.
- Capacidad – en subida y en bajada.
- Potencia – en subida y en bajada

El uso del par de cobre puede llegar a causar problemas de calidad de servicio a los usuarios finales, por lo mismo se requiere tener algunos equipos que proporcionen todas las funcionalidades necesarias para la resolución de los problemas, la instalación y mantenimiento de los servicios de las líneas de abonado digitales asimétricas.

#### **4.3.3 Equipo CableSHARK**



Figura 4.5 Equipo CableShark

##### **4.3.3.1 Mediciones que realiza [31]**

- Respuesta en frecuencia a 2MHz. Reflectómetro de dominio en tiempo (TDR)
- Balance longitudinal de señal. PSD, RMS y ruido impulsivo. Prueba

DMT para predicción del data rate y prueba de bobina de carga.

- Voltaje, resistencia, capacitancia e intensidad. Localiza fallas (derivaciones, pares no terminados, cambios en el calibre, cortos, circuitos abiertos y cualquier anomalía) en el loop indicando la distancia a la falla en metros ó en tiempo de propagación.
- Software de detección espectral. Permite conectarse a un circuito xDSL activo.
- Prueba DMT desde un solo extremo. Extrapolación del Data Rate para ADSL con un solo equipo.

Con el crecimiento de la autoinstalación, donde para recortar costos, el cliente compra el módem ADSL y un divisor, se prevé que crezcan los problemas del servicio, instalación y puesta en servicio de ADSL.

#### 4.3.4 Aurora Presto



Figura 4.6 Equipo Aurora Presto.

Las tecnologías de línea digital de abonado (xDSL) permiten el uso de aplicaciones de banda ancha sobre el bucle local, por ejemplo acceso remoto, vídeo bajo demanda, Hi-Fi, comercio electrónico e internet de alta velocidad. ADSL es el sistema más eficaz para conectar usuarios y compañías utilizando la infraestructura de cobre ya que mantiene los servicios de banda estrecha y abre el nuevo mercado de banda ancha.

Las tecnologías ADSL son robustas y muy adecuadas al uso sobre el cobre existente de baja calidad. Sin embargo, la degradación del bucle de abonado puede provocar en la capa física problemas que no se pueden detectar a través de las medidas tradicionales en servicio.

Un caso típico en el que Aurora Presto muestra sus grandes ventajas es aquél en que el módem del cliente no puede sincronizarse en un circuito anteriormente real. En esta situación se puede utilizar un multímetro digital para confirmar que la tensión del par de cobre es correcta, y también para comprobar la conexión a DSLAM. [31]

En el caso de que falle esta prueba, lo típico sería utilizar el TDR para localizar el fallo y conocer su tipo. Aurora Presto dispone de las dos funcionalidades, TDR y DMM, para la fácil localización de fallos en la capa física del bucle de abonado. TDR (Reflectómetro de dominio temporal) DMM (Multímetro digital) ACV, DCV, Capacidad, Resistencia, corriente continua, detecta hasta 4 bobinas de carga, análisis de ruido con visualización gráfica. El instrumento TDR localiza rápidamente fallos en el par de cobre, y el instrumento DMM comprueba las características eléctricas del mismo.

#### **4.3.4.1 Pruebas ADSL**

La detención de resultados fiables en las pruebas de la capa ADSL es fundamental para las operaciones de puesta en servicio y mantenimiento del enlace. Aurora Presto proporciona estadísticas detalladas sobre la calidad del enlace ADSL, incluyendo la visualización completa de la asignación de bits por tono. Los planes en banda ADSL sobre POTS y ADSL sobre RDSI soportan todos los DSLM y *chipset* de los grandes fabricantes.

Los tres módems DSL o tarjetas de datos son seleccionados vía la interfaz gráfica de usuario. Éstos son solamente algunos de los motivos por los cuales Aurora Presto es considerado como el instrumento de pruebas xDSL más flexible del mercado.

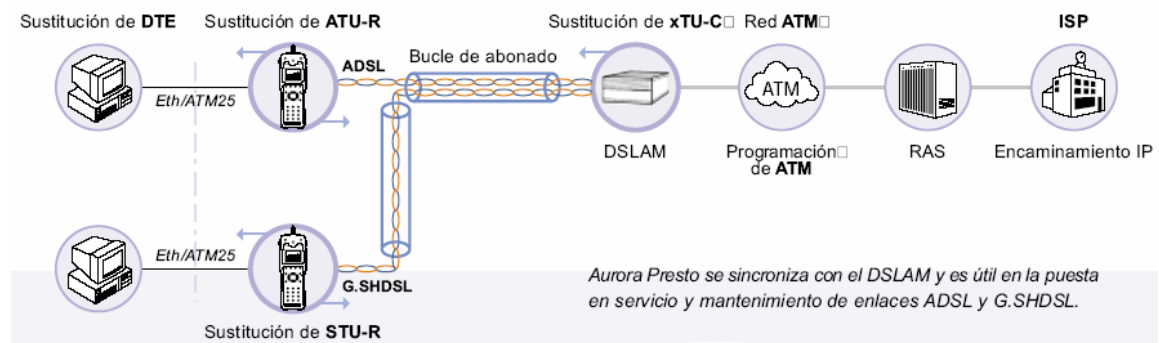


Figura 4.7 Sincronización de Aurora Presto con el DSLAM.

Siendo ATM la tecnología de transporte mayoritaria en las redes ADSL, Aurora Presto va más allá que el resto de instrumentos de prueba parecidos, con su manejo de flujos de células ATM. Las pruebas de capa ATM de Aurora Presto proporcionan un caudal de datos realmente utilizable, una función que no está disponible en los instrumentos de capa DSL, ni en los que implementan la capacidad ATM marginal a través de los chipsets DSL.

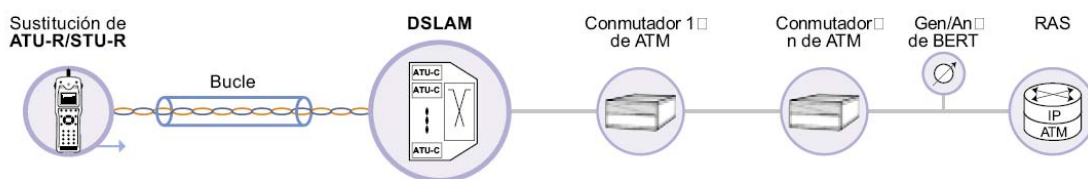


Figura 4.8 Sustitución del ATU-R.

#### 4.3.4.2 Pruebas BERT

Las pruebas BERT (Bit Error Rate Testing) forman el método universalmente aceptado para pruebas fijas de la calidad de línea. Aurora Presto permite pruebas BER sobre DSL a través de patrones fijos o pseudoaleatorios (PRBS) definidos por el usuario, e incluso dispone de estadísticas completas de las pruebas BER.

#### 4.3.4.3 Pruebas IP Ping

Aurora Presto dispone de una extensa capacidad de pruebas IP, incluyendo IP Ping completo y *Trazado de Ruta* disponible sobre el *Ethernet* estándar o la conexión DSL. Las estadísticas detalladas de IP incluyen, en modo Sustitución de *Ruta*, estadísticas separadas para LAN y WAN.

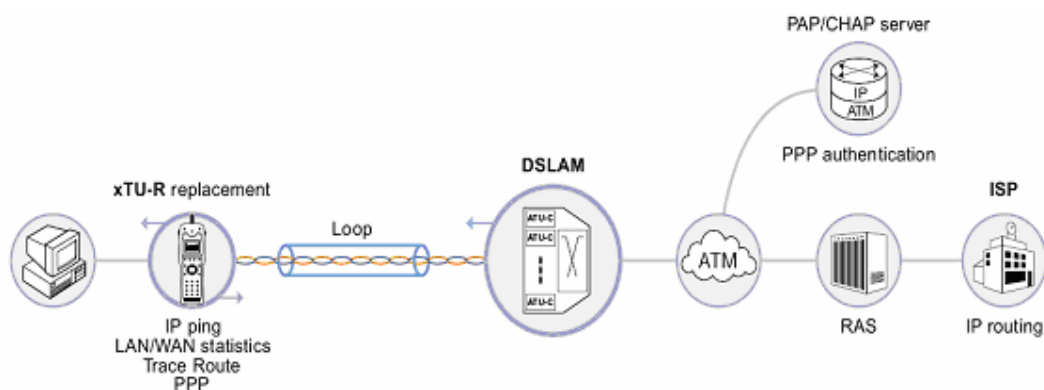


Figura 4.9 Prueba IP ping.

#### 4.3.4.4 Pruebas PPP

Las conexiones DSL generalmente encapsulan IP y proporcionan conectividad al RAS a través de PPP, PPPoE (PPP sobre *Ethernet*) y PPPoA (PPP sobre ATM) son configuraciones populares utilizadas en todo

el mundo. Aurora Presto facilita el login del usuario al RAS a través de PPPoE o PPPoA.

El trazado de PPP resulta práctico para la localización de fallos, identificando eficazmente el punto de fallo. Los modos Servidor PPP permiten la verificación de los equipos de las instalaciones de usuario (PC y módem), independientemente del SLAM, de la red central y del ISP. PPP es un protocolo importante, utilizado ampliamente en muchas aplicaciones ADSL. [31]

Con Aurora Presto, es posible verificar las instalaciones DSL a través de pruebas que llegan directamente hasta la capa de aplicaciones. La ventana del estado de PPP ayuda en la búsqueda de fallos.

#### 4.3.5 Equipo Aurora Tango



Figura 4.10 Aurora Tango

Aurora Tango es un instrumento modular de mano diseñado para facilitar la instalación de ADSL a clientes residenciales y empresas. Aurora Tango emula un módem ADSL funcionando como ATU-R en contacto con el DSLAM. Aurora Tango verifica los parámetros ADSL

aportados, identificando el comportamiento y analizando la calidad del servicio.

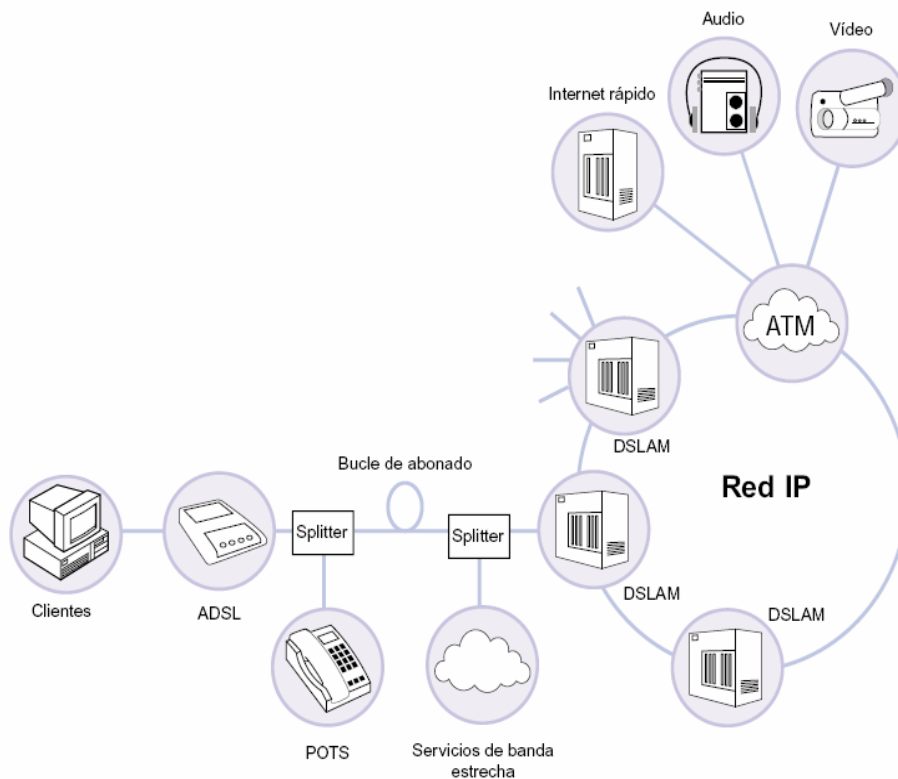


Figura 4.11 Servicios de Banda Ancha ADSL

#### 4.3.5.1 Certificación ADSL: conectar y medir

Las líneas ADSL son solamente homologadas a través de modelos que suponen los parámetros físicos y eléctricos. Aurora Tango permite la verificación del par de cobre con ayuda de los parámetros del servicio ADSL. Simplemente conéctese a la línea y en un par de segundos conocerá si puede proporcionar el nivel de servicio requerido. Si la línea no tiene la calidad necesaria, se prueba otro circuito disponible hasta que se pueda instalar ADSL con la calidad necesaria.

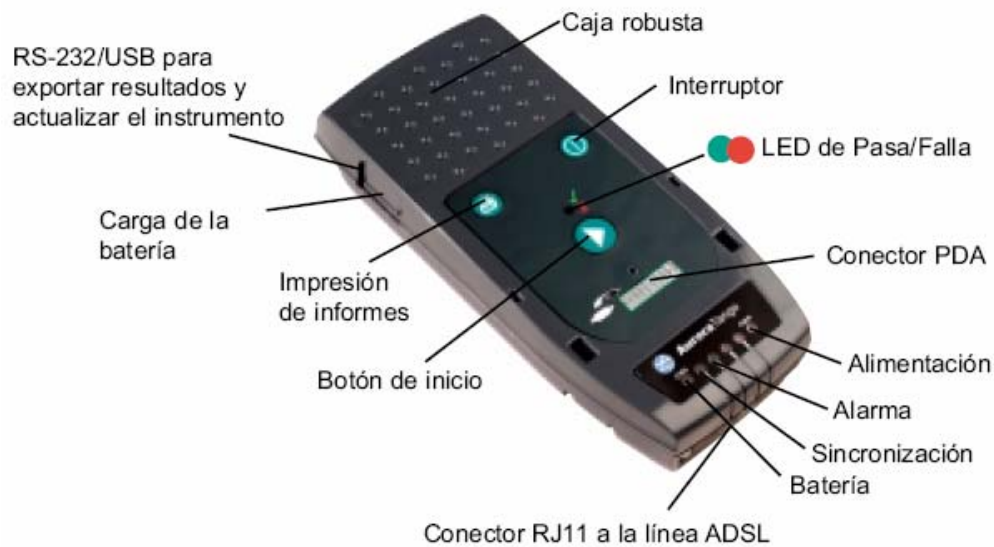


Figura 4.12 Aurora Tango Módulo Unite.

#### 4.3.5.2 Selección de la prueba

Aurora Tango tiene la capacidad de ejecutar un gran número de perfiles de prueba para comprobar instalaciones de ADSL. Aurora Tango permite programar los criterios de certificación PASA/FALLA según el nivel de servicio o tipo de bucle [31]. En minutos se podrá instalar y verificar servicios ADSL, sin riesgo de errores o interpretación de resultados.

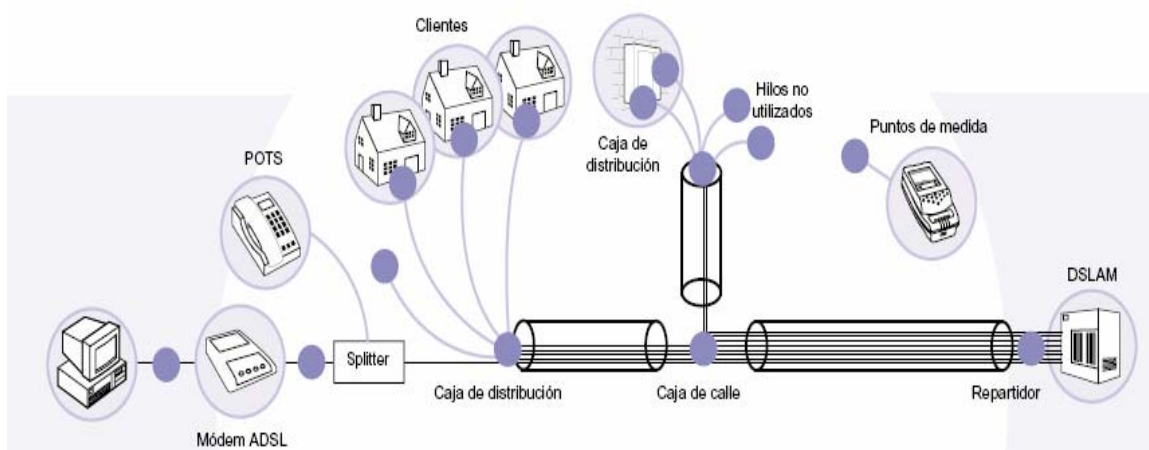


Figura 4.13 Pruebas de servicio ADSL internas y externas.

#### 4.3.5.3 Comprobación de nivel físico.

Aurora Tango analiza la calidad del nivel físico ADSL, identificando las causas de velocidades binarias reducidas. Aurora Tango analiza los 256 tonos DMT de ADSL para producir informes de ruido y asignación de bits. El análisis de los tonos es una herramienta muy poderosa en la resolución de averías, permitiendo identificación inmediata del fallo.

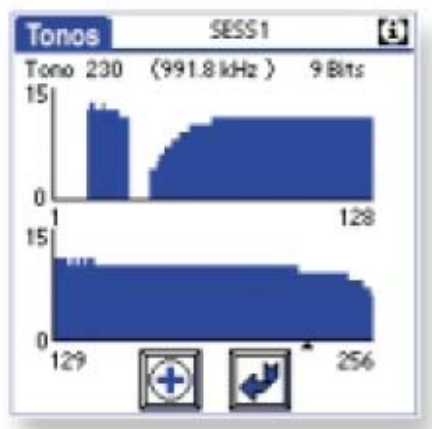


Figura 4.14 Análisis de los 256 tonos DTM.

#### 4.3.5.4 Sincronización de DSLAM

Conecte Aurora Tango al circuito, pulse la tecla de inicio y comenzará la fase de entrenamiento con el módem ATU-C, después de sincronizarse con el DSLAM. Aurora Tango genera automáticamente un trazado con marca de tiempo de la secuencia Comando/Respuesta y otros eventos. Incluye una lista de los códigos de error para facilitar la interpretación de las causas del problema [30].

Cualquier prueba hecha con Aurora Tango puede ser interpretada en dos niveles:

- a) Resultado de PASA/FALLA, donde un LED indica el resultado de la prueba según el umbral definido.
- b) Informe analítico una vez completada la prueba, mostrado en la pantalla PDA, impreso o transmitido a un PC.

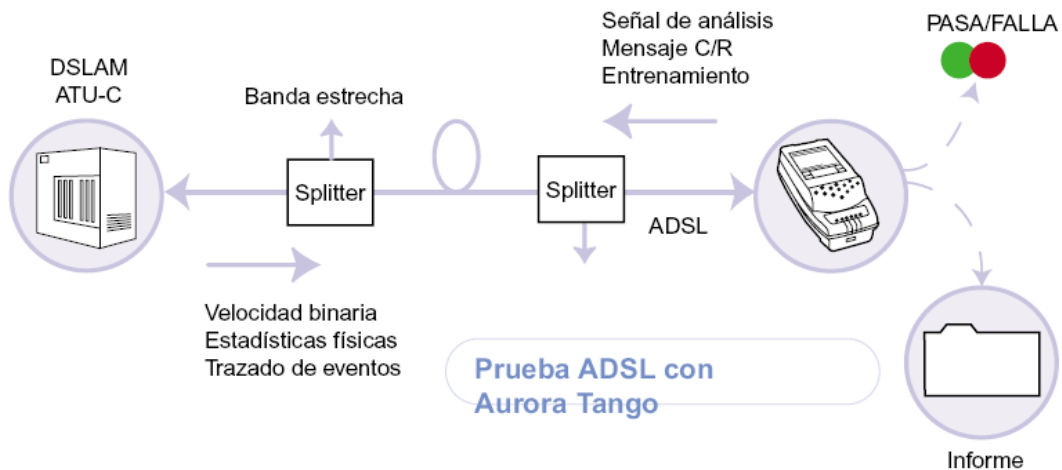


Figura 4.15 Prueba ADSL con Aurora Tango.

#### 4.3.5.5 Descarga de Resultados

Es posible imprimir un informe, guardarlo en un fichero o enviarlo a la oficina con el PDA. El departamento de asistencia al cliente recibirá el informe en un formato transferible a un PC para un análisis más detallado.



Figura 4.16 Transferencia de Datos.

| Estadísticas    |  | SESS 1      |
|-----------------|--|-------------|
| Ascendente      |  | Descendente |
| VB alcanzada    |  | 960kbs      |
| VB rápida       |  | 960kbs      |
| VB entrelazada  |  | 0kbs        |
| Margen ruido    |  | 6dB         |
| Potencia salida |  | 3,5dBm      |
| Atenuación      |  | 12dB        |
| Capacidad relat |  | 100%        |

Figura 4.17 Despliegue de Resultados Obtenidos.

#### 4.3.6 Equipo TS-1000

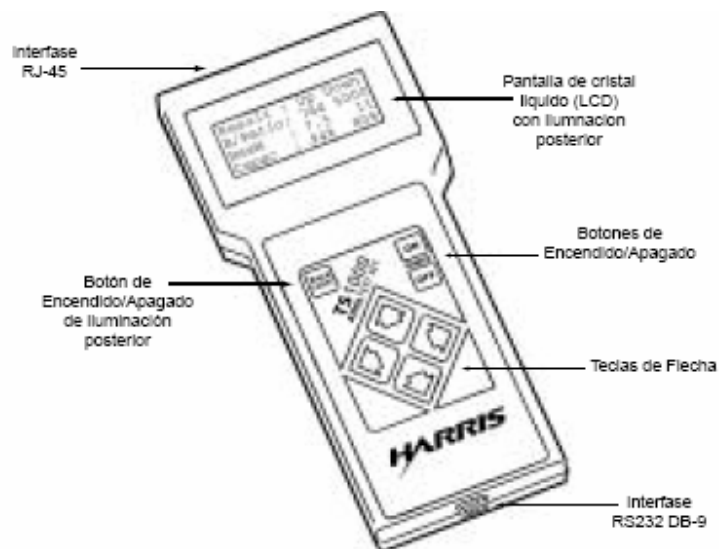


Figura 4.18 Equipo TS-1000

El Equipo TS1000 es un dispositivo manual portátil diseñado para usarse principalmente por los técnicos de planta externa; sin embargo, cualquier persona que instale ADSL se beneficiará con la facilidad de uso de este equipo de prueba. El Equipo TS1000 se alimenta de cuatro baterías alcalinas “AA”.

#### 4.3.6.1 Procedimiento de prueba

El equipo de Prueba TS1000 ADSL puede conectarse en varios puntos a lo largo de la línea del suscriptor entre la Oficina Central (OC) y el Cliente. Los puntos de conexión incluyen pero no se limitan a la OC, la caja de cruce, el pedestal y antes o después del Dispositivo de Interfaz de la Red (NID, por las siglas en inglés de *Network Interface Device*). Esto permite al usuario determinar el desempeño a lo largo de la línea. Al conectarse a la línea, el usuario debe estar consciente de los voltajes que estarán presentes en la línea y debe tomar las precauciones pertinentes. El Equipo TS1000 aislará al usuario de cualquier voltaje que pueda ser dañino, como la tensión de timbre y la batería de la estación, una vez que se haya completado la conexión exitosa a la línea. Los circuitos internos del Equipo TS1000 también estarán protegidos de daños causados por elevaciones de voltaje súbitas y la corriente directa (CD) de la línea.

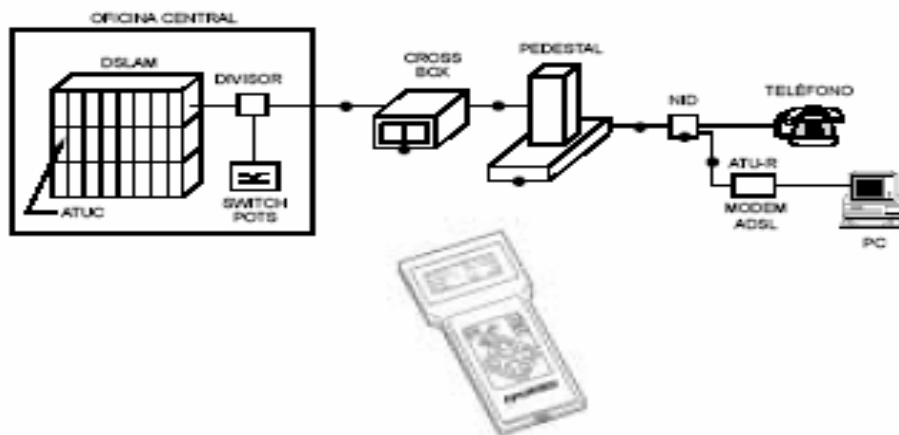


Figura 4.19 Conexión a la Línea.

Si se están realizando pruebas después del divisor de línea (POTS splitter) de abonado en las instalaciones del cliente, necesitará utilizar una configuración de conexión distinta. El divisor de línea de abonado

se usa para separar la señal ADSL y la señal de línea de abonado. Antes del divisor de línea de abonado (hacia el ATU-C = Terminal ADSL lado de la Central), la señal combinada ADSL/línea de abonado se transmite en los pins 4 y 5 en las conexiones de 8 pins, y los pins 3 y 4 en conexiones de 6 pins. Después del divisor de línea de abonado (hacia el ATU-R = Terminal ADSL lado Remoto), la señal ADSL se transmite en los pins 3 y 6 en las conexiones de 8 pins, y en los pins 2 y 5 en conexiones de 6 pins.

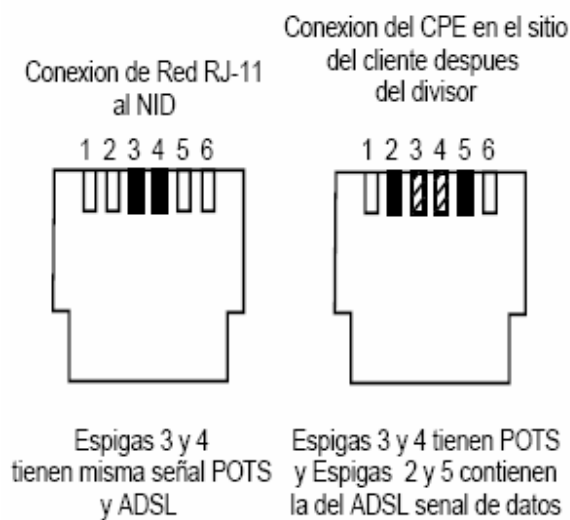


Figura 4.20 Diagrama de entrada/salida de conector RJ-11.

#### 4.3.6.2 Pruebas de configuración

El Equipo TS1000 está diseñado para permitir al usuario configurar su unidad para sus necesidades específicas de prueba y puede ajustarse para operar en varios modos distintos o múltiples de ellos. El Equipo TS1000 puede configurarse para operar con diferentes estándares internacionales T1.413 número 2, ITU-T G.992.1 (G.DMT) y G.9992.2 (G.Lite). El usuario también puede especificar el límite máximo de negociaciones y tiempo de conexiones al ATU-C. [36]

Para configurar la unidad con objeto de realizar una prueba, siga estos pasos:

- a) Asegúrese de que la unidad esté encendida y, a partir de *Menú Principal* avance a la opción *Inicializar*, usando la tecla de flecha descendente. Oprima la tecla de flecha hacia la derecha para entrar a esta opción.
- b) Para seleccionar una prueba, lleve el cursor (\*) al modo de prueba deseado. El usuario puede modificar la cantidad de tiempo que el TS1000 hará intentos de negociar con cualquier ATU-C (negociado) y la cantidad de tiempo que el TS1000 permanecerá sincronizado con el ATU-C (conectado).

Hay algunos parámetros, como el Margen de Ruido (noise margin) y Atenuación que son actualizados cada 10 segundos. El rango de valores para el tiempo Negociado pueden ser determinados de 20 segundos hasta 100 segundos en incrementos de 20 segundos. El rango de valores para el tiempo de Conexión es de 0 segundos a 100 segundos en incrementos de 20 segundos. Oprimiendo la tecla de flecha derecha en repetidas ocasiones puede incrementar el límite de tiempo hasta alcanzar 100 segundos y luego regresará al inicio al primero y el proceso se repetirá.

#### **4.3.6.3 Cómo ejecutar pruebas**

- a) El Equipo TS1000 está diseñado para facilitar la obtención de ADSL. La unidad emulará un ATU-R hasta el punto en que podrá entablar comunicación y conectarse con un ATU-C y reportar parámetros de flujo ascendente y flujo descendente. Basta con conectarse a la línea, encender la unidad y seleccionar la prueba

deseada para ejecución. Los resultados obtenidos incluyen rendimiento de flujo ascendente y flujo descendente, así como margen de ruido (noise margin).

- b) Conecte el Equipo TS1000 a la línea. Asegúrese de usar los pins de salida correctos.
- c) Oprima el botón de encendido (ON). La pantalla principal aparecerá después de que la unidad haya completado con éxito una prueba de auto-diagnóstico. Asegúrese de que el cursor (\*) esté posicionado a un lado de la opción de prueba deseada; *inicie prueba o inicie G.Lite*. La opción de inicie prueba permitirá al TS1000 negociar con el ATU-C que es compatible con T1.413 número 2 y/o ITU-T G.992.1 estándares (G.DMT). El TS1000 también reportará que estándar es negociado así como probado con el ATU-C. La opción de inicie G.Lite permite al TS1000 negociar con el ITU-T G.992.2 compatible con ATU-C.
- d) Oprima la tecla de flecha hacia la derecha para iniciar la prueba. El Equipo TS1000 intentará negociar con el ATU-C. Si no se puede localizar un ATU-C, la prueba se interrumpirá. La duración del tiempo que el TS1000 intentará negociar con el ATU-C está basado de acuerdo al tiempo configurado en la opción de *inicialización* para el tiempo negociado. Por favor consulte la sección de Pruebas de Configuración para mayor información.

Al hacer el intento de conectarse, aparecerá el mensaje de texto *Módem Conecta en progreso*. Si se hace la conexión, el equipo de prueba presentará automáticamente los resultados de flujo ascendente y flujo descendente. Si el intento de hacer la conexión fracasa, aparecerá el mensaje de texto *Modem conecta fallo - Tiempo terminado*.

- e) Si la negociación con el ATU-C es exitosa, el Equipo TS1000 estará en “tiempo de presentación” (showtime) y presentará los siguientes resultados.

|         |             |     |
|---------|-------------|-----|
| Result: | Abajo / Arr |     |
| MaxR/B: | 7904        | 946 |
| Raz./B: | 7904        | 928 |
| Capac:  | 100%        | 98% |

|         |             |      |
|---------|-------------|------|
| Result: | Abajo / Arr |      |
| IntR/B: | 0           | 0    |
| Ruido M | 8.0         | 11.5 |
| Encend  | 12.0        | 7.5  |

Figuras 4.20 y 4.21 Resultados finales de la prueba.

Oprimir la tecla de flecha descendente para ver más resultados. Los nuevos resultados en la pantalla, también permiten al usuario a respaldar los resultados de las mediciones.

Los resultados de la columna izquierda corresponden a los resultados del flujo descendente (del ATU-C a las instalaciones del Cliente). Los resultados de la columna derecha corresponden a los resultados del flujo ascendente (de las instalaciones del Cliente al ATU-C). [37]

#### 4.3.6.4 Resultados obtenidos

- **MaxR/B.** Indica la máxima velocidad en bits que se puede alcanzar. Los resultados se presentan en Kbits/ seg. Los valores medidos para el flujo ascendente y el flujo descendente no deben ser mayores que la velocidad mínima en bits establecida en el ATU-C.
- **Raz.B:** Indica la velocidad rápida en bits alcanzada. Los resultados se presentan en Kbits/seg. Los valores medidos para el flujo ascendente y el flujo descendente no deben ser mayores que la velocidad mínima en bits establecida en el ATU-C. El resultado

será 0 si en el ATU-C está habilitada la Velocidad en Bits Intercalada (*Interleaved Bit Rate*).

- **Capac:** Indica la capacidad de la línea. Ésta es la relación entre la velocidad en bits alcanzada ( $R_{az.}/B$  o  $IntR/B$ ) y la velocidad máxima en bits que se puede alcanzar. Los resultados se presentan como porcentaje (%). El valor de la capacidad debe ser razonablemente alto (mayor de 90%). Un valor bajo podría significar que hay ruido en la línea.
- **IntR/B:** Presenta la velocidad en bits intercalada (interleaved bit rate) alcanzada. Los resultados se presentan en Kbits/seg. Los valores medidos para el flujo ascendente y el flujo descendente deben ser mayores que la velocidad mínima en bits establecida en el ATU-C. El resultado será 0 si en el ATU-C está habilitada la Velocidad en Bits rápida (*Fast Bit Rate*).
- **Ruido M:** Indica el margen de ruido obtenido. Ésta es la cantidad de ruido aumentado en relación con la potencia de ruido medida que el sistema sería capaz de tolerar para mantener un índice de error de bit de  $10^{-7}$ . Los resultados se presentan en dB. La norma de la industria es un valor mínimo de 6 dB.
- **Encend:** Indica la potencia total que es una medición de la potencia total de salida. Los resultados se presentan en dBm.
- **Atten:** Indica la atenuación total. La atenuación es la diferencia medida en dB entre la potencia transmitida en el extremo cercano y recibida en el extremo lejano.

- **Op:** Muestra la Operación del modo negociado entre el ATU-C y el TS1000. Los resultados pueden ser tanto ANSI, G.MDT o G. Lite. Si el Modo Op: es ANSI:
- **Vend:** Muestra la información del fabricante del ATU-C llamada ID Vend. Esta información solo será mostrada si el fabricante del ATU-C soporta ésta función.
- **Prov:** Muestra el Código del Proveedor ITU (Vendor ID). Ésta información solamente se mostrará si el fabricante del ATU-C soporta ésta función.
- **Info Esp:** Muestra la Información Específica del Proveedor del ITU. Ésta información solamente se mostrará si el fabricante del ATU-C soporta ésta función.
- **Rev ITU:** Muestra el número de revisión Estándar del ITU. Ésta información solamente se mostrará si el fabricantes del ATU-C soporta ésta función.

Nota: Se debe tomar precauciones al interpretar resultados ya que muchos factores se deben de considerar. Esto incluye hora del día, efecto o impulso de la estática, parámetros de configuración del ATU-C.

Una vez que el TS1000 ha recibido todos los resultados del ATU-C, la unidad liberará la línea al enviar un comando “Dying Gasp” (último respiro) al ATU-C. Este comando da la instrucción al ATU-C que el ATU-R (TS1000) ha sido desconectado de la línea y el ATU-C no debe indicar ninguna alarma. El mensaje “Dying Gasp” no debe ser enviado inmediatamente después de que último resultado haya sido recolectado. Esto dependerá del tiempo límite ajustado para el tiempo de conexión

dentro de la opción Inicialización del menú. El usuario puede detener una prueba en configuración si el Tiempo de Conexión es mayor a 0 segundos. [37]

#### 4.3.6.5 Cómo guardar e imprimir los resultados

Después de concluir una prueba, el usuario puede avanzar hasta la parte inferior de la pantalla de resultados para tener acceso a la función de guardar e imprimir los resultados. Al oprimir la tecla de flecha hacia la derecha, en el Equipo TS1000 aparecerá la siguiente pantalla.

El usuario puede elegir entre tres opciones: *Guardar como Demostración*, *Enviar a Impresora* o *Enviar a PC*.

A continuación se presenta una explicación de cada una de ellas.

**1. Envíe a PC:** El Equipo TS1000 puede enviar datos a una PC por medio de un cable de módem NULL. El usuario debe usar un programa de terminal basado en PC para aceptar los datos transmitidos desde el Equipo TS1000 al ejecutar esta función. Use los siguientes ajustes para el programa de terminal:

- Bits por segundo: 57,600
- Bits de datos: 8
- Paridad: Ninguna
- Bits de paro: 1
- Control de flujo: ninguno
- Recepción ASCII: Conectar la alimentación de línea a las puntas de línea recibidos.

El programa de terminal debe permitir al usuario “capturar” datos de texto. Si el texto que se envía a la PC a partir del Equipo TS1000 se captura en un archivo \*.CSV, el archivo \*.CSV se puede leer fácilmente en Microsoft Excel.

Lleve el cursor (\*) a la posición *Envíe a PC* y oprima la tecla de flecha hacia la derecha del Equipo TS1000. Los resultados incluirán todos los resultados negociados de flujo ascendente y flujo descendente, así como la información de carga de la onda portadora (*carrier load*) [bit/bin]. Al usar Microsoft Excel, los datos se pueden graficar para tener una representación gráfica de los datos de los resultados de las pruebas.

**2. *Envíe a impresora:*** El Equipo TS1000 puede imprimir los resultados en una impresora por medio de su puerto serial. Conecte el Equipo TS1000 a la impresora. Lleve el cursor (\*) a la posición de “envíe impresora” y presione la tecla de flecha hacia la derecha del Equipo TS1000. Los resultados de la última prueba terminada o los resultados se imprimen.

**3. *Guardar en Memoria:*** Esta función guarda los resultados de hasta 12 pruebas. Mueva el cursor (\*) a la posición *salvar c/demo* y oprima la tecla de flecha derecha en el TS1000. El usuario debe seleccionar cual de las 12 posiciones de resultados debe ser guardado, usando la tecla de flecha ascendente y descendente para navegar con el cursor (\*) a través de la memoria.

#### **4.3.6.6 Cómo se finaliza una prueba**

Para interrumpir una prueba que se encuentre en proceso o para salir de una prueba ya terminada, oprima la tecla de flecha hacia la izquierda del Equipo TS1000. Esto regresará al usuario a la pantalla principal.

#### **4.3.6.7 Consulta de los datos guardados**

El TS1000 permite guardar hasta 12 resultados. Para consultar cualesquiera de ellos, mueva el cursor (\*) a la opción Ver Resultados del Menú Principal.

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

En las últimas décadas se ha visto un crecimiento exponencial en el área de la Electrónica y Telecomunicaciones, tal así que se puede ver en las tecnologías que existen en nuestros días; hoy se puede realizar una conexión de un continente a otro en un par de segundos, ya sea para una simple llamada telefónica, para una videoconferencia interactiva o simplemente consultar una pagina en Internet de cualquier parte del mundo teniendo acceso a una información ilimitada.

En el desarrollo de esta tesina se ejemplifica como se realiza la comunicación a principios de este siglo, lo que fue el invento del teléfono hasta llegar a lo que fue la primera red telefónica, que hacia capaz la comunicación de voz entre un numero determinado de usuarios.

En un principio a través del par de cobre solamente se podía transmitir voz, gracias al avance de la electrónica surgieron módems de alta velocidad que permitieron el crecimiento de la red telefónica y el aumento del numero de usuarios, de este modo surge la red de acceso, y la familia de tecnologías XDSL.

ADSL se encuadra dentro del conjunto de las tecnologías XDSL para la transmisión a través de las líneas de cobre actuales, que permite un flujo de información asimétrico y alta velocidad sobre el bucle de abonado.

En México para la tecnología ADSL se usaron módems de alta velocidad, lo que permitió que el par del cobre se convirtiera en una línea de alta capacidad, a través de la cual ya no solo se puede transmitir voz, sino también datos y videos.

Con el desarrollo de ADSL ha sido mucho mas fácil tener acceso a un sin fin de servicios de banda ancha, aunque en nuestro país aún son contados los usuarios de este servicio, día a día va en crecimiento su uso.

Como se puede ver se presento un análisis de esta tecnología, desde como fue su surgimiento hasta como se encuentra en la actualidad, sus beneficios que nos ofrece y las ventajas y desventajas que presenta.

Con el presente trabajo se beneficiara al usuario que se acerque a él, con el fin de tener un conocimiento global de las tecnologías XDSL, principalmente de ADSL, conocerá su desarrollo, su instalación y su uso hoy en día, lograra saber que mediciones son las que se puede realizar en este tipo de tecnología, así como los equipos de medición existentes, de tal forma que este trabajo sirva como un manual para que el lector pueda dar la correcta interpretación a las mediciones de la línea.

# GLOSARIO

## GLOSARIO

### A

**ABR:** Tipo de capacidad de transferencia que incluye el ATM, con el fin de mejorar la calidad de transferencia de datos, utilizando distintos parámetros incluidos en éstos para cada circuito.

**ADPCM. *Adaptative Differential Pulse Code Modulation.*** Sistema de compresión de datos, en el cual se almacena la diferencia entre una muestra y la siguiente, en lugar del valor absoluto de cada muestra. Presenta excelentes cualidades de compresión de datos, ya que es capaz de convertir 16 bits de datos en 4 bits de almacenamiento.

**ADSL:** "Asymmetric Digital Subscriber Line". Tecnología para módems que hace posible la transmisión de datos a gran velocidad sobre el bucle de abonado. Los caudales que se transmiten son asimétricos: mucho más caudal en sentido Red->Usuario (descendente), que en el Usuario->Red (ascendente).

**Ancho de Banda:** Bandwidth en inglés. Cantidad de bits que pueden viajar por un medio físico (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica, etc.) de forma que mientras mayor sea el ancho de banda más rápido se obtendrá la información. Se mide en millones de bits por segundo (Mbps). Una buena analogía es una autopista. Mientras más carriles tenga la calle, mayor cantidad de tráfico podrá transitar a mayores velocidades. El ancho de banda es un concepto muy parecido. Es la cantidad de información que puede transmitirse en una conexión durante una unidad de tiempo elegida.

**ANSI:** American National Standar Institution. Organismo de estandarización de telecomunicaciones americanos.

**ETSI:** "European Telecommunications Standards Institute". Organismo de estandarización de telecomunicaciones europeos.

**ATM:** "Asynchronous Transfer Mode". Sistema de transmisión de datos mediante paquetes de tamaño fijo, ahorrando tiempo y aumentando la velocidad, además en este sistema, se dedican canales virtuales de velocidades de transmisión adaptables a las características de la transmisión.

**ATU ADSL termination Unit:** Unidad de Terminación ADSL

**ATU-R:** "ADSL Terminal Unit-Remote". Es el módem ADSL de usuario.

**ATU-C:** "ADSL Terminal Unit-Central". Es el módem ADSL de la central.

## B

**Banda ancha:** Técnica de comunicaciones en la que las señales digitales se transmiten moduladas, pudiendo enviarse por un solo canal múltiples señales simultáneas. La UIT-T define también como banda ancha a las comunicaciones digitales a más de 2 Mbps.

**CBR:** Constant Bitrate (Bitrate Constante): Básicamente es un término que describe cómo es codificado el audio y el video, en donde el bitrate no varía a lo largo del clip de audio o video.

**Bit: *Binary Digit*:** Dígito binario. Unidad mínima de información con la que trabajan los ordenadores. Es un dígito del sistema binario que puede tener el valor 0 o 1.

**BRI:** "Basic Rate Interface" . Interface básico de acceso en la RDSI que facilita dos canales B a 64 kbit/s y uno D a 16 Kbit/s.

**Bps:** Es una abreviación de *bits per second*, bits por segundo, una medida de la velocidad a la cual son transmitidos los datos. Bps se utiliza normalmente para describir la velocidad de los modems o la velocidad de una conexión digital.

**Bucle:** Conexión entre circuito de transmisión y el de recepción a efectos de devolver la señal y realizar mediciones.

**Byte:** Agrupación fundamental de información binaria formada por 8 bits. Es la unidad mínima que puede direccionarse, pero no la unidad mínima que puede tratarse.

## C

**Cable coaxial:** Tipo de cable formado por un conductor central macizo o compuesto por múltiples fibras al que rodea un aislante presentando propiedades mucho mas favorables frente a interferencias y a la longitud de línea de datos, pudiendo ser el ancho de banda mayor.

**Cancelación de ecos:** Tipo de modulación destinada a la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permitiendo mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño.

**CAP:** Carrierless Amplitude/Phase".Es una modulación en cuadratura, inicialmente propuesta para los módems ADSL.

**CBR:** "Constant Bit Rate" Tipo de capacidad de transferencia que incluye el ATM, con el fin de mejorar la calidad de transferencia de datos, utilizando distintos parámetros incluidos en éstos para cada circuito.

**CCITT.** (Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony) Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía. Antiguo órgano competente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones de las Naciones Unidas en asuntos de telefonía, telegrafía y datos, que coordinaba los Sistemas telefónicos y de comunicación de datos de todo el mundo. Con frecuencia, sus recomendaciones técnicas se convierten en normas reconocidas internacionalmente. Ha sido sustituido por la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telemática, ITU-T: *International Telecommunication Union - Telematics*).

**CHAP:** Challenge Authentication Protocol.

**CEPT/ETSI: *European Telecommunications Standards Institute.*** Instituto Europeo de normas de telecomunicación. Organismo autónomo dentro de la CEPT, competente para armonizar normas de telecomunicación en las que están representadas las Administraciones (operadores de redes públicas), los usuarios, fabricantes y organizadores de investigación y desarrollo de países pertenecientes a la CEPT.

**Copia de seguridad. Backup:** Replicación periódica y almacenamiento externo (usualmente en discos y/o cintas) de datos y programas en previsión de posibles contingencias. Reproducción de los datos actuales guardados en un soporte informático, para tenerlos disponibles en caso de que un desastre del sistema impida recuperar los datos con los que se está trabajando

**CSMA/CD: *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*.**

Protocolo de comunicaciones para una red de área local que utiliza una estructura en bus. Define los niveles físico y de enlace del modelo OSI para el método de acceso a la red por el cual una estación obtiene el uso del medio físico para enviar un mensaje a través de la red. La especificación de este protocolo se describe en las normas IEEE 802.3 e ISO 8802.3, ambas basadas en el estándar Ethernet.

**CONMUTACIÓN DE PAQUETES:** Técnica de envío informática empaquetada (bloque de datos), encargándose la red de su encaminamiento.

**CVP:** "Circuito Virtual Permanente". Es una conexión permanente entre dos equipos conectados a una red ATM. Se identifica por medio de un ITV (Identificador de Trayecto Virtual) y un ICV (Identificador de Circuito Virtual). Cada CVP ATM tiene una determinada capacidad de transferencia (CBR, UBR, VBR-nrt o VBR-nrt) y unos determinados parámetros de calidad de servicio.

**D**

**DMT:** "Discrete MultiTone". Es la solución elegida en el estándar ADSL para la modulación. Consiste básicamente en el empleo de varias subportadoras, cada una de las cuales se modula en QAM por parte de la información a transmitir. La modulación y la demodulación consisten en la IFFT y la FFT, respectivamente, de la secuencia de símbolos a transmitir. Estas operaciones son efectuadas por el DSP del módem.

**DSL Digital Subscriber Line:** Línea Digital de subscritor.

**DSLAM:** "Digital Subscriber Line Access Multiplexer" Es un equipo instalado en la central local y que contiene los módems ADSL de central (ATU-C). Además se encarga de concentrar el tráfico de los usuarios en una red WAN.

**DSP:** "Digital Signal Processor". Procesador Digital de Señal. Es un circuito integrado diseñado específicamente para efectuar operaciones matemáticas (sumas y productos) a gran velocidad, lo que lo convierte en una herramienta básica de cualquier sistema de comunicaciones que implique un procesamiento de señal complejo.

**DPCM. *Differential Pulse Code Modulation*.** Modulación codificada por la diferencia entre pulsos. Esta técnica se basa en no codificar las muestras sino la diferencia con la muestra inmediatamente anterior. DPCM supone que esta diferencia necesita menos **bits** para la codificación que la amplitud de la señal.

**Duplex:** Capacidad de un dispositivo para operar de dos maneras. En comunicaciones se refiere normalmente a la capacidad de un dispositivo para recibir/ transmitir cualquier tipo de información. Existen dos modalidades HALF-DUPLEX cuando puede recibir y transmitir alternativamente y FULL-DUPLEX cuando puede hacer ambas cosas simultáneamente.

## E

**E1:** es un formato de transmisión digital; su nombre fue dado por la administración de la (CEPT). Es una implementación de la portadora-E. El formato de la señal E1 lleva datos en una tasa de 2,048 millones de bits por segundo y puede llevar 32 canales de 64 Kbps \* cada uno, de los cuales treinta y uno son canales activos simultáneos para voz o datos en SS7 (Sistema de Señalización Número 7) en R2 el canal 16 se usa para señalización por lo que están disponibles 30 canales para voz o

datos. El lleva en una tasa de datos algo más alta que el T-1 (que lleva 1,544 millones de bits por segundo) porque, a diferencia del T-1, no hace el bit-robbing y los ocho bits por canal se utilizan para cifrar la señal.

## F

**FDM:** Tipo de modulación en que los espectros de las señales ascendentes y descendentes no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems pero reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente.

**FDM. Frequency Division Multiplexing:** Multiplexación por División en Frecuencia.

**FTP. File Transfer Protocol:** Protocolo para la Transferencia de Ficheros.

**FFT:** "Fast Fourier Transform" Transformada Rápida de Fourier . Es un algoritmo matemático empleado en procesamiento de señales.

**Fibra óptica:** Material utilizado como medio físico de transmisión en redes de datos, basado en sus propiedades de poca atenuación y distorsión al paso de una señal luminosa. Consta de un núcleo, un revestimiento y una cubierta externa.

**Frame relay:** Red de transporte de datos de alta velocidad considerada una alternativa al ATM sobre ADSL.

**G**

**Gateway:** Sistema de hardware o software que hace de puente entre dos aplicaciones o redes incompatibles para que los datos puedan ser transferidos entre distintos ordenadores. Las pasarelas se utilizan corrientemente con los correos electrónicos que circulan entre los sitios Internet y las redes privadas.

**H**

**HDSL:** High bit-rate Digital Subscriber Line. Línea Digital de Subscriptor de Alta Velocidad. Sistema de transmisión de datos de alta velocidad que utiliza dos pares de cables trenzados. Es simétrico, lo que quiere decir que tiene el mismo ancho de banda de subida que de bajada.

**I**

**IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers:** Instituto de Ingeniería Eléctricos y Electrónicos. Organismo normalizador de métodos de acceso y control para redes de área local. Es miembro de ANSI e ISO.

**IFFT** (Inverse Fast Fourier Transform): Transformada Rápida de Fourier Inversa. Es un algoritmo matemático empleado en procesamiento de señales.

**Impedancia característica:** La relación entre el voltaje y la corriente en una línea de transmisión de longitud infinita.

**IP:** Internet Protocol, Protocolo de Internet. Conjunto de reglas que regulan la transmisión de paquetes de datos a través de Internet. El IP es la dirección numérica de una computadora en Internet de forma que cada dirección electrónica se asigna a una computadora conectada a

Internet y por lo tanto es única. La dirección IP esta compuesta de cuatro octetos como por ejemplo, 132.248.53.10.

**ISO (International Organization for Standardization):** Organización Internacional de Normalización. Es el máximo organismo de normalización a nivel internacional con sede en Ginebra. Su **Technical Committee** 97 (TC97) es responsable del modelo de referencia de siete capas definidos para sistemas de comunicaciones directas (Véase OSI). Edita propuestas de normas internacionales "*Draft International Standard* (DIS)". Juntamente con el IEC son los dos organismos competentes para emitir normas internacionales.

**ITU (International Telecommunication Union)** Unión Internacional de Telecomunicaciones. Antiguo CCITT.

## L

**Línea Conmutada:** Dial Up. Conexión de red la cual se puede crear y desechar según se requiera que se establece usando un emulador de terminal y un módem y realiza una conexión de datos a través de una línea telefónica. Los enlaces de marcado por línea telefónica son la forma más sencilla de conexiones con acceso conmutado. Los protocolos utilizados generalmente en este tipo de conexiones son SLIP y PPP.

**Línea Dedicada:** Línea privada que se utiliza para conectar redes de área local de tamaño moderado a un proveedor de servicios de Internet y se caracteriza por ser una conexión permanente.

## M

**Modalidad routing** (Encaminamiento): Función de reparto de paquetes de datos realizada por los routers o encaminadores.

**Módem:** Equipo utilizado para adecuar las señales digitales de una computadora a una línea telefónica o a una ISDN, mediante procesos denominados modulación (para transmitir información) y demodulación (para recibir información). La velocidad máxima que puede alcanzar un módem para línea telefónica es de 33 kbps, sin embargo los más comerciales actualmente son los de 28 kbps. Un módem debe cumplir con los estándares de MNP5 y V42.bis para considerar su adquisición. Los módems pueden ser en internos (los que se colocan en una ranura de la computadora) y en externos (que se conectan a un puerto serial de la computadora).

**Módem RTC:** Módem convencional que funciona bajo una conexión de línea telefónica.

**Modulación:** Proceso por medio del cual alguna característica de una portadora varía conforme a una señal de información.

**Multiplexación:** Procedimiento mediante el cual se reúnen o entrelazan varias señales en otra señal de orden superior con la que sea posible su transmisión.

**Multiplexación por división de frecuencia:** Procedimiento por el cual las frecuencias de las señales se trasponen a otro margen de frecuencias superior en el que sea posible su transmisión simultánea.

**Multiplexación por división en el tiempo:** Sistema de multiplexación en el que una vía común es compartida por asignación de intervalos periódicos de tiempo.

**Multiplexor:** Dispositivo que permite la transmisión de varias señales por un mismo enlace simultáneamente, pudiendo ser por división temporal o de frecuencia.

## O

**OSI (Open Systems Interconnection):** Interconexión de Sistemas Abiertos. Estándar ISO para comunicaciones a nivel mundial que define una estructura con el fin de implementar protocolos en 7 estratos o capas. El control se transfiere de un estrato al siguiente comenzando en el estrato de aplicación en una estación, llegando hasta el estrato inferior, por el canal hasta la próxima estación y subiendo nuevamente la jerarquía. Las 7 capas o estratos son: Físico, Enlace de datos, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación. El OSI requiere una enorme cooperación para que sea un estándar universal como el sistema telefónico.

## P

**PABX (Private Automatic Branch Exchange):** Central privada automática, con conexión a la red pública

**PBX. (Private Branch Exchanges):** Central privada automática, con conexión a la red pública.

**PAP:** Password Authentication Protocol

**PCM (Pulse Code Modulation):** Método para transformar una señal analógica en un valor digital. Uno o más canales se mezclan para formar un sólo canal.

**PDA (Personal Digital Assistant):** Ordenador de pequeño tamaño cuya principal función era, en principio, mantener una agenda electrónica. No obstante, cada vez más se va confundiendo con los ordenadores de mano y de palma.

**PING (Packet Internet Groper):** Este comando se utiliza para comprobar si una determinada interfaz de red, de nuestra computadora o de otra, se encuentra activa. Lo que se está haciendo en realidad es mandar paquetes a donde se le indique y nos dice cuanto tiempo demoró el paquete en ir y regresar, entre otras informaciones.

**POTS (Plain Old Telephone Service):** Es la denominación dada en E.E.U.U al servicio telefónico básico.

**PPP: (Protocolo de Punto por Punto):** Protocolo que permite que un computador use una línea telefónica regular y un módem para realizar conexiones.

**Protocolo IP:** Protocolo de Internet que contiene información de dirección y control para el encaminamiento de los paquetes a través de la red. Está asociado al protocolo TCP.

## Q

**QAM (Quadrature Amplitude Modulation):** Técnica de modulación para incrementar el número de bits de información en cada baudio transmitido.

## R

**RADSL:** una variante de ADSL que automáticamente ajusta la velocidad en función de la calidad de la señal. Muchos operadores funcionan con esta tecnología.

**RAS** Equipo que trabaja simultáneamente como servidor de acceso remoto, de comunicaciones, de terminales y de impresoras.

**Red de Acceso:** Conjunto de elementos que permiten conectar a cada abonado con la central local de la que es dependiente.

**RDSI (ISDN)** Integrated Service Digital Network: Define una red conmutada de canales digitales que proporciona una serie de servicios integrados. Esta diseñada para manejar más que datos: vídeo, texto, voz, datos, imágenes, gráficos, etc, usando líneas telefónicas existentes.

**RFC:** (Request For Comments): Recomendaciones dadas por uno de los grupos de trabajo IETF para la estandarización de la familia de protocolos TCP/IP.

**Rj45:** Es uno de los dos tipos de conectores usados en las computadoras, emplea un cable y un conector muy similares a los del teléfono, donde cada PC tiene su propio cable y todos ellos pueden unirse a un HUB. En caso de dañarse uno de los cables o conectores, este equipo quedará desconectado de los otros pero la red sigue funcionando con normalidad

**Router (Enrutador):** encaminador de paquetes hacia su destino por la ruta óptima.

**Ruido:** En un circuito cable, es cualquier señal extraña que interfiere con la

**RTC Red Telefónica Conmutada.** Se refiere a las comunicaciones que emplean el teléfono, con acceso por medio de llamada, normalmente utilizadas para comunicaciones de voz.

## S

**SDSL:** Línea Digital Simétrica de Abonado. Sistema de transferencia de datos de alta velocidad en líneas telefónicas normales.

**SDH (Synchronous Digital Hierarchy):** Jerarquía Digital Síncrona.

**Señal:** Es la información que se transmite por una red de telecomunicaciones, (si es analógica tomará valores continuos, si es digital tomará valores discretos).

**Señalización:** Es el intercambio de información o mensajes dentro de una red de telecomunicación para controlar, establecer, conmutar, encaminar, supervisar y gestionar sus comunicaciones.

El sistema del T-Portador, introducido por Bell System en los Estados Unidos en los años 60, fue el primer sistema acertado que soportó la transmisión de voz digitalizada. La tasa de transmisión original (1,544 Mbps) en la línea T-1 es comúnmente usada hoy en día en conexiones de Proveedores de Servicios de Internet (ISP) hacia la Internet. En otro nivel, una línea T-3, proporciona 44,736 Mbps, que también es comúnmente usada por los Proveedores de Servicios de Internet. Otro servicio comúnmente instalado es un T-1 fraccionado, que es el alquiler de una cierta porción de los 24 canales en una línea T-1, con los otros canales que no se están usando.

**Splitter:** Dispositivo pasivo, empleado en un sistema de cableado, para obtener dos o más salidas de una entrada.

**STM (Synchronous Transfer Mode):** Modo de transferencia síncrona; tipo de interface bajo la cual funciona el conmutador DSLAM.

## T

**T-1:** Estándar norteamericano para una línea digital capaz de transferir datos a 1,544,000 bits – por-segundo, conformado por 24 canales de 64kbps para información.

**TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol):** Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Interredes. Protocolo para el control de la transmisión orientado a la conexión (**connection-oriented**) TCP, establecido sobre el protocolo internet (IP). Su amplia extensión permite reconocerla como una norma de facto aunque no es una norma internacional. Mientras que TCP es un protocolo de transporte (nivel cuatro de OSI), el IP es un protocolo de red. Son un conjunto de normas (nivel tres de OSI) para RALs definidas en Estados Unidos para los organismos de defensa para la DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*), donde está definida la forma en que deben comunicarse los ordenadores, las redes entre sí y el encaminamiento del tráfico de la red.

## U

**UBR:** Tipo de capacidad de transferencia que incluye el ATM, con el fin de mejorar la calidad de transferencia de datos, utilizando distintos parámetros incluidos en éstos para cada circuito.

## V

**VBR-nrt (Variable Bit Rate-non real time):** Tipo de capacidad de transferencia que incluye el ATM, con el fin de mejorar la calidad de transferencia de datos, utilizando distintos parámetros incluidos en éstos.

**VDSL:** Very High Data Rate DSL.

## U

**UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sección Telemática):** Organo competente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones de las Naciones Unidas en asuntos de telefonía, telegrafía y datos. Los miembros que forman parte de la UIT-T son todas las operadoras públicas (PTT, *Postal Telephone and Telegraph Administrations*) del mundo. Sus 18 comisiones (I-XVIII) son las encargadas de emitir las conocidas recomendaciones del UIT-T. Antes denominada CCITT.

## X

**xDSL (x Digital Subscriber Line):** Líneas de Subscripción Digital. Tecnología de transmisión que permite que los hilos telefónicos de cobre convencionales transporten hasta 16 Mbps (megabits por segundo) mediante técnicas de compresión. Hay diversas modalidades de esta tecnología, tales como ADSL, HDSL y RADSL, siendo la ADSL la más utilizada actualmente.

# BIBLIOGRAFÍA

## Bibliografía

1. [www.sapiensman.com/old\\_wires/telegrafo\\_y\\_telefono4.htm](http://www.sapiensman.com/old_wires/telegrafo_y_telefono4.htm)
2. CANTV, Plan de Transmisión de la Red Telefónica PBT-TX-TF, Vol. II, 1989.
3. <http://www.redeya.com>
4. <http://www.consulintel.es>
5. Dash Straus, "Compliance Engineering", Telecommunications.
6. Digital Communications. John G. Proakis, 4º Edición, Ed. McGraw Hill.
7. Sistemas de Comunicación. Bruce Carlson. 2º Edición, Ed. McGraw-Hill.
8. Señales y sistemas. A.V. Oppenheim y A.S. Willsky, 2da Edición Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, 1994.
9. Comunicación digital y Ruido. Enrique Herrera Pérez Ed. LIMUSA, 2002.
10. Sistemas de Comunicaciones. Marcos Faundez Zanuy, Ed. Marcombo, 2001.
11. [www.futurnet.es](http://www.futurnet.es)
12. <http://teleline.terra.es>
13. [www.itu.int](http://www.itu.int)
14. Alta Velocidad y Calidad de Servicio en Redes IP. Jesús García Tomas. Ed. Ra-ma

15. Tecnologías ADSL y xDSL. Walter J. Goralski Ed. McGraw Hill 2000
16. ADSL Guía del Usuario José A. Caballar Falcón Ed. Ra-ma
17. [www.softdownload.com.ar](http://www.softdownload.com.ar)
18. [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
19. [www.alcatel.com](http://www.alcatel.com)
20. [www.monografias.com/acceso-atm](http://www.monografias.com/acceso-atm)
21. Sistemas de Comunicaciones Electrónicos. Tomasi Wayne.
22. Fundamentos de Redes. Madden Jeff, Microsoft Press USA, 2da Edición, 1998.
23. [www.accesocero.es](http://www.accesocero.es)
24. [www.iies.es](http://www.iies.es)
25. [www.agapea.com](http://www.agapea.com)
26. Redes de Telecomunicaciones: Protocolos, Modelado y Análisis. Mischa Schwartz, Ed. Addison-Wesley, 1994.
27. Comunicaciones y Redes de Computadoras. W. Stallings, Ed. Prentice Hall, 1998.
28. [www.sistemasdigitales.com.mx](http://www.sistemasdigitales.com.mx)
29. [www.bandaancho.net](http://www.bandaancho.net)
30. [www.trendtest.com](http://www.trendtest.com)
31. [www.trendcomms.com](http://www.trendcomms.com)
32. [www.prnewswire.com](http://www.prnewswire.com)
33. [www.complementos-e.com](http://www.complementos-e.com)

- 34. [www.secotec.com](http://www.secotec.com)
- 35. [www.electronicafacil.net](http://www.electronicafacil.net)
- 36. [www.acterna.com](http://www.acterna.com)
- 37. [www.cujae.edu](http://www.cujae.edu)
- 38. Catálogo de Instrumentos de Medición [www.trichtec.com](http://www.trichtec.com)
- 39. [www.garcival.com.mx](http://www.garcival.com.mx)