

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Tesis Final previa a la obtención del grado de Magíster en
Telecomunicaciones

TEMA:

“Diseño de una red de comunicación en banda ancha (xDSL) para el
proyecto urbanístico Puerto Santa Ana”

Autores: Ing. Luis Ezequiel Palau de la Rosa
Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego

Tutor: Ing. Manuel de Jesús Romero Paz, MSc

Guayaquil, Agosto de 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO DE LA TESIS:

“Diseño de una red de comunicación en banda ancha (xDSL) para el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana”

Previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones

ELABORADO POR:

ING. LUIS EZEQUIEL PALAU DE LA ROSA
ING. LUIS VICENTE VALLEJO SAMANIEGO

Guayaquil, Agosto del año 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los ingenieros Luis Ezequiel Palau de la Rosa y Luis Vicente Vallejo Samaniego como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, Agosto del año 2012

DIRECTOR DE TESIS

MSc. Manuel de Jesús Romero Paz

REVISOR:

MSc. Luis Silvio Córdova Rivadeneira

REVISOR:

MSc. Edwin Fernando Palacios Meléndez

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel de Jesús Romero Paz



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Luis Ezequiel Palau de la Rosa y Luis Vicente Vallejo Samaniego

DECLARAMOS QUE:

La tesis “Diseño de una red de comunicación en banda ancha (xDSL) para el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, Agosto del año 2012

LOS AUTORES

Ing. Luis Ezequiel Palau de la Rosa

Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

Ing. Luis Ezequiel Palau de la Rosa e Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución de la Tesis de Maestría titulada: “Diseño de una red de comunicación en banda ancha (xDSL) para el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Agosto del año 2012

LOS AUTORES

Ing. Luis Ezequiel Palau de la Rosa

Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego

Índice de contenidos

Introducción	1
Problema	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	3
Hipótesis	3
Justificación	3
Técnicas y Métodos empleados en la investigación	3

Capítulo 1: Estado de Arte de la Evolución de Acceso Digital

1.1	Desarrollo de los Sistemas de Transmisión Digital	4
1.2	Tipos de Codificación	10
1.2.1	Codificación NRZ	11
1.2.2	Codificación NRZI	11
1.2.3	Codificación Manchester	12
1.2.4	Codificación retrasada (de Miller)	13
1.2.5	Codificación bipolar	14
1.3	Información digital y transmisión de señal analógica	14
1.3.1	Ventajas de la transmisión digital	19
1.4	Redes típicas	20
1.4.1	Topologías de redes	20
1.4.2	Medios físicos de transmisión	20
1.4.2.1	Diferentes medios físicos de transmisión : Cable por trenzado, Cable Coaxial y Fibra Óptica	22

Capítulo 2: Estado de Arte de la Tecnología xDSL

2.1	Tecnologías digitales de alta velocidad	27
2.2	Conexiones asimétricas	31
2.2.1	Tecnología ADSL	31
2.2.2	Características ADSL	32
2.2.3	Tecnología ADSL2	35
2.2.4	Tecnología ADSL2+	37
2.2.5	Tecnología RADSL	38
2.2.6	Tecnología VDSL	39
2.2.6.1	VDSL asimétrico	41
2.2.6.2	VDSL simétrico	43
2.2.6.3	Aplicaciones VDSL	44
2.3	Ancho de banda	45

Capítulo 3: Metodología constructiva de la CNT E.P. para redes de fibra óptica y cobre que conforman una red de comunicación en banda ancha (xDSL) incluido equipos multiplexores

3.1	Introducción	47
3.2	Metodología de construcción de redes de fibra óptica	50
3.2.1	Tendido de redes de fibra ópticas aéreas	51
3.2.1.1	Herrajes de sujeción para cables de fibra óptica	51
3.2.1.2	Preformados de retención o terminales	52
3.2.1.3	Lazo de expansión	52

3.2.2	Tendido de redes de fibra óptica canalizada	53
3.2.3	Pruebas de aceptación de redes de fibra óptica	61
3.3	Metodología constructiva de redes telefónicas de cobre	62
3.3.1	Topología y elementos de planta externa	62
3.3.2	Red telefónica interna de cobre para edificios	69
3.3.3	Mediciones eléctricas	76
3.3.4	Pruebas de aceptación	77
3.3.4.1	Pruebas de voltaje inducido	77
3.3.4.2	Pruebas de resistencia de aislamiento	78
3.3.4.3	Pruebas de resistencia de bucle	79
3.3.4.4	Pruebas de desequilibrio resistivo	81
3.3.4.5	Resistencia de continuidad de pantalla	82
3.3.4.6	Ruido metálico	83
3.3.4.7	Ruido a tierra	84
3.3.4.8	Pruebas de atenuación	85
3.3.4.9	Pruebas de diafonía	86
3.4	Tecnologías de acceso multiservicio	87
3.4.1	DSLAM	88
3.4.2	Procedimiento de instalación	90

Capítulo 4: Proyecto Puerto Santa Ana

4.1	Reseña histórica del proyecto Puerto Santa Ana	92
4.2	Análisis de demanda telefónica	93

4.3	Consideraciones del diseño de la red de comunicación multimedia	95
4.3.1.	Alcance	96
4.3.2.	Zona de servicio	96
4.3.3.	Mercado consumidor	98
4.3.4.	Determinación del índice de penetración del servicio internet	99
4.3.5.	Número general de usuarios del servicio de banda ancha	100
4.3.6.	Proyección del crecimiento de la demanda	100
4.4	Costo de la implementación del diseño de redes multiservicios para el Proyecto Urbanístico Puerto Santa Ana	101
4.4.1.	Costo de Instalación de la fibra óptica	102
4.4.2.	Costo de Construcción de canalización telefónica	105
4.4.3.	Costo equipos Dslam y materiales empleados en su montaje	107
4.4.3.1	DSLAM VDSL2	107
4.4.3.2	Tarjetas de 16 puertos cada uno	108
4.4.3.3	MDF (Centro de Sala)	109
4.4.3.4.	Banco de batería	110
4.4.3.5.	Instalación de equipos	111
4.5	Costo total del proyecto	113

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1	Conclusiones	114
5.2	Recomendaciones	115

Bibliografía

Índice de Figuras

Capítulo 1:

Figura 1.1:	Arquitectura de red de acceso	8
Figura 1.2:	Transformación de información binaria	10
Figura 1.3:	Codificación NRZ	11
Figura 1.4:	Codificación manchester	12
Figura 1.5:	Codificación retrasada (de Miller)	13
Figura 1.6:	Codificación bipolar	14
Figura 1.7:	Transmisor de FSK	16
Figura 1.8:	Modulación por conmutación de frecuencia	16
Figura 1.9:	Modulación por desplazamiento de amplitud	17
Figura 1.10:	Modulador de 8 Faces-PSK	18
Figura 1.11:	Modulación por conmutación de fase (PSK)	19
Figura 1.12:	Topologías de red	22
Figura 1.13:	Cable de par trenzado	23
Figura 1.14:	Cable coaxial	23
Figura 1.15:	Estructura de cable de fibra óptica	24
Figura 1.16:	Cables de fibra óptica	25

Capítulo 2:

Figura 2.1: Topología de red de acceso	29
Figura 2.2: Alternativas de acceso	30
Figura 2.3: Topología VDSL	40

Capítulo 3:

Figura 3.1: Demanda en el tiempo	49
Figura 3.2: Factor de utilización en el tiempo	49
Figura 3.3: Factor de arranque como función de i	50
Figura 3.4: Herrajes de paso para fibra óptica	51
Figura 3.5: Herrajes de suspensión para fibra óptica	52
Figura 3.6: Lazo de expansión para fibra óptica	53
Figura 3.7: Triducto en canalización para fibra óptica	54
Figura 3.8: Manguera corrugada para fibra óptica	54
Figura 3.9: Identificador para fibra óptica	55
Figura 3.10: Tapones para ductos de canalización	56
Figura 3.11: Monolito de hormigón	56
Figura 3.12: Empalme de fusión de fibra óptica	57
Figura 3.13: Conectores para fibra óptica	58
Figura 3.14: Mangas para empalmes para fibra óptica	59
Figura 3.15: Reservas de cables de fibra óptica en pozos	59
Figura 3.16: Distribuidor de fibra óptica	60
Figura 3.17: Distribuidor de planta externa	62
Figura 3.18: Elementos de la red de planta externa	63

Figura 3.19: Distribuidor Telefónico Boyacá	64
Figura 3.20: Topología de una red primaria de planta externa	65
Figura 3.21: Topología de una red secundaria de planta externa	66
Figura 3.22: Armarios telefónicos para red primaria	66
Figura 3.23: Diseño de red secundaria	67
Figura 3.24: Caja de dispersión en red secundaria	68
Figura 3.25: Distribución líneas de abonados	69
Figura 3.26: Diseño de red interna de edificio	69
Figura 3.27: Distribución de líneas de abonados en red interna de edificio	70
Figura 3.28: Prueba de voltaje inducido	78
Figura 3.29: Prueba de resistencia de aislamiento	79
Figura 3.30: Prueba de resistencia de bucle	80
Figura 3.31: Prueba de desequilibrio resistivo	82
Figura 3.32: Prueba de resistencia de continuidad de pantalla	83
Figura 3.33: Prueba de ruido metálico	83
Figura 3.34: Rango de aceptación del ruido metálico	84
Figura 3.35: Prueba de ruido a tierra	85
Figura 3.36: Rango de aceptación de una red	85
Figura 3.37: Prueba de atenuación	86
Figura 3.38: Prueba de diafonía	87
Figura 3.39: Diagrama de bloques de una red de comunicaciones en banda ancha	87
Figura 3.40: Gabinete SMARTAX SERIE MA5600	89

Figura 3.41: Gabinete y banco de baterías SMARTAX SERIE MA5600	90
---	----

Capítulo 4:

Figura 4.1: Ubicación geográfica del proyecto urbanístico	98
Figura 4.2: Ruta del eje para el tendido de FO entre la Central Boyacá-Puerto Santa Ana	103
Figura 4.3: Ruta del eje de canalización a construirse para el proyecto Puerto Santa Ana	106
Figura 4.4: Ubicación recomendada para la instalación del Dslam	107
Figura 4.5: Dslam SmartAX MA5600	108
Figura 4.6: Bastidor de las tarjetas de 16 puertos cada uno	109
Figura 4.7: Bastidor de tecnología Huawei	109
Figura 4.8: MDF Centro de Distribución Principal	110
Figura 4.9: Banco de Baterías	110
Figura 4.10: Panel de control del banco de baterías	111
Figura 4.11: Bandejas porta cables	112

Índice de Tablas

Capítulo 1:

Tabla 1.1: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea	9
Tabla 1.2: Tabla resumen de características en medios guiados y no guiados	26

Capítulo 2:

Tabla 2.1: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea	29
Tabla 2.2: Velocidades típicas de VDSL en configuración asimétrica en sentido descendente	42
Tabla 2.3: Velocidades típicas de VDSL en configuración asimétrica en sentido ascendente	42
Tabla 2.4: Velocidades de bits de la carga útil del ETSI	43
Tabla 2.5: Velocidades de VDSL en configuración simétrica	43
Tabla 2.6: Aplicaciones de VDSL	44
Tabla 2.7: Comparativa entre algunos tipos de xDSL	46

Capítulo 3:

Tabla 3.1: Detalle de reservas de cables de Fibra aéreos y canalizados	60
Tabla 3.2: Tipos de edificaciones	74
Tabla 3.3: Prueba de resistencia de asilamiento	79

Capítulo 4:

Tabla 4.1: Edificios que conforman el Proyecto Urbanístico Puerto Santa Ana	95
Tabla 4.2: Alcance del proyecto de diseño de la red de Comunicación	96
Tabla 4.3: Volúmenes de obra de fibra óptica para el proyecto de diseño de comunicación	102
Tabla 4.4: Volúmenes de obra de fibra óptica para el proyecto de diseño de comunicación	104

Tabla 4.5: Cuadro de cantidad de cable de FO incluido reservas para el Proyecto Puerto Santana	105
Tabla 4.6: Volumen de obra para canalización telefónica para el proyecto Puerto Santana	106
Tabla 4.7: Costo suministro equipos DSLAM	112
Tabla 4.8: Costo total del proyecto Puerto Santa Ana	113

Resumen

Las tecnologías xDSL han permitido a las empresas proveedoras de servicios de telefonía que disponen de redes existentes de cobre con alta infraestructura, ofertar servicios integrales de banda ancha para transferencia de voz, datos y video a alta velocidad a través de aplicaciones tecnológicas de convergencia de servicios y de redes de telecomunicaciones. El presente proyecto está orientado a intervenir con soluciones de factibilidad técnica para la implementación de la tecnología VDSL con el objeto de maximizar la utilización de los medios guiados que represente la mejor opción para servicios triple play. Previo al estudio se seleccionó a la Urbanización Puerto Santa Ana como el área estratégica para desarrollar el proyecto en virtud de su impacto social y económico para la ciudad de Guayaquil, que lo convierte en un sector atractivo para la prestación de servicios en banda ancha, por lo que se escogió para el diseño de la red de acceso con topología FTTB para aplicar la tecnología DSLAM VDSL2. Esta red de acceso emplea fibra óptica hasta el edificio donde se ubica el equipamiento del DSLAM VDSL2 de tecnología Huawei y de este salen las líneas de cobre hacia cada uno de los usuarios independientemente que se encuentren en departamentos, oficinas o locales comerciales. Las características de la tecnología VDSL2 que se aplica al proyecto es una de las mejores alternativas para alcanzar altas velocidades de transmisión tanto en el sentido descendente como ascendente, y su condición de operación simétrica o asimétrica se convierte en una ventaja para adaptarse a las exigencias del mercado sin conflicto de recepción de señales de servicios de video y servicios de telefonía. El resultado del diseño del proyecto demuestra desde el ámbito técnico y económico, ser apropiado y eficiente para la implementación por parte de la operadora telefónica para brindar servicio triple play sobre la red de cobre con mejoras notables con el estándar VDSL2.

Abstract

VDSL technologies had allowed companies which provide telephone services that had copper net with high updated hardware to offer integral services in broadband for voice data, information and high downloaded video through technologic applications of service convergence and telecommunication nets. This project is focused to provide solutions about technical assessment for updated DSL technology to maximize the use of such technology that represent the best option for triple play services. Previously, Santa Ana part location was selected as strategic area for developing the project as a result of social and economical impact in Guayaquil city. Which it becomes in such an attractive place for developing broad band services. That's why the design of FTTB topology net access was chosen to apply DSLAM VDSL2 technology. This net access uses Fiber Optic in the building where DSLAM VDSL2 hardware from Huawei technology was set and from here copper lines went out to each customer that are located in each apartment, office and store independently. The VDSL2 technology characteristics that is applied in this project is one of the best option to get high speed transmission in the senses upload and download and its symmetric and asymmetric operation condition becomes an advantage for adapting the sophisticated market without conflict for receiving video and telephone services signal. The output of this project design showed from technical and economical issue to be the best and the most efficient for developing the company operator whose offer triple play service based on copper net with improved VDSL2 standards.

Introducción

Los operadores de telecomunicaciones enfrentan cambios sin precedentes en el desarrollo de su infraestructura, fundamentalmente por el impacto de la tecnología que está transformando la manera como se prestan los servicios tradicionales y los nuevos, de forma que surgen nuevas oportunidades y nuevos competidores. Esto origina que los operadores deban adaptarse a los cambios profundos, ya que de no cambiar entrarían en una espiral de eventos que declinaría sus ventas y márgenes, limitando su habilidad para invertir y poniendo en riesgo su existencia. El cambio, entonces, es relevante en función de sus necesidades, que garantice una completa transformación de los servicios, las redes y por último todo el negocio. En este sentido el servicio multimedia constituye una respuesta a este reto, que permita transportar información digital sea cual fuere su naturaleza, ya sea voz, video y datos, sobre cualquier medio incluyendo cobre, fibra y aún inalámbrico.

El nuevo rol de las empresas de telecomunicaciones para enfrentar la demanda de servicios banda ancha, por la disolución de las fronteras de los servicios tradicionales y de las barreras para prestarlos y de manera particular en nuestro país con la eliminación de los monopolios de prestación de servicios de telefonía fija que permitan ofrecer servicios con la tecnología multimedia ha motivado a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador (CNT EP), con el objeto de mantener su posicionamiento y seguir siendo considerada la primera opción en el área de telecomunicaciones, la búsqueda mediante la aplicación de nuevas tecnologías de acceso, focalizando clientes específicos, solucionar la gran demanda de nuevos servicios, hecho que motivo el interés, considerando que en la actualidad existen varios sectores de la ciudad, incluido el del Puerto Santa Ana, donde las redes de comunicaciones se encuentran en mal estado (especialmente la red primaria), con distancias que superan la capacidad de transmisión, copadas y sin capacidad de ampliación por la falta de infraestructura de canalización, lo cual imposibilita a la empresa de telefonía fija de la ciudad de Guayaquil, brindar servicios de banda ancha a corto plazo, sobre las redes de cobre instaladas, la propuesta de

tesis constituye una solución a corto plazo ya que tiene por objeto el Diseño de una Red de Comunicación en Banda Ancha (XDSL) para el Proyecto Urbanístico Puerto Santa Ana, que permitirá brindar a sus clientes focalizados actuales y futuros accesos a servicios multimedia con la implementación de diseño de redes de comunicación con nodos de acceso multiservicios en banda ancha xDSL (*Digital Subscriber Line, Líneas de suscripción digital*).

Los efectos que tendrá la aplicación de las redes de comunicación multimedia son amplios, puesto que contribuirá a incrementar la rentabilidad del negocio en función de las necesidades modernas que demanda la sociedad, esto es acceso a internet, domótica, voz, líneas dedicadas, mensajería, líneas dedicadas, etc.

El proyecto se justifica en razón de que las redes de comunicaciones existentes en varios sectores, incluido el del Puerto Santa Ana, se encuentran en mal estado, copadas y sin capacidad de ampliación por la falta de infraestructura de canalización, lo cual imposibilita brindar servicios de banda ancha sobre las redes de cobre instaladas.

Problema

La necesidad de disponer de una banda ancha ultrarrápida en los hogares ha dado lugar al desarrollo de soluciones a través de la implementación de proyectos que posibilitan el suministro de ancho banda hasta el domicilio de los usuarios y que consiste en la instalación de nodos remotos que permiten acortar la distancia entre la central y los hogares, facilitando el uso de tecnologías como el FTTN (Fibra hasta el nodo) o FTTB (Fibra hasta el edificio) y el último tramo de cobre hasta el usuario.

Objetivo General

Diseñar una red de comunicación en banda ancha con tecnología VDSL2+ para el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana.

Objetivos específicos

- Establecer los principios y topologías de los sistemas de distribución ópticos.
- Establecer las características y formulaciones matemáticas del DSLAM con tecnología VDSL2+.
- Realizar el estudio de factibilidad entre la central telefónica y la urbanización Puerto Santa Ana para el del diseño del tendido de cable de fibra óptica, ubicación del nodo óptico y distribución de red de cobre a los usuarios.
- Analizar el costo-beneficio de recuperación de la inversión.

Hipótesis

La adopción y uso intensivo de sistemas ópticos con disponibilidad de transferencia de datos de alta velocidad y capacidad de innovación en servicios y aplicaciones repercutirá para la operadora en un aumento de demanda y rentabilidad a bajo costo de inversión de las infraestructuras.

Justificación

El proyecto de intervención está orientado a solucionar un problema para usuarios que demandan un servicio de banda ancha en un sector residencial y comercial de alta plusvalía, cuyo proyecto puede ser implementado en corto plazo con cual se beneficiaría la operadora y los clientes asociados.

Técnicas y métodos empleados en la investigación

- Método de investigación documental que permitirá obtener la información para elaborar el marco teórico y metodología del diseño de la investigación.
- Método de investigación analítico que permitirá seleccionar los elementos y dispositivos del diseño del proyecto.
- Método de investigación experimental que permitirá determinar la factibilidad técnica en sitio del proyecto para el enlace de red entre la central y la urbanización Puerto Santa Ana.

CAPÍTULO 1

ESTADO DE ARTE DE LA EVOLUCIÓN DE ACCESO DIGITAL

1.1 Desarrollo de los sistemas de transmisión digital

Las redes de comunicación inicialmente eran de tipo analógico de punto a punto a través de un circuito dedicado, las mismas que fueron digitalizándose progresivamente de acuerdo con la evolución tecnológica, hasta llegar al 100%, con salvedad de la red de acceso, exceptuando las líneas RDSI (*Integrated Services Digital Network*, Red Digital de Servicios Integrados) y la introducción de las tecnologías xDSL. En las redes de comunicación de paquetes en cambio el enlace de comunicación no es necesariamente directo, pues puede tener distintos caminos para llegar al punto, optimizando así la comunicación, dado que cada vez que hay información se pone en un paquete y se manda por rutas que estén libres, hasta llegar a su destino donde son agrupados para recuperar la información original. La técnica de conmutación de paquetes es el *“procedimiento de transferencia de datos en el que la unidad de información es el paquete de datos, el cual tiene una longitud máxima establecida e incluye como parte de la información la dirección de la estación de datos al que va dirigido el paquete. Cada segmento de cable se ocupa sólo durante el tiempo que dura la transmisión de un paquete, quedando a continuación disponible para la transmisión de otro paquete”*. (Hernando, 2002)

Con las redes de comunicación de paquetes de esta forma se consigue una alta eficiencia, ya que distintas comunicaciones pueden ser compartidas simultáneamente sobre el mismo enlace o canal, utilizando circuitos virtuales. Ésta es la clave del éxito de las comunicaciones multimedia. En las redes de próxima generación, que constituyen el futuro de las comunicaciones, ya no solo los datos se manejan por paquetes sino que también se “paquetiza” la voz de forma que pueda ser enviada por las redes de datos. Estas redes están basadas en el protocolo IP (*Internet Protocol*, Protocolo de Internet).

Uno de los grandes problemas de la transmisión analógica de la voz a medias o grandes distancias es la pérdida progresiva de la intensidad de la señal, costo elevado del cable multifilar, número de canales, pérdidas producidas por la atenuación en los conductores y la necesidad de regeneración de la misma con pérdida progresiva de su calidad. Para superar esta dificultad era obligatorio disponer de costosos y delicados sistemas de transmisión. Para superar las deficiencias de la transmisión analógica, fue necesaria la introducción de los sistemas MIC o PCM (*Impulse Code Modulation o Pulse-Code Modulation*) de codificación digital que conlleva modulación previa de amplitud de pulsos. Estos sistemas codificaban la señal de voz en valores discretos, de manera que podían regenerarse mediante repetidores electrónicos cuantas veces fuese necesario, sin pérdida de calidad de la señal. (Vega Perez, 2007)

La miniaturización y aumento de capacidad de los procesadores, determinó que el uso de la tecnología digital en las centrales de conmutación, fundamentalmente por la implementación flexible de la lógica de control y después por la sustitución de todos los elementos mecánicos de la conmutación. El costo de los sistemas de transmisión digitales se ha reducido de forma progresiva en el tiempo, por lo que actualmente se han sustituido las plantas analógicas de transmisión por su equivalente digital.

En 1984 el CCITT (*Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony*, Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico) propuso estandarizar la progresión de la digitalización hasta el terminal del usuario, de forma que se establezca completamente un enlace digital entre dos usuarios cualesquiera con acceso a servicios digitales (RDSI). El sistema RDSI (Red Digital de Servicios Integrados, en inglés ISDN) es un sistema de redes actuales basado en circuitos, por lo que sólo es posible el intercambio de información de forma simultánea entre los usuarios que establezcan comunicación en conexiones de extremo a extremo a nivel digital. Paralelamente a la información digital,

se desarrolló las redes de datos, que manejaba información de tipo digital y, que permitía la interconexión de ordenadores. Las redes de datos funcionan en modo de paquetes, de forma que un mismo canal físico permite el envío de diferentes “comunicaciones” de forma simultánea. (Colombo, 2011)

Uno de los negocios más dinámicos es el relacionado con las tecnologías de la información y el uso del internet. Todos los días aparecen nuevas aplicaciones y servicios, con un número ilimitado de compañías que realizan sus ofertas. Pero quizás el sector más dinámico de las tecnologías de la información es el de multimedia, y dentro de éste el sector audiovisual, que con la prestación de nuevos formatos, protocolos, estándares y utilidades, ha contribuido a que se faciliten la prestación de nuevos servicios audiovisuales. Sin embargo, por su carácter tan dinámico no se ha establecido un marco legal completo que determine su normativa para desenvolverse, toda vez que la tecnología se ha adelantado a la creación de normas. Otro factor que contribuido a que no se disponga de normas, es la ubicuidad de la internet, esto es que se la utiliza como plataforma de despliegue de los nuevos servicios multimedia y se encuentra distribuida en regiones, países e incluso continentes. Por otro lado existen muchos intereses en juego en un mercado tan amplio, que ha determinado choques de intereses que han generado gran polémica en los medios de comunicación, lo cual sumado con lo anteriormente dicho, ha generado dudas en cuanto a los términos que deben presidir al marco regulatorio de los servicios multimedia en la actual sociedad de la información.

Dentro del desarrollo de las comunicaciones multimedia, se puede destacar a los países de la Unión Europea (UE), que han contribuido al desarrollo la Sociedad de la Información y han posicionado prioridades reflejadas en los objetivos estratégicos para confrontar la competitividad con los EE.UU., y Japón. Como referencia histórica, de las políticas del desarrollo de la sociedad de la información en la UE, tenemos el Tratado Constitutivo de la UE (Tratado de Roma de 1957), en que se determina

en el ámbito de las telecomunicaciones, la libre circulación de mercaderías, la libre prestación de servicios, el derecho de establecimiento, las normas sobre competencia y la normalización. En el Tratado de Maastricht de 1993, se inicia el proceso de construcción de redes que engloban el ámbito de energía, transporte y el de telecomunicaciones. En 1987, se inicia el proceso liberalizador, que culmina en 1998 con la apertura completa del sector. Para fomentar el desarrollo económico de la UE, se han establecido acciones de investigación, desarrollo de aplicaciones, creación de contenidos y difusión de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en todos los sectores económicos. Como ejemplo de estas medidas, tenemos que el año 1995 hubo un crecimiento de 700.000 millones de euros, hasta los 970.000 millones en el 2005, con un sector de ocupación de 1,5 millones de personas. (P.H. SPAAK, 1997)

En general la Unión Europea se basa en un marco jurídico que tiene por objeto facilitar el comercio electrónico y el acceso a Internet, así como el establecimiento de normas técnicas comunes en materia de telecomunicaciones para elaborar el nuevo marco jurídico del sector. En este contexto, las operadoras de telecomunicaciones enfrentan cambios sin precedentes en el desarrollo de su infraestructura, fundamentalmente por el impacto de la tecnología que está transformando la manera como se prestan los servicios tradicionales y los nuevos, de forma que surgen nuevas oportunidades y nuevos competidores. Esto origina que los operadores deben adaptarse a los cambios profundos, ya que de no cambiar entrarían en una espiral de eventos que declinaría sus ventas y márgenes, limitando su habilidad para invertir y poniendo en riesgo su existencia. El cambio, entonces, es relevante en función de sus necesidades, que garantice una completa transformación de los servicios, las redes y por último todo el negocio. En este sentido el servicio multimedia constituye una respuesta a este reto, que permita transportar información digital sea cual fuere su naturaleza, ya sea voz, video y datos; sobre cualquier medio incluyendo cobre, fibra y aún inalámbrico.

Dentro de las alternativas para alcanzar altas velocidades de transmisión de datos tenemos la combinación de cables de fibra óptica alimentando a las unidades ópticas ONU de la red (ONU, Optical Network Units) para los sectores residenciales con la conexión en la última milla mediante red telefónica de cobre, con arquitecturas de diseño tales como FTTx (fiber-to-the, Fibra hasta) para llegar a puntos cercano al usuario, y dentro de este aspecto tenemos las siguientes categorías: FTTCab (hasta el gabinete), FTTB (hasta el edificio) y FTTC (hasta la acera).

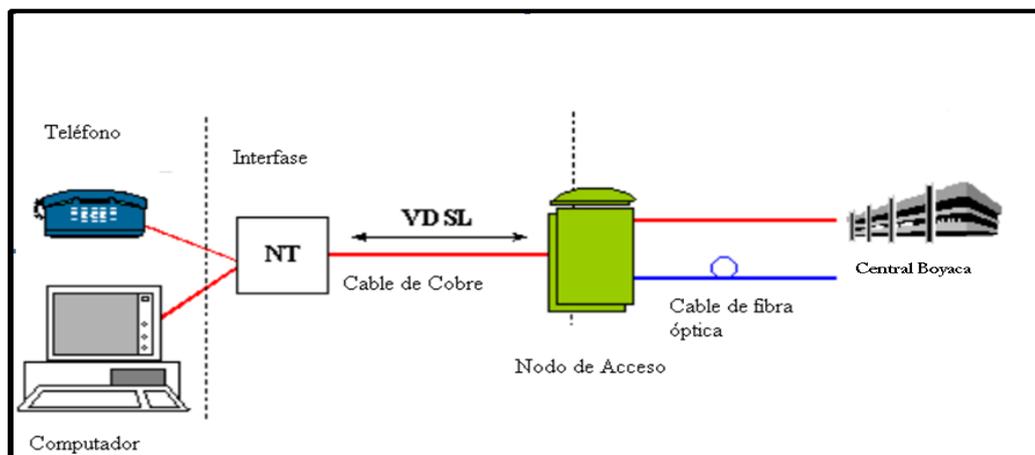


Figura 1.1: Arquitectura de Red de Acceso
Fuente: Los autores

Una de las tecnologías empleadas para transportar datos en las arquitecturas de diseño FTTx es VDSL (Línea de Abonado Digital de Muy Alta Velocidad), la misma que es capaz de transmitir datos a alta velocidad tanto en modo simétrico como asimétrico sobre distancias cortas utilizando pares trenzados de líneas de cobre con un rango de velocidad que depende de la longitud de la línea. La arquitectura de red de acceso VDSL se muestra en el Figura 1.1, cuya velocidad máxima de transmisión está entre 51 y 55 Mbps sobre líneas de 300 metros de longitud y de igual forma las velocidades de subida del cliente a la red serán mayores con relación a ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrico). (FERRAN, 2001-2012)

La Tabla 1.1 establece velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea para los modos de operación simétricos y asimétricos.

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

Tabla 1.1: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

Los sistemas de acceso digital utilizan sistemas de transmisión digital que consiste en el envío de información a través de medios de comunicaciones físicos en forma de paquetes de señales digitales, por lo que para poder transmitir las señales analógicas éstas deben ser digitalizadas antes de ser transmitidas en forma de 0 y 1, y esto se puede lograr codificando la señal con dos estados, por ejemplo:

- dos niveles de voltaje con respecto a la conexión a tierra
- la diferencia de voltaje entre dos cables
- la presencia/ausencia de corriente en un cable
- la presencia/ausencia de luz

La transformación de información binaria en una señal con dos estados se realiza a través de un Decodificador de Banda Base (DCE), que constituye el origen del nombre *transmisión de la banda base* con lo que se designa a la transmisión digital. (KIOSKEA, 2008)

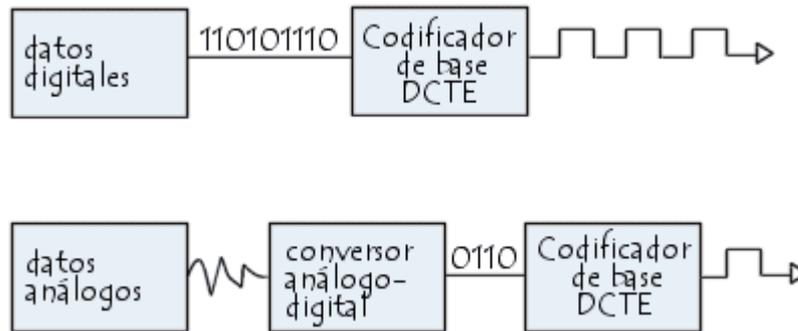


Figura 1.2: Transformación de información binaria
Fuente: <http://es.kioskea.net>

En las redes de ordenadores, los datos a intercambiar siempre están disponibles en forma de señal digital. No obstante, para su transmisión podemos optar por la utilización de señales digitales o analógicas. La elección no será por lo general una decisión del usuario, sino que vendrá determinada por el medio de transmisión a emplear, considerando que no todos los medios de transmisión permiten señales analógicas, ni todos permiten señales digitales. En este sentido será necesario un proceso previo que adecue los datos a la señal a transmitir.

1.2 Tipos de Codificación

Para optimizar la transmisión se dispone de varios métodos para transmitir la señal eléctrica (señal digital), para lo cual la señal debe ser codificada de manera de facilitar su transmisión en un medio físico. Existen varios sistemas de codificación para este propósito, los cuales se pueden dividir en dos categorías:

- Codificación de dos niveles: la señal sólo puede tomar un valor estrictamente negativo o estrictamente positivo ($-X$ ó $+X$, donde X representa el valor de la cantidad física utilizada para transportar la señal)
- Codificación de tres niveles: la señal sólo puede tomar un valor estrictamente negativo, nulo o estrictamente positivo ($-X$, 0 ó $+X$)

Para obtener la secuencia que compone la señal digital a partir de los datos digitales se efectúa un proceso denominado codificación que permitirá reproducir en el extremo receptor una secuencia idéntica a la transmitida en condición desfasada en el tiempo. Los elementos transmitidos constituyen un *bit* y el número de *bits* transmitidos en un segundo determinan la *velocidad de transmisión*.

1.2.1 Codificación NRZ

La codificación NRZ (*No Return to Zero*, Sin Retorno a Cero), es el primer sistema de codificación y también el más simple, empleado para representar la evolución de una señal digital en un cronograma en el que la amplitud de voltaje no vuelve a cero entre bits consecutivos de valor uno. Consiste en la transformación de 0 en $-X$ y de 1 en $+X$, donde cada nivel lógico 0 y 1 toma un valor distinto de amplitud de tensión, lo que resulta en una codificación bipolar en la que la señal nunca es nula por lo que la señal digital no será binaria. De esta forma el receptor puede detectar si la señal está presente o no.

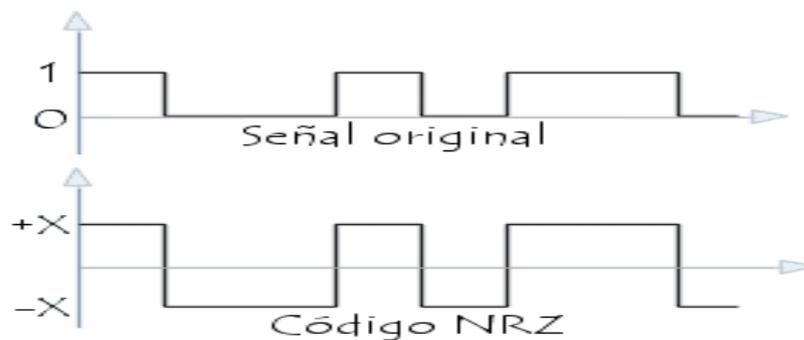


Figura 1.3: Codificación NRZ
Fuente: <http://es.kioskea.net>

1.2.2 Codificación NRZI

La codificación NRZI (*No Return to Zero Invert*, Sin Retorno a Cero Invertido), es significativamente diferente de la codificación NRZ. Con este tipo de codificación, la señal cambia de estado al enviar un 1

produciéndose una transición a nivel positivo o negativo, en cambio que al transmitir un 0 no se produce transición.

La codificación NRZI posee ventajas que incluyen:

- La detección de una señal o la ausencia de la misma
- Tensión constante durante la duración de un bit
- El dato se codifica por la presencia o ausencia de una transición
- Transición bajo a alto o al revés significa un 1
- Sin transición significa un 0
- La necesidad de una corriente de transmisión de baja señal

Como desventaja presenta un problema: la presencia de una corriente continua durante una secuencia de ceros, que perturba la sincronización entre el transmisor y el receptor. (KIOSKEA, 2008)

1.2.3 Codificación Manchester

La codificación Manchester, también denominada *Codificación de Dos Fases* o *PE (Phase Encode, Codificación de Fase)*, introduce una transición entre dos niveles de señal. Es una codificación auto sincronizada puesto que en cada *bit* se puede obtener la señal del reloj, que se traduce en un límite ascendente cuando el valor del bit es cero y en un límite descendente en el caso opuesto.

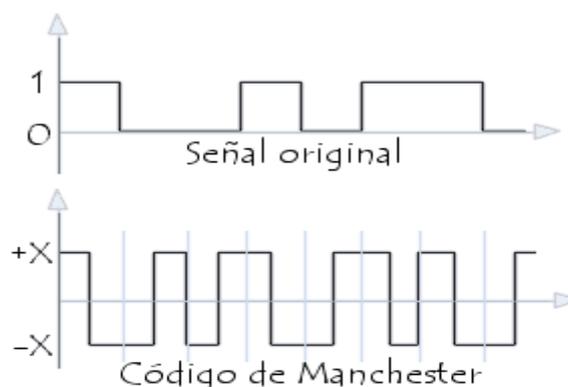


Figura 1.4: Codificación Manchester
Fuente: <http://es.kioskea.net>

La codificación Manchester posee numerosas ventajas, tales como:

- Puesto que no adopta un valor cero, es posible que el receptor detecte la señal
- Las señales de datos y de reloj se combinan para sincronizar el flujo de datos
- Cada *bit* codificado contiene una transición en la mitad del intervalo de duración de los *bits*
- Un espectro que ocupa una banda ancha

Como desventaja se tiene que consume el doble de ancho de banda que una transmisión asincrónica. (KIOSKEA, 2008)

1.2.4 Codificación retrasada (de Miller)

La codificación *retrasada*, también conocida como *Codificación Miller*, es similar a la codificación Manchester, excepto que ocurre una transición en el medio de un intervalo significativo sólo cuando el bit es 1, lo que permite mayores índices de datos, reducir considerablemente la incidencia de las bajas frecuencias y garantizar un número mínimo de transiciones de la señal en banda base como para recuperar la señal del reloj.

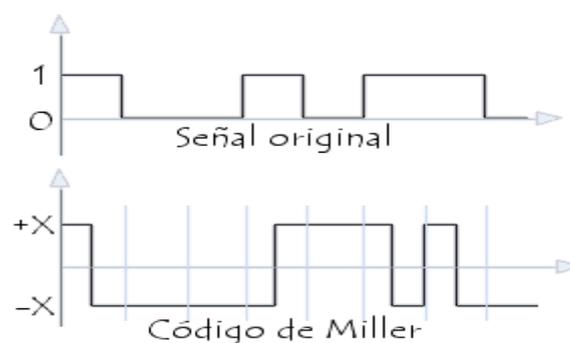


Figura 1.5: Codificación retrasada (de Miller)

Fuente: <http://es.kioskea.net>

1.2.5 Codificación bipolar

La codificación bipolar es una codificación de tres niveles que permite codificar la señal compuesta de 0 y 1 a través de la variación entre el valor 0 cuando el valor del *bit* es 0 y alternativamente X y $-X$ cuando el valor del *bit* es 1.

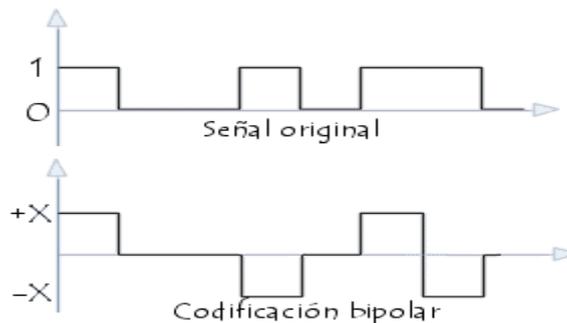


Figura 1.6: Codificación bipolar
Fuente: <http://es.kioskea.net>

Las ventajas de la codificación polar se relacionan a la disponibilidad de un espectro estrecho que dará lugar a que la señal codificada sea fácilmente modulable sobre un portador de banda base, con lo cual se tendrá un rendimiento significativo para transmisiones de bajas frecuencias.

1.3 Información digital y transmisión de señal analógica

La información en la comunicación analógica se transmite a través de ondas modificando sus características de amplitud, frecuencia o fase. En la comunicación digital la señal está compuesta por una serie de pulsos de voltaje que es enviada del transmisor al receptor a través de un medio de transmisión para reproducir en este una secuencia idéntica a la transmitida, eventualmente desfasada en el tiempo. El medio de transmisión puede ser un cable, fibra óptica o radio. La información es usualmente contenida en los cambios entre dos niveles de voltaje que pueden tomar los valores lógicos "1" y "0", cada uno de ellos constituye un

bit y el número de bits transmitidos en un segundo se define como la velocidad de transmisión. Cada elemento de la señal digital puede representar a más de un bit del mensaje digital.

Para la recuperación de la señal digital se utiliza diversos métodos de detección, pero un método usual es el de muestreo y decisión, que consiste en tomar una muestra de la señal digital en un instante determinado, comparar el valor con algún referencial conveniente y decidir si la muestra está por encima o por debajo del referencial, y según el resultado asignar al *bit* recibido el valor de 1 o 0, y de esta forma generar una señal eléctrica. Este sistema binario es usado para todos los cálculos dentro del microprocesador del receptor que aparece como el corazón del instrumento digital de procesos. El conjunto de 8 *bits* es denominado 1 *byte* el cual representa el bloque de construcción de todos los valores alfanuméricos empleados.

La comunicación digital involucra por lo menos dos equipos, ambos deben ser capaces de interpretar la señal, es por ello que usan códigos de control y de datos, en los cuales una secuencia específica de bits, indica a uno de los equipos lo que se está transmitiendo. El código ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) es el ejemplo más conocido de un código de control y de datos. (Maria de los Angeles Gómez López y Miriam Cristina Herrera , 2005)

Al proceso por el cual obtenemos una señal analógica a partir de unos datos digitales se le denomina modulación. Esta señal la transmitimos y el receptor debe realizar el proceso contrario, denominado demodulación para recuperar la información. El módem es el encargado de realizar dicho proceso. Algunos esquemas simples de modulación son: FSK (Frequency Shift Keying, Modulación por Desplazamiento de la Frecuencia), por medio del cual cambia la frecuencia dependiendo de la señal de la portadora que es un flujo de pulsos binarios.

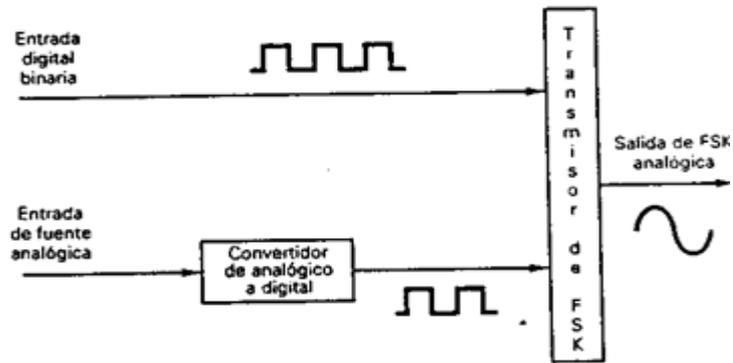


Figura 1.7: Transmisor de FSK

Fuente: www.electronicafacil/tutoriales/MODULACION-DIGITAL

La salida de un modulador de FSK binario, es lo que se conoce como señal modulada en el dominio del tiempo, cuya resultado se obtiene que cuando se quiere transmitir u 1 binario se deja pasar la sinusoidal de mayor frecuencia y cuando se quiere transmitir u 0 binario se deja pasar la sinusoidal de menor frecuencia, de esta forma la señal de entrada cambia de un binaria de 0 lógico a 1 lógico, y viceversa, la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias, una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico. Con el FSK binario, hay un cambio en la frecuencia de salida, cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. La formulación matemática de la modulación por conmutación de la frecuencia se muestra en la Figura 1.8. (López, 2004)

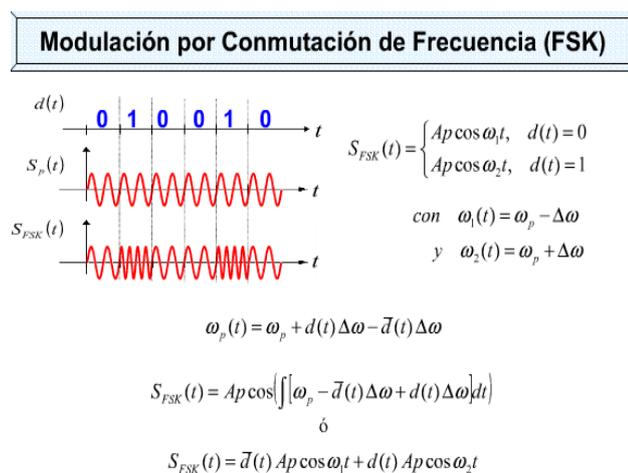


Figura 1.8: Modulación por conmutación de frecuencia

Fuente: www.slideshare.net/yroso02n/tranmision-pasabanda

En la Modulación de Amplitud ASK (Amplitude Shift Keying, Modulación por Cambio de Amplitudes) la señal moduladora (datos) es digital, por lo que en esta técnica no se modifica la frecuencia de la portadora sino su amplitud. Los dos valores binarios se representan mediante diferentes niveles de amplitud, uno de los valores de la señal moduladora es 0 (cero) que se le llama OOK (On-Off Keying) y esta relacionado con la ausencia de la señal portadora, y el otro valor es 1 (uno) para la multiplicación de los datos binarios por la portador a amplitud constante, tal como se muestra en la Figura 1.9.

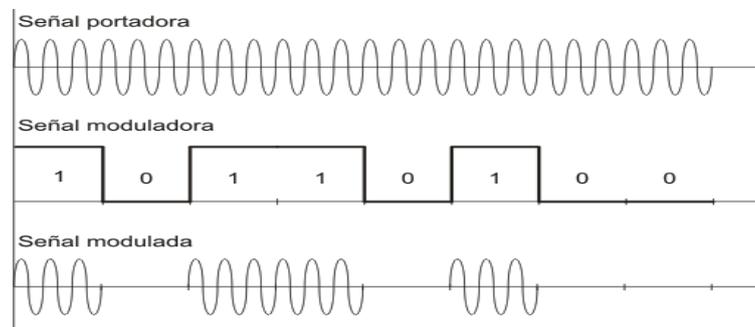


Figura 1.9: Modulación por Desplazamiento de Amplitud
Fuente: www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask

La técnica ASK puede ser definido como un sistema banda base con una señal moduladora para valores de "1" y "0", igual a:

$$v_m(t) = v_m(t) = \begin{cases} 1 & \text{para un "1" binario} \\ 0 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

La formulación matemática para la señal de la portadora esta dado por la expresión: $v_p(t) = V_p \text{sen}(2\pi f_p t)$, donde V_p es el valor pico de la señal portadora y f_p es la frecuencia de la señal portadora. Como ASK puede ser definido como un sistema banda base la señal modulada tiene la siguiente expresión: $v(t) = V_p v_m(t) \text{sen}(2\pi f_p t)$, cuya expresión tomará determinados valores de acuerdo valores binarios de la señal moduladora. (Textos Científicos, 2005)

$$v(t) = \begin{cases} V_p \text{ sen}(2\pi f_p t) & \text{para un "1" binario} \\ 0 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

PSK (*Phase-Shift Keying, Modulación por Desplazamiento de Fase*), es otra forma de modulación angular de amplitud constante donde la señal moduladora (datos) es digital. La frecuencia y la amplitud se mantienen constantes y se varía la fase de la portadora para representar los niveles uno y cero con distintos ángulos de fase. En PSK el valor de la señal moduladora esta dado por:

$$v_m(t) = v_m(t) = \begin{cases} 1 & \text{para un "1" binario} \\ -1 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

La señal portadora tendrá la expresión matemática de: $v_p(t) = V_p \text{ Cos}(2\pi f_p t)$, donde V_p es el valor pico de la señal portadora y f_p es la frecuencia de la señal portadora. PSK permite codificar señales a nivel binario y a más alto nivel, por ejemplo un sistema PSK con cuatro u ocho fases de salida, para lo cual se requiere la combinación en grupos de dos o tres *bits* llamados *dibits* y *tribits* respectivamente. Un transmisor de importante interés es el de ocho fases, cuyo diagrama de bloques se muestra en la Figura 1.10. Como se puede observar el flujo de bits seriales ingresa al desplazador de bits en donde se convierte a una salida paralela de tres canales, los mismos que entran al convertidor de los niveles en donde se produce la conversión de la señal digital a analógica. (López, 2004)

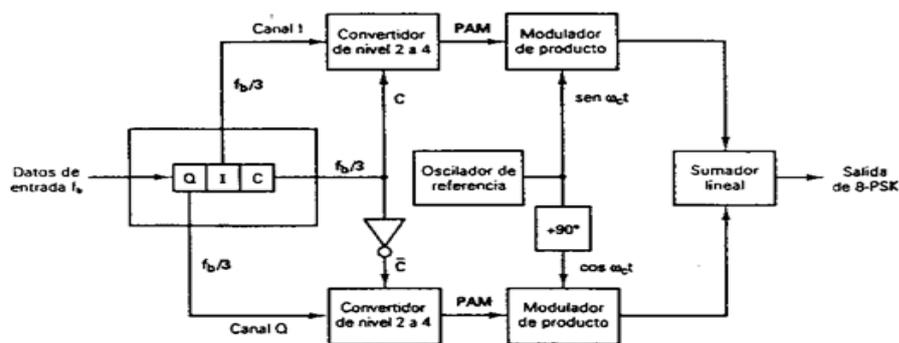


Figura 1.10: Modulador de 8 Faces-PSK

Fuente: www.electronicafacil/tutoriales/MODULACION-DIGITAL

En la Figura 1.11 se muestra la modulación por conmutación de fase cuya referencia angular se toma del intervalo anterior con lo que el detector decodifica la información digital basándose en diferencias relativas de fase.

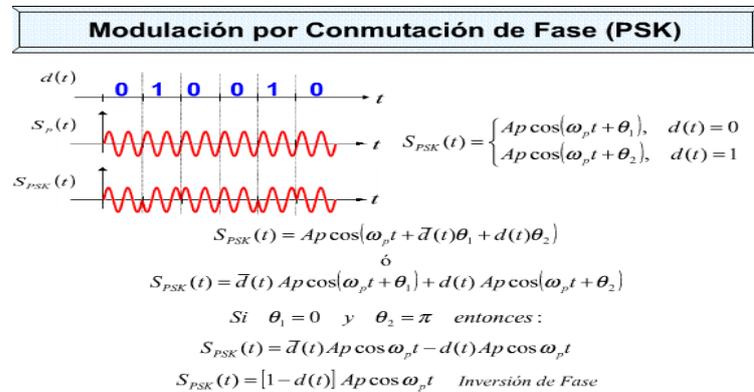


Figura 1.11: Modulación por conmutación de fase (PSK)
Fuente: www.slideshare.net/yroso02n/tranmision-pasabanda

1.3.1 Ventajas de la transmisión digital

1. La ventaja principal de la transmisión digital es la inmunidad al ruido. Las señales analógicas son más susceptibles que los pulsos digitales a la amplitud no deseada, frecuencia y variaciones de fases.
2. Se prefieren a los pulsos digitales por su mejor procesamiento y multicanalizaciones que las señales analógicas, pues los pulsos digitales pueden guardarse fácilmente mientras que las señales analógicas no pueden.
3. Los sistemas digitales utilizan la regeneración de señales, en vez de la amplificación de señales, por lo tanto producen un sistema más resistente al ruido que su contraparte analógica.
4. Las señales digitales son más sencillas de medir y evaluar.
5. Los sistemas digitales están mejores equipados para evaluar un rendimiento de error a diferencia de los sistemas analógicos

1.4 Redes típicas

1.4.1 Topologías de redes

La topología de red define la estructura de una red de distribución, en donde una parte de la topológica es física que constituye la disposición real de los cables o medios, la otra parte es la topología lógica que define la forma en que los *host's* (*computadoras conectadas a una red*) acceden a los medios para enviar datos. Las topologías físicas más comúnmente usadas son las siguientes:

- Una topología de bus usa un solo cable *backbone* (*cableado vertical o troncal*) que debe terminarse en ambos extremos y en donde todos los nodos o *host's* se conectan directamente a un circuito común en este caso al *backbone*.
- La topología de anillo conecta un *host* con el siguiente y al último *host* con el primero creando un anillo físico de cable en el cual cada host tiene una dirección única.
- La topología en estrella conecta todos los cables con un punto central de concentración desde el cual se irradian todos los enlaces hacia los demás nodos. Para este caso el punto central esta ocupado por hub por el cual pasa toda la información de la red.
- Una topología en estrella extendida es igual a la topología en estrella y a través de las cual se conecta estrellas individuales entre sí mediante la conexión de *hubs* (*concentradores*) o *switches* (*conmutadores de red*). Esta topología permite extender el alcance y la cobertura de la red.
- Una topología jerárquica es similar a una estrella extendida pero con la diferencia que no utiliza un nodo central pero que en su

lugar se utiliza un nodo trocal que derivan ramas a otros nodos donde se conectan los *hubs*. Al sistema se conecta con un computador que controla el tráfico de la topología.

- La topología de malla se implementa para proporcionar la mayor protección posible para evitar una interrupción del servicio mediante la utilización de conexiones redundantes entre los dispositivos de la red. Cada dispositivo o *host's* esta conectado a todos los demás y todos conectados con todos con lo cual se garantiza que si se rompe una conexión la red seguirá operando.

La topología lógica de una red es la forma en que los *host's* se comunican a través del medio. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son *broadcast (difusión)* y transmisión de *tokens (autenticación)*.

La topología *broadcast* simplemente significa que cada *host* envía sus datos hacia todos los demás *hosts* del medio de red sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo. No existe un orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red ya que es por orden de llegada.

La segunda topología lógica es la transmisión de *tokens*, la misma que controla el acceso a la red mediante la transmisión de un *token* electrónico a cada *host* de forma secuencial. Cuando un *host* recibe el *token*, este *host* puede enviar datos a través de la red y si el *host* no tiene ningún dato para enviar, transmite el *token* al siguiente *host*, y el proceso se vuelve a repetir. Dos ejemplos de redes que utilizan la transmisión de *tokens* son *Token Ring (arquitectura de red con topología física en anillo)* con la interfaz de transmisión de datos mediante fibra óptica FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*); *Arcnet (arquitectura de red con topología en estrella)* es una variación de *Token Ring* y FDDI, que determina la transmisión de *tokens* en una topología de bus. (CHÁVEZ, 2009)

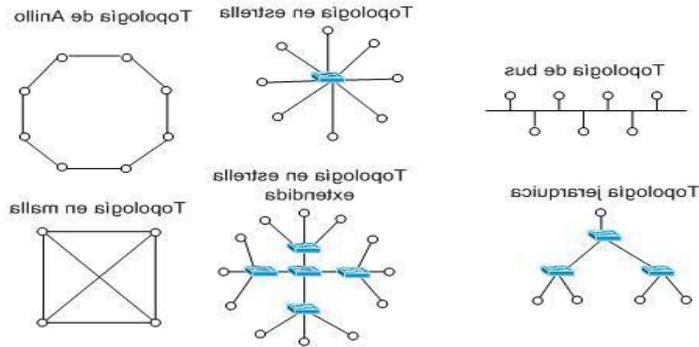


Figura 1.12: Topologías de red
Fuente: www.culturacion.com/2009/10/topologias-de-red

1.4.2 Medios físicos de transmisión

A mayor información transmitida y a mayor velocidad de transmisión, mayor es la demanda de mejores características para el medio de transmisión. Esto es particularmente cierto para las redes industriales de comunicación, en donde las condiciones distan mucho de ser ideales por ejemplo debido a las posibles interferencias de máquinas eléctricas. Por esta razón, el mejor medio de transmisión depende en mucho de la aplicación.

1.4.2.1 Diferentes medios físicos de transmisión: Cable por Trenzado, Cable Coaxial y Fibra Óptica

- Los Cables Trenzados (Twisted Cable)

Es la solución más económica para la transmisión de datos; permite velocidades de transmisión de hasta 375 Kbit/s sobre líneas de hasta 300 metros de largo. En muchos casos, se usan pares trenzados y apantallados que proveen mayor inmunidad al ruido de interferencia o diafonía. Los cables de par trenzado tienen la ventaja de no ser caros, ser flexibles y fáciles de conectar. Existen dos tipos de cable par trenzado, el UTP (*Unshielded Twisted Pair Cabling*) o cable trenzado sin blindaje, y el cable STP (*Shielded Twisted Pair Cabling*) o cable par trenzado blindado.

Según el estándar FIP (*Factory Instrumentation Protocol*), dos pares de cables con doble blindaje, permiten una velocidad de transmisión de 1 Mbit/s sobre distancias de hasta 2000 m. En todos los casos sin embargo, el cable de comunicación debe mantenerse aparte de los cables de energía cuando se manejan cargas grandes. (Martínez, 2007)



Figura 1.13: Cable de par trenzado

Fuente: www.slideshare.net/sgalsan/cable-par-trenzado

- Los Cables Coaxiales

Permiten una alta velocidad de transmisión con la ventaja adicional que puede llevar muchos mensajes simultáneamente a distancias más largas que el cable trenzado. El ancho de banda llega hasta 10 MHz. Los cables son más caros que los trenzados pues son más resistentes a interferencias y atenuación en razón de que está diseñado por un hilo de cobre rodeado por un recubrimiento de aislante y este a su vez recubierto por una malla de alambre. Los tipos de cable coaxial son: cable delgado (*thinnet*) con impedancia de 50 ohmios para conector tipo “N”, y cable grueso (*thicknet*) con impedancia de 50 ohmios para conector tipo “BNC”. (GRUPO ARQHYS, 2007)



Figura 1.14: Cable coaxial

Fuente: <http://yaraclase.blogspot.com>

- Los Cables de Fibra Óptica

El cable de fibra óptica contiene una fibra simple de vidrio extremadamente delgado que por razones de estabilidad está rodeada de varias cubiertas protectoras conocido como revestimiento de modo tal que es casi tan gruesa como un cable coaxial. Estos cables son fáciles de tender. Su capacidad de transmisión es 5 veces mayor a la del cable coaxial. Durante la transmisión, las señales eléctricas son convertidas en señales luminosas, esto significa que los factores usuales de interferencia tales como campos electromagnéticos no tienen influencia alguna y la señal de luz puede ser transportada a grandes distancias. Físicamente un cable de fibra óptica está constituido por un núcleo formado por una o varias fibras o hebras muy finas de cristal o plástico, un revestimiento de cristal o plástico con propiedades ópticas diferentes a las del núcleo, cada fibra viene rodeada de su propio revestimiento y una cubierta plástica para protegerla de humedades y el entorno. Un cable consta de dos hilos con envolturas separadas en razón de que las señales pasan en una sola dirección.

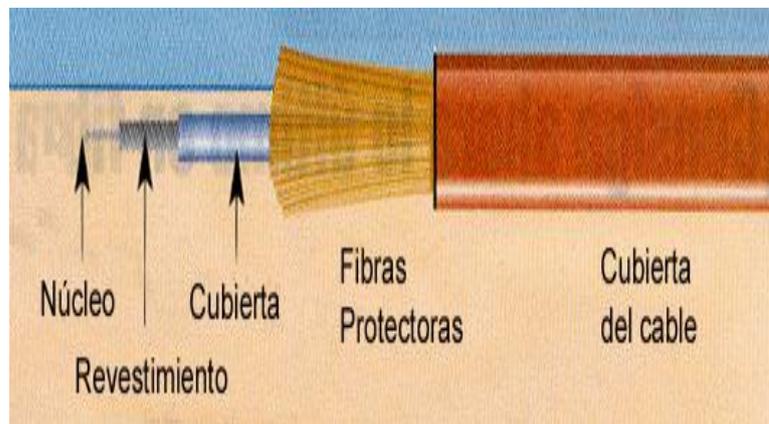


Figura 1.15: Estructura de cable de fibra óptica
Fuente: www.modul.galeon.com

La mayoría de los cables de fibra óptica permiten velocidades de transmisión en el rango de Gigabits/s, y dado que el método es más complicado de conexión, este medio es el más caro. Por otro lado, desde que es relativamente nuevo, y aún en constante desarrollo, será en el

futuro el que reemplace a los cables de cobre para transmisión de datos pues las señales que transportan son señales digitales de datos en forma de pulsos modulados de luz que lo convierte en una forma relativamente segura de enviar datos, debido a que a diferencia de los cables de cobre que llevan los datos en forma de señales eléctricas, los cables de fibra óptica transportan impulsos no eléctricos lo que hace que no se puede pinchar y su información no se pueda ser susceptible de pirateo.

El cable de fibra óptica es apropiado para transmitir datos a velocidades muy altas y con grandes capacidades debido a la carencia de atenuación de la señal y a su pureza debido a que las transmisiones no están sujetas a intermodulaciones eléctricas y son extremadamente rápidas, comúnmente transmiten a unos 100 Mbps, con velocidades demostradas de hasta 1 gigabit por segundo (*Gbps*) y pueden transportar una señal (*el pulso de luz*) varios kilómetros. (SKYNETGROUP, 2005)



Figura 1.16: Cables de Fibra Óptica
Fuente: www.veri.com.bo/site

La Tabla 1.2 muestra algunas características de los medios guiados y no guiados empleados en la transmisión de señales de datos en banda ancha. (FUSARIO, 2005)

MEDIO DE TRANSMISION	ANCHO DE BANDA	CAPACIDAD MÁXIMA	CAPACIDAD USADA	OBSERVACIONES
Cable de pares	250 KHz	10 Mbps	9600 bps	- Apenas usados hoy en día. - Interferencias, ruidos.
Cable coaxial	400 MHz	800 Mbps	10 Mbps	- Resistente a ruidos e interferencias - Atenuación.
Fibra óptica	2 GHz	2 Gbps	100 Mbps	- Pequeño tamaño y peso, inmune a ruidos e interferencias, atenuación pequeña. - Caras. Manipulación complicada.
Microondas por satelital	100 MHz	275 Gbps	20 Mbps	- Se necesitan emisores/receptores.
Microondas terrestres	50 GHz	500 Mbps		- Corta distancia y atenuación fuerte. - Difícil instalar.
Láser	100 MHz			- Poca atenuación. - Requiere visibilidad directa emisor/ receptor.

Tabla 1.2: Tabla resumen de características en medio guiados y no guiados
Fuente: Teleinformática Aplicada

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE DE LA TEGNOLOGÍA xDSL

2.1 Tecnologías digitales de alta velocidad

El acceso de banda ancha es un desafío que se viene logrando desde la década pasada. El problema fundamental está en desarrollar tecnologías que permitan altas velocidades en la última milla a través de medios de transmisión convencionales como el par trenzado telefónico, el cable coaxial de las redes de cable o el espacio radioeléctrico. De conformidad con el nivel de necesidades se puede elegir tipos de conexión conocidas de forma general como xDSL y que pueden ser IDSL, ADSL, VDSL, HDSL, SDSL, etc. Otro aspecto es lograr que sobre el acceso se pueda brindar al usuario garantías de QoS (*Calidad de Servicio*), donde el ATM (*modo de transferencia asíncrona*), juega un papel fundamental y es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecerán las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha (B-ISDN).

La Red de Acceso abarca los elementos tecnológicos que soportan los enlaces de telecomunicaciones entre los usuarios finales y el último nodo de la red que a menudo se denomina última milla. Sus principales componentes son: los medios de comunicación (*par de cobre, cable coaxial, fibra óptica, canal radioeléctrico*) y los elementos que realizan la adecuación de la señal a los mismos tecnologías de acceso de banda ancha que permiten brindar al usuario una gama de servicios integrados que incluyen, servicio de Internet de alta velocidad, servicios de voz y de video, interconexión de redes LAN, entre otros, de tal forma que se brinde un servicio fiable y con QoS (*Calidad de Servicio*) garantizada de extremo a extremo. Como tecnologías que proveen un gran ancho de banda permitiendo el flujo de información a alta velocidad tenemos las tecnologías ADSL (*Línea de Abonado Digital Asimétrica*), VDSL (*Línea de Abonado Digital de Muy Alta Velocidad*) y ATMPON (*Redes Ópticas Pasivas ATM*).

La necesidad de atender la gran demanda de servicios de banda ancha generada por los clientes de telefonía fija en particular por el rápido crecimiento exponencial de los clientes de Internet en los últimos años, ha puesto a las operadoras de servicios en la búsqueda e implementación de nuevas tecnologías de acceso de banda ancha de manera especial aquellas que empleen la infraestructura de cobre instalada, el desarrollo de varias tecnologías de acceso de banda ancha: DSL (*Línea de Abonado Digital*) en todas sus formas simétricas y asimétricas, permite dar servicios a velocidades capaces de transportar desde centenares de kilobits por segundo (kbps) a decenas de megabits por segundo (Mbps). Dentro de esta perspectiva la tecnología xDSL (*x Digital Subscriber Line*) constituye una tecnología que soporta un gran ancho de banda con costos de inversión relativamente bajos y que trabaja sobre la red telefónica existente. (HUARI, 2008)

Para el acceso de banda ancha sobre fibra óptica se utiliza unidades ópticas de red (*ONU, Optical Network Units*) para los sectores residenciales con sustitución total o parcial del cobre en la última milla. Para describir las distintas configuraciones se emplea el acrónimo FTTx para diferenciar por la última letra los distintos destinos de la fibra, por lo que las topologías que se incluyen pueden ser: FTTCab (hasta el gabinete), FTTB (hasta el edificio) y FTTC (hasta la acera).

VDSL (*Línea de Abonado Digital de Muy Alta Velocidad*) es una de las tecnologías empleadas para acceso de banda ancha, la misma que es capaz de transmitir datos a alta velocidad dependiendo de la longitud de la línea con una velocidad máxima de transmisión entre 51 y 55 Mbps sobre líneas de 300 metros de longitud, de igual forma las velocidades del cliente a la red van a ser también mayores que en ADSL. Otra ventaja de VDSL es que puede operar tanto en modo simétrico como en el asimétrico.

La Tabla 2.1 muestra algunas velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea, tanto en el sentido descendente proporciona transporte de datos de varios Mbps y en el sentido ascendente proporciona cerca de 1 Mbps.

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

Tabla 2.1: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea
Fuente: www.adslayuda.com

VDSL puede instalarse de forma simétrica o asimétrica con lo cual se adapta mejor a las exigencias del mercado. VDSL asimétrico permite difusión digital de TV, video de baja demanda (*VoD*), acceso a Internet de alta velocidad, aprendizaje a distancia, etc., ya que para estos servicios se requiere que el canal de bajada tenga mayor ancho de banda que el canal de subida para órdenes inferiores a 1.5 Km. VDSL simétrico utilizado para clientes pequeños y medianos, para aplicaciones de datos de altas velocidades como video de teleconferencia y teleconsulta. (BLANCO ORTIZ, 2012)

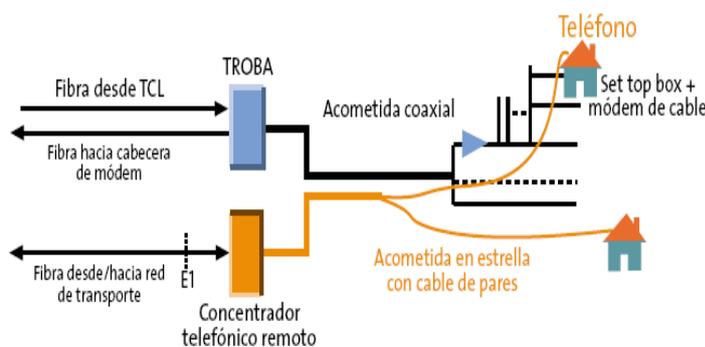


Figura 2.1: Topología de red de acceso
Fuente: www.mfbarcell.es/redes

A pesar de las enormes diferencias entre estas tecnologías, todas ellas se caracterizan por el aumento de la velocidad de transferencia de datos al usuario final en un orden de magnitud muy superior en comparación con las soluciones de banda estrecha que les precedieron. En consecuencia todas abren la puerta a un conjunto amplio de nuevos servicios. Otra similitud está en que todas pueden compartir el mismo protocolo subyacente: ATM (*Modo de Transferencia Asíncrona*) que corresponde al corazón de los servicios digitales integrados de banda ancha. Como consecuencia, aunque el servicio final esté generalmente relacionado con las aplicaciones IP, el tráfico se monta en ATM antes de entregarlo a la red de transmisión, ya que ATM dispone de la versatilidad de la conmutación de paquetes y las técnicas de compresión que permite soportar las crestas de los que navegan en banda ancha y beneficiarse económicamente de la red existente para efectos de diseño. En el núcleo de la red, la principal ventaja de ATM está en la escalabilidad y en la disponibilidad.

De forma general, en documentos especializados se acostumbra a clasificar las redes de acceso en cuatro grupos principales según el medio de soporte: par trenzado, fibra/coaxial, inalámbrico, y todo fibra. La Figura 2.2 muestra algunas de las tecnologías e implementaciones que caen en las categorías anteriores.

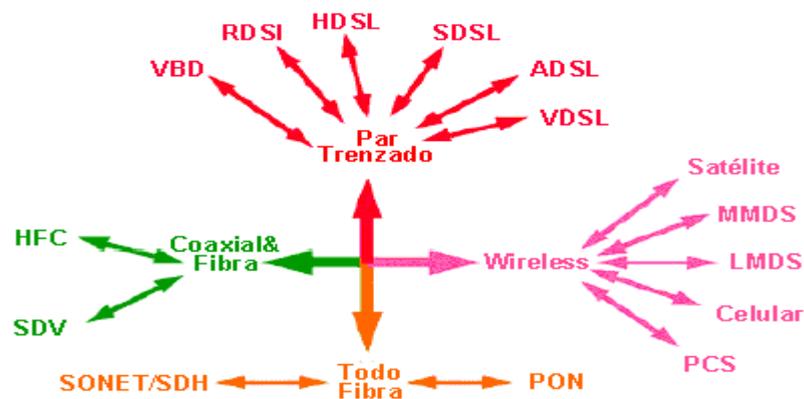


Figura 2.2: Alternativas de acceso
Fuente: www.dspace.espol.edu.ec

2.2 Conexiones asimétricas

2.2.1 Tecnología ADSL

ADSL (*Línea de Abonado Digital Asimétrica*) es una tecnología de banda ancha que permite transportar datos a alta velocidad, convirtiendo el par de cobre que va desde la central telefónica hasta el usuario en un medio para la transmisión de aplicaciones multimedia, transformando una red creada para transmitir voz en otra útil para cualquier tipo de información, sin necesidad de tener que reemplazar los cables existentes, lo que supone un beneficio considerable para los operadores, propietarios de los mismos pues proporciona un acceso asimétrico y de alta velocidad en un sentido a través del par de cobre que los usuarios tienen actualmente en su casa u oficina, para la conexión a la red telefónica.

La conexión ADSL es asimétrica en razón de proveer una mayor flexibilidad para el usuario en particular del servicio de Internet ya que la velocidad de transmisión de bajada suele ser mayor que la de subida. La ventaja de esta técnica de transmisión frente a otras como pueda ser la utilizada con los módems de cable coaxial, radica en que es aplicable a la casi totalidad de líneas ya existentes, mientras que la otra necesita de un tendido de cable nuevo o de modificación de los existentes para que la soporten, siendo su despliegue muchísimo menor y más lento, alcanzando solo a los hogares. Frente a los módems de cable coaxial, ADSL ofrece la ventaja de que es un servicio dedicado para cada usuario, con lo que la calidad del servicio es constante, mientras que con los otros módems se consigue velocidades de hasta 30 Mbit/s, pero la línea se comparte entre todos los usuarios, degradándose el servicio conforme más de estos se van conectando o el tráfico aumenta.

Con ADSL se consigue velocidades descendentes de 1,5 Mbps a 5-6 Km, y de 9 Mbps para distancias de 3 Km, con velocidades máximas descendentes que van de 16-640 Kbps, sin embargo la velocidad real dependerá de la calidad de la línea de cobre.

ADSL utiliza el espectro de frecuencias entre 0 y 4 KHz de un canal telefónico y el rango comprendido entre 4 KHz y 2,2 MHz, siempre y cuando en ambos extremos de la línea se sitúen módems que creará tres canales de información, uno descendente de alta velocidad, otros ascendentes dúplex a velocidad media y el de servicio telefónico básico POTS. Al operar sobre una banda de frecuencias fuera de las vocales, en caso de fallo de un módem éste no afecta al servicio telefónico normal que se mantiene inalterado y por lo tanto en buen estado. Estos módems no se pueden conectar como los normales, en los que cada uno de los que componen la pareja puede estar en cualquier lugar del mundo, sino que se requiere, por cada línea, uno en casa del usuario y otro en la central local, es pues un servicio que proporcionan los operadores bajo demanda a los usuarios que requieren conexiones de banda ancha, sin necesidad de tener que invertir grandes sumas en volver a cablear y que hay que contratar con ellos.

Con ADSL se pueden crear múltiples subcanales, dividiendo el ancho de banda disponible mediante las técnicas de multiplexación por división en frecuencia y de división en el tiempo, complementadas con la de cancelación de eco para evitar interferencias. Muchas de las aplicaciones sobre ADSL, incorporaran vídeo digital comprimido, que al ser una aplicación en tiempo real no tolera los procedimientos de control y corrección de errores propios de la redes de datos, por lo que los propios módems incorporan técnicas de corrección de errores FEC (*Forward Error Correction*) que reducen en gran medida el efecto provocado por el ruido impulsivo en la línea, aunque introduce algún retardo, pero este no le afecta sobremanera a su funcionamiento. (MILLAN, 2012)

2.2.2 Características ADSL

ADSL es una tecnología de módem permite ampliar de manera importante la capacidad de las tradicionales líneas de teléfono de cobre pudiendo llegar a velocidades de hasta 20 Mbps. ADSL está dirigido a internautas y profesionales que hagan un uso intensivo de la red pues

facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones como el teletrabajo y aplicaciones multimedia como juegos on-line, vídeo on demand, videoconferencia, voz sobre IP, etc. A estas ventajas se le añade el hecho de que la tecnología ADSL permite separar voz y datos de manera que se puede hablar por teléfono y estar conectado a Internet de manera simultánea. Para este efecto se emplea en los dos extremos un elemento llamado splinter que esta formado por dos filtros uno pasa alto y otro pasa bajo, cuya función es separar las dos señales que van por la línea de transmisión, la de voz de baja frecuencia y la de datos de alta frecuencias.

Las características de ADSL se superponen al gran ancho de banda que dispone conjuntamente con el aprovechamiento de la infraestructura existente a través del máximo rendimiento de la tecnología ATM para el protocolo de comunicación, con lo que se añade flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda y un tratamiento diferente a cada una de las conexiones, esto es el tipo de aplicación, ya sea voz, video o datos.

ADSL utiliza técnicas de codificación digital que permiten ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual para conseguir tasas de transmisión de datos, para lo cual la tecnología ADSL establece tres canales independientes sobre la línea telefónica estándar:

- El primero es el canal estándar que se utiliza para transmitir la comunicación normal de voz (servicio telefónico básico).
- El segundo es el canal de alta velocidad que llega desde 1 a 9 Mbps que es utilizado para recibir información.
- El tercero es el canal de velocidad media que llega desde 16 a 640 Kbps que se utiliza para enviar información.

Los dos canales de datos son asimétricos, en donde el canal de recepción de datos tiene mayor velocidad que el canal de envío de datos lo que permite alcanzar mayores velocidades en el sentido red-usuario.

Para poder realizar dicha división de frecuencias, el ADSL utiliza FDM (*Frequency Division Multiplexation*), división de frecuencia por multiplexación o cancelación de ecos. Así mismo, para crear varios canales, los módems ADSL dividen el ancho de banda disponible de la línea telefónica utilizando para ello dos métodos: la multiplexación por división de frecuencias o la cancelación del eco. La otra técnica de multiplexación usada en ADSL es la multiplexación en tiempo TDM (*Time Division Multiplexing*), que permite intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal en enlace serial.

La técnica FDM asigna un ancho de banda para los datos enviados a la central telefónica y otra para los procedentes de ésta. Al mismo tiempo, el circuito lógico que va a la central se fracciona mediante la multiplexación por división en tiempo (*TDM*), en uno o más canales de alta velocidad y en uno o más canales de baja velocidad. La cancelación de eco superpone ancho de banda dirigido al usuario al dirigido a la central y luego las separa mediante la supresión del eco local, de la misma forma que se hace en los módems; este sistema permite utilizar el ancho de banda con más eficacia, pero a cambio de un mayor costo y complejidad.

En ambos métodos, FDM y cancelación del eco, es necesario añadir un filtro (*SPLITTER*), que separa una banda de 4 KHz para la línea telefónica habitual para que el tráfico de voz y de datos pueden transmitirse por el mismo cable eliminándose así la necesidad de tener una línea para voz y otra para datos. (MILLAN, 2012)

2.2.3. Tecnología ADSL2

ADSL2 es una tecnología que permite ofrecer tasas de transferencia sensiblemente mayor que la proporcionada por el ADSL, definida por la UIT en su recomendación G.992.3. ADSL2 utiliza la misma infraestructura de las líneas basadas en cobre. ADSL2 está diseñado para trabajar alrededor de dos veces superior al ADSL, esto implica una velocidad de hasta 24 Mbps de descarga y 3,5 Mbps para cargas de subida, así mismo contribuye a una mejora del ancho de banda para hacer frente a las velocidades más rápidas, contemplando una serie de implementaciones que mejoran la supervisión de la conexión y la calidad de servicio (QoS) de los servicios demandados a través de la línea. ADSL2 requiere de nuevos equipos en ambos extremos de la conexión para lo cual se debe colocar un terminal entre la central telefónica y el usuario, y los usuarios que deseen los servicios de ADSL2 necesitarán de un nuevo módem router. ADSL2 no precisa hacer ningún cambio a la línea telefónica e incluso permite usar dos líneas de teléfono de una sola conexión.

ADSL2 al igual que ADSL se ve afectado por la distancia entre el cliente y la central telefónica, esto en razón de que la señal se degrada más cuanto más se tiene que viajar a través de líneas de cobre en particular los clientes extremos suelen tener velocidades más lentas, esto no ocurre si la conexión es con fibra óptica. En contraste a lo indicado, ADSL2 ofrece a sus clientes doblar la capacidad de descarga de datos a diferencia de ADSL. ADSL2 provee de una mayor tasa de transferencia haciendo uso de mecanismos factibles frente a las atenuaciones y los fenómenos de diafonía presentes en los pares de los cables del tendido telefónico pues tiene una mejor eficiencia de modulación/codificación (*codificación Trellis de 16 estados y modulación QAM con constelaciones de 1 bit*) y una serie de algoritmos mejorados de tratamiento de la señal que los ofrecidos por ADSL, mejorando la calidad de la señal y aumentando la cantidad de información que se puede recibir por el medio analógico.

El sistema ADSL2 contempla una mejora en los aparatos encargados de proveer el servicio, destinados a añadir una serie de facilidades que permiten realizar diagnósticos durante la fase de instalación, uso o mejora del servicio como la de permitir medir la potencia de la señal de ruido en la línea, la relación señal/ruido (*SNR*) y la atenuación del bucle. Esto sirve para monitorizar el estado de la conexión lo cual ayuda a prevenir funcionamientos poco óptimos, evaluar si a un terminal se le pueden ofrecer mayores tasa de transferencia y evaluar el estado de la infraestructura.

En el ADSL convencional uno de los problemas generados a la hora de aumentar la tasa de transferencia era la alta diafonía producida en los cables de tendido telefónicos. ADSL2 mejora estos aspectos supervisando la cantidad de distorsión/ruido en el medio, variando la tasa de transferencia al máximo posible sin perder la calidad de la conexión y previniendo los errores. ADSL2 también introduce una serie de mejoras orientadas a disminuir el consumo de energía por parte de los proveedores del servicio ya que se pueden inducir unos estados de reposo o standby en función de la carga que está soportando dicho dispositivo al usar modos de energía.

ADSL2 añade la posibilidad de dividir el ancho de banda en distintos canales, proveyendo a cada aplicación un canal con características independientes. Esto supone una gran mejora en el terreno del QoS, pudiendo asignar prioridades de ancho de banda y latencia a las aplicaciones según su funcionalidad, lo cual supone un salto cualitativo a la hora de trabajar con aplicaciones que demandan de servicios en tiempo real como puede ser la videoconferencia.

Una aplicación derivada de la canalización es CVoDSL (*voz canalizada sobre DSL*). Con ADSL2 podemos usar distintas señales de voz en distintos canales, pudiendo establecer más de una conversación sobre una línea. Éste puede ser un servicio independiente del proporcionado por el ISP dando a las operadoras de telefonía un sistema

que permite una transmisión más flexible, de mayor calidad y de menos coste.

Otra característica de ADSL2 que hace que se obtenga una mayor velocidad de transferencia se refiere a la optimización en el uso de los buffers encargados de almacenar tramas en caso de congestión, siendo ésta fija en el ADSL convencional. Ahora ADSL2 aprovecha el espacio no usado en los buffers para conseguir un aumento de hasta 50kbps en la velocidad de bajada.

ADSL2 también permite hacer uso del ancho de banda reservado para telefonía empleándolos para la transmisión de datos obteniendo 256 kbps más en velocidad de subida. Incluso ahora el tiempo empleado para realizar la conexión inicial desde el terminal al proveedor es de 3 segundos, siendo de 10 segundos en el ADSL convencional. (HUIDOBRO MOYA, 2006)

2.2.4 Tecnología ADSL2+

ADSL2+ o ADSL2Plus especificada por la UIT en su recomendación G.992.5 aprobada en marzo de 2003, se ha desarrollado a partir de ADSL2 aumentando el espectro de frecuencia hasta 2,2 MHz. El número de tonos utilizados es de 512, el doble que para ADSL, tal incremento de ancho de banda permite aumentar la velocidad descendente, con unos límites teóricos de alrededor de 24 Mbit/s (*24,416 Mbit/s*) para bucles muy cortos menores de 1,5 km, mientras que para bucles de menos de 3 Km, se tiene garantizada una transferencia de 6 Mbps como mínimo. Estas diferencias se deben a que la distancia provoca pérdida de señal e interferencias.

Con respecto a la velocidad mínima de bajada alcanzable en un determinado bucle, en una configuración de referencia, el estándar no ofrece ningún valor específico, por lo que se debe acudir a los datos empíricos facilitados por los distintos operadores y de acuerdo con las

condiciones de los medios físicos de las redes, que la sitúan en un mínimo de 16 Mbit/s. A medida que aumenta la longitud del bucle, las prestaciones de ADSL2+ disminuyen de manera más sensible para bucles largos superiores a 3 kilómetros en razón de que el ruido afecta con mayor incidencia en la parte más alta del espectro, de esta forma se puede afirmar que convergen las prestaciones de ADSL, ADSL2 y ADSL2+ para distancias menores a 3 kilómetros. Tal convergencia se debe al aumento de la atenuación y la diafonía con la distancia, que afecta especialmente a las altas frecuencias, lo que supone la inutilización progresiva de la banda entre 1,1 y 2,2 MHz. Para la banda hasta 1,1 MHz se producen también variaciones de la atenuación al aumentar la distancia, pero similares a las de ADSL2. (DÍAZ, 2003)

2.2.5. Tecnología RADSL

En Marzo de 1993 se reconoció por parte del grupo de trabajo T1E1 de ANSI el estándar RADSL (*Rate Adaptive Digital Subscriber Line*) que significa Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable, conocido como ANSI TR59. RADSL es una tecnología que tiene la particularidad de adaptarse a la velocidad de transmisión de datos sobre la línea telefónica donde se encuentra instalado el servicio ADSL por medio de software por lo que constituye una versión inteligente no estandarizada de ADSL. RADSL funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones técnicas de la línea, de su longitud y de interferidores electromagnéticos, a costa de perder ancho de banda. La velocidad final de conexión utilizando esta variante de ADSL puede seleccionarse automáticamente cuando la línea se sincroniza, durante la conexión o como resultado de una señal procedente de la central telefónica. (ALCUDIA, 2008)

2.2.6. Tecnología VDSL

VDSL (*Very High Rate Digital Subscriber Line*), es la más rápida de las tecnologías xDSL, ya que puede llegar a alcanzar una velocidad de entre 13 y 52 Mbps desde la central hasta el abonado y de 1,5 a 2,3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica. La máxima distancia que puede haber entre los dos módems VDSL no puede superar los 1.371 metros.

Es la tecnología ideal para suministrar señales de TV de alta definición. VDSL está destinado a proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y las premisas. El medio físico utilizado es independiente de VDSL. Una posibilidad es utilizar la infraestructura existente de cableado local. Aunque es muy probable que ADSL se convierta en el más utilizado en pocos años, su uso apunta al suministro de servicio de la gran banda al hogar sobre cableados POTS, sobre distancias relativamente grandes (*18.000 pies sobre TP 25 AWG*). Por otro lado VDSL operará sobre distancias mucho más cortas y suministrará rangos de datos mucho más grandes. VDSL es utilizado junto con una red de fibra óptica. La fibra óptica será extendida lo más cerca a las áreas residenciales. Desde allí, el viejo servicio de cableado telefónico es utilizado gracias a VDSL para transmitir la información a los hogares.

Very high-speed DSL es una evolución natural de ADSL para aumentar la tasa de bits y usarlo a mayor ancho de banda. Esto puede ser contemplado porque la longitud efectiva del cable es reducida debido al progreso de la fibra en redes de acceso en una arquitectura FSAN como por ejemplo Cabinet (*FTTCab*). Como ADSL, VDSL puede transmitir video comprimido. Para detectar tasas de errores compatibles con video comprimido, VDSL tendrá incorporado un Forward Error Correction (*FEC*) con un intervalo suficiente para corregir todos los errores producidos por el ruido.

VDSL es muy similar a ADSL, pero con un más alto rango de datos siendo menos complejo y así menos costoso. Desde el punto de vista tecnológico, VDSL puede considerarse como la sucesora de ADSL. En sentido descendente ADSL proporciona transporte de datos de varios Mbps, mientras que en sentido ascendente proporciona cerca de 1 Mbps. VDSL puede transportar datos de video y de otros tipos de tráfico a velocidades de hasta 58 Mbps, de cinco a diez veces superiores a ADSL. Adicionalmente, al instalarse de forma simétrica o asimétrica, se adapta mejor a las exigencias del mercado. VDSL ofrece a los usuarios residenciales video de una calidad superior al transmitido mediante difusión, junto con tráfico de Internet y las habituales llamadas telefónicas de voz. Se pueden ofrecer simultáneamente varias películas (*en difusión o bajo petición*).

En el entorno de oficinas, VDSL satisface la demanda, siempre creciente, de acceso de datos más rápido y hace realidad, por ejemplo, las llamadas de videoconferencia de gran calidad entre varias localidades. Entre las aplicaciones comerciales típicas que VDSL puede soportar, se encuentran la interconexión de VPN y LAN.

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 y se muestra en la Figura 2.3. (BLANCO ORTIZ, 2012)

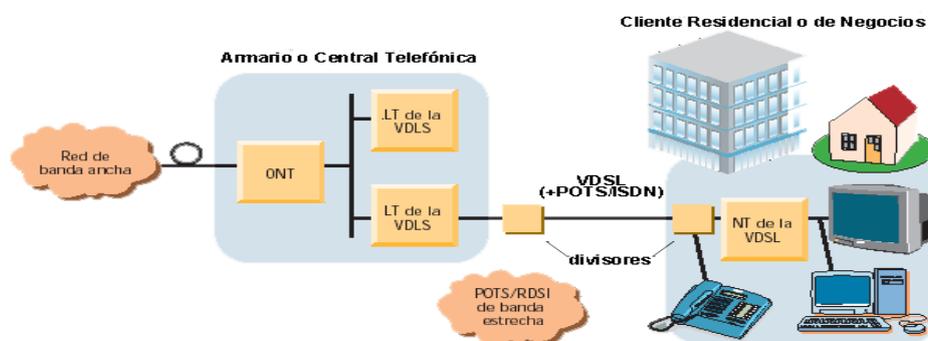


Figura 2.3: Topología VDSL
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

2.1.6.1 VDSL asimétrico

VDSL ha sido diseñado para el envío al usuario de servicios de banda ancha asimétricos, incluyendo difusión digital de TV, video bajo demanda (*VoD*), acceso a Internet de alta velocidad, aprendizaje a distancia, telemedicina, entre otros. El envío de estos servicios requiere que el canal de bajada tenga mayor ancho de banda que el canal de subida por lo que es asimétrico. Por ejemplo, HDTV requiere 18 Mbps para la bajada del video contenido, sin embargo, en la subida solo requiere el envío de información de señalización (*ej. cambio de canal o selección de programas*), la cual está en el orden de los Kbps. Las Tablas 2.2 y 2.3 muestran las velocidades de línea establecidas en la especificación ANSI T1/E1.4.

Las velocidades en sentido descendente son submúltiplos de la velocidad básica de los sistemas SONET y SDH de 155.52 Mbps, ellas son: 51.84, 25.92 y 12.96 Mbps. La Tabla 2.4 muestra, a su vez, las velocidades de bitios de la carga útil obligatorias especificadas por el ETSI. El operador de red puede seleccionar la velocidad de bitios de la carga útil cuando se instala el sistema VDSL y puede fijarse para la duración del servicio.

La distancia sobre la que pueden utilizarse tales velocidades está limitada debido a restricciones físicas, principalmente la elevada atenuación con la frecuencia de los pares trenzados. Generalmente, VDSL funcionará en líneas de longitud inferior a 1.5 Km.

Distancia típica del Servicio	Velocidad de bit> (Mbps)	Velocidad de símbolo (Mbaud)
Corta Distancia 300 m	51.84	12.96
	38.88	12.96
	29.16	9.72
	25.92	12.96

Media Distancia 1000 m	25.92	6.48
	22.68	5.67
	19.44	6.48
	19.44	4.86
	16.20	4.05
	14.58	4.86
	12.96	6.48
Larga Distancia 1350 m	12.96	3.24
	9.72	3.24
	6.48	3.24

Tabla 2.2: Velocidades típicas de VDSL en configuración asimétrica en sentido descendente
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

Distancia típica del Servicio	Velocidad de bit	Velocidad de símbolo (Mbaud)
Corta Distancia 300 m	6.48	0.81
	4.86	0.81
	3.24	0.81
Media Distancia 1000 m	3.24	0.405
	2.43	0.405
	1.62	0.405
Larga Distancia 1350 m	3.24	0.405
	2.43	0.405
	1.62	0.405

Tabla 2.3: Velocidades típicas de VDSL en configuración asimétrica en sentido ascendente
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

Clase de operación	Velocidad de datos en sentido descendente (Mbps)	Velocidad de datos en sentido ascendente (Mbps)
Clase I (A4)	362x64=23 168	64x64=4 096
Clase I (A3)	226x64=14 464	48x64=3 072
Clase I (A2)	134x64=8 576	32x64=2 048
Clase I (A1)	100x64=6 400	32x64=2 048
Clase II (S5)	442x64=28 288	442x64=28 288
Clase II (S4)	362x64=23 168	362x64=23 168
Clase II (S3)	226x64=14 464	226x64=14 464
Clase II (S2)	134x64=8 576	134x64=8 576
Clase II (S1)	100x64=6 400	100x64=6 400

Tabla 2.4: Velocidades de bits de la carga útil del ETSI
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

2.1.6.2 VDSL simétrico

VDSL también ha sido diseñado para proveer servicios simétricos para clientes de negocios pequeños y medianos, como, aplicaciones de datos de alta velocidad, aplicaciones de video de teleconferencia y teleconsulta, entre otras. El VDSL simétrico puede ser utilizado para proveer circuitos nxT1 de corto alcance. La Tabla 2.5 muestra las velocidades de línea establecidas en la especificación ANSI T1/E1.4 para servicios simétricos.

Distancia Típica del Servicio	Velocidad de bit (Mbps)	Velocidad de símbolo en sentido descendente (Mbaud)	Velocidad de símbolo en sentido ascendente (Mbaud)
Corta Distancia 300 m	25.92	6.48	7.29
	19.44	6.48	7.29
Media Distancia 1000 m	12.96	3.24	4.05
	9.72	3.24	2.43
	6.48	3.24>	3.24

Tabla 2.5: Velocidades de VDSL en configuración simétrica
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

2.1.6.3 Aplicaciones VDSL

El objetivo original de ADSL fue el envío de un conjunto completo de servicios de banda ancha para usuarios residenciales. La realidad es que ADSL es una tecnología de solo Internet. La Tabla 2.6 ilustra que en grandes distancias, ADSL se ve limitado en el envío de un complemento completo de servicios de banda ancha. VDSL, por otro lado, se adapta mejor para el envío de estos servicios en el presente y en el futuro. Las comparaciones realizadas están 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
Video 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	64 Kbps-640 Kbps	No	Sí	
TV de alta definición	16 Mbps	64 Kbps	No	Sí

Tabla 2.6: Aplicaciones de VDSL
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

2.3 Ancho de banda

Un aspecto de la especificación VDSL que está siendo estudiado es el ancho de banda del sistema. Si el código de línea utilizado para VDSL es CAP (*una variante de QAM*), entonces el ancho de banda del sistema mapea directamente algún valor para un rango de símbolo. El rango del BIT es dado por el tipo de QAM utilizado. 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 en GTE asume un sistema asimétrico, con un radio 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. 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.

Se considera dos implementaciones de VDSL que utilizan CAP y PAM (*Pulse Amplitude Modulation*) respectivamente. La escogencia de PAM tiene la ventaja 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.

En la Tabla 2.7 se muestra un cuadro comparativo de algunos tipos de tecnologías xDSL con las distancias de oberturas en función de la velocidad de transmisión ascendente como descendente.

Tipo de DSL	Simétrico/ Asimétrico	Distancia de la línea (m)	Velocidad Descendente (Mbps)	Velocidad Ascendente (Mbps)
IDSL	Simétrico	5400	0.128	0.128
SDSL	Simétrico	3000	1.544	1.544
HDSL (2 pares)	Simétrico	3600	1.544	1.544
SHDSL	Simétrico (1 par)	1800	2.312	2.312
	Simétrico (2 pares)	1800	4.624	4.624
ADSL G.lite	Asimétrico	5400	1.5	0.512
ADSL	Asimétrico	3600	8	0.928
VDSL	Asimétrico	300	52	6
	Simétrico	300	26	26
	Asimétrico	1000	26	3
	Simétrico	1000	13	13

Tabla 2.7: Comparativa entre algunos tipos de xDSL
Fuente: www.adslayuda.com/vdsl.html

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE LA CNT E.P PARA REDES DE FIBRA ÓPTICA Y COBRE QUE CONFORMAN UNA RED DE COMUNICACIÓN EN BANDA ANCHA (xDSL) INCLUIDO EQUIPOS MULTIPLEXORES

3.1. Introducción

La empresa de Telecomunicaciones de Guayaquil inicia sus actividad en el año 1953 con 4 centrales analógicas (*Centro, Norte Sur y Oeste*) de tecnología Ericsson, en red mediante el empleo de cables de plomo a nivel inter-central, brindando servicios de voz y de telegrafía, ya en el año 1986 se da un giro al negocio con la implementación de la primera central digital Centro III, con enlaces ópticos a nivel inter-central, que permitió mejorar sustancialmente la calidad del servicio, en la actualidad la CNT EP (*Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública*), en la ciudad de Guayaquil la CNT EP. cuenta con 64 sitios de distribución entre centrales, concentradores y armarios inteligentes, de tecnología digital distribuidas con una cobertura promedio de 3, 4 km de radio, la cual emplea rutas primarias de cobre que se han ido incrementando en el transcurso de los años y que han copado en la mayoría de los casos la infraestructura de canalización existente y lo que es peor en sitios que actualmente están regenerados por el municipio y que no concede permisos municipales para nuevas ampliaciones de canalización, limitando el acceso de servicios.

Actualmente CNT EP. es la empresa pública encargada de proveer el servicio de telefonía a nivel nacional, con muchas limitaciones cuando se trata de brindar servicios multimedia sobre redes existentes, debido a factores tales como: mal estado de la red primaria, por haber superado la vida útil, distancia, y exagerado número de empalmes, sumado a una infraestructura de canalización saturada y sin posibilidades a corto plazo de ser ampliada por las restricciones que el municipio establece en los sectores regenerados.

Dentro de los planes que tiene la CNT EP para mejorar la calidad del servicio que presta a sus clientes, se encuentra el proyecto PNC (*Plan Nacional de Conectividad*), mediante la sectorización que implica la puesta en marcha de una serie de concentradores con radios de cobertura de 1 kilómetro, desde la central hasta el cliente, a fin minimizar pérdidas generadas por las grandes distancias de los cables instalados que incluyen exagerados números de empalmen efectuados en el transcurso del tiempo, también se prevé a nivel de centrales el uso de anillos ópticos que permiten la conmutación de las comunicaciones en los diferentes sectores de cobertura, y a la vez respaldar la operatividad de las centrales, ante posibles cortes o interrupciones de las fibras ópticas.

La CNT EP. tiene entre sus proyectos el mejorar el grado de utilización de la infraestructura existente mediante el uso de la tecnología ADSL como base para la creación de nuevos terminales telefónicos multimedia, que actualmente está reemplazando a la telefonía convencional para ello, se han creado varios modelos de terminales, pero todos con una misma idea de funcionamiento, se trata de juntar los beneficios de la telefonía con las innumerables aplicaciones existentes en la parte multimedia en una sola línea telefónica.

La CNT para construir redes de cobre y fibra óptica para conformar una red de comunicación en banda ancha parte en primer lugar del análisis de la demanda de servicios. En la figura 3.1 se puede apreciar la característica de la demanda de servicios en el transcurso del tiempo ($D(t)$) expresado en años, el recorrido representa el requerimiento que tienen los posibles abonados, influenciados en la capacidad de adquisición. De esto se fundamenta el desarrollo exitoso de una empresa, mediante la investigación certera de lo que pasará con la demanda de servicio a través de una investigación periódica de campo en cada sector.

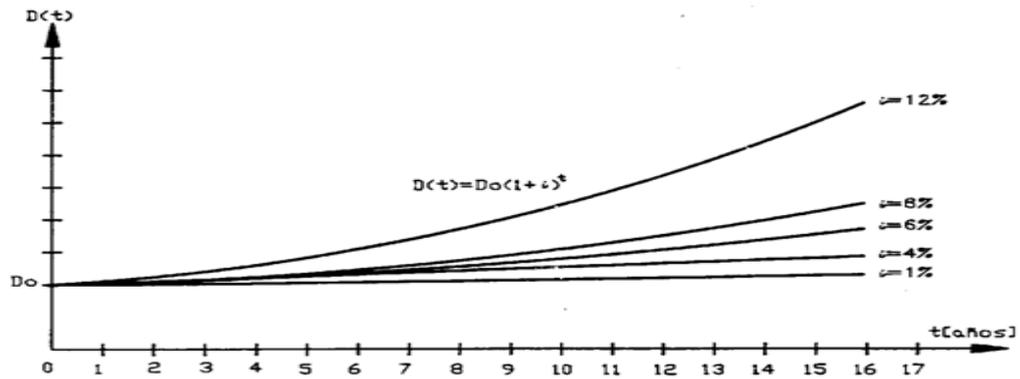


Figura 3.1: Demanda en el tiempo
 Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa-CNT EP 2009

$$D(t) = D_0(1 + i)^t$$

Donde:

$D_0 = 1$ línea

$i =$ Constante de crecimiento=12%

$t =$ Tiempo de diseño= 10 años

Para lo cual obtenemos $D(t) = 1(1 + 0,12)^{10} = 3,1 \cong 3$ líneas

El factor de utilización toma en cuenta parámetros como tiempo de vida útil de los cables, planes operativos de las empresas de telecomunicaciones, costos y posibilidad de implementar nuevas tecnologías, se diseña la planta externa con una proyección para “ t_A ” años. Para diferentes “ i ” podemos graficar el comportamiento del factor de utilización $f_u(t)$. (Ver Figura 3.2.)

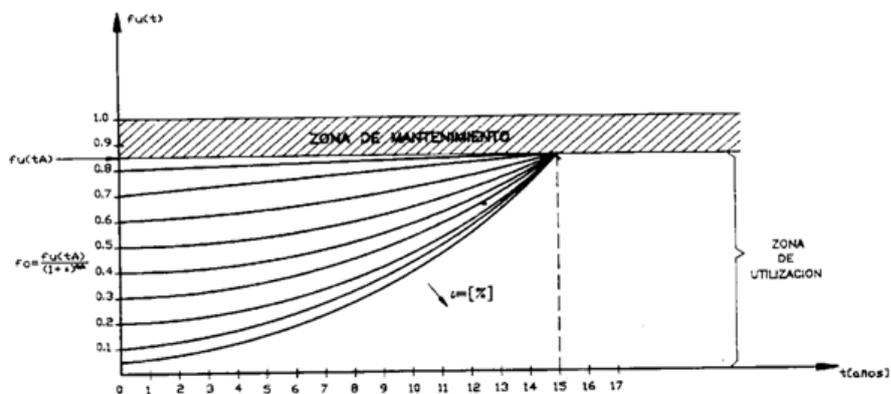


Figura 3.2: Factor de utilización en el tiempo
 Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa-CNT EP 2009

$$f(0) = \frac{f_u(tA)}{(1+i)^{tA}}$$

$$f_u = 0,6$$

$$tA = 10[\text{años}]$$

$$i = 12 \%$$

$$f(0) = \frac{0,6(10)}{(1+0,12)^{10}}$$

$$f(0) = 1,93 = 2$$

En la figura 3.3 se puede apreciar la característica del factor de arranque en función del índice de crecimiento, mientras mayor es el índice de crecimiento i , debemos partir de un factor de arranque f_0 más pequeño, a fin de crecer velozmente hasta $f_u(tA)$. Mientras más pequeño es i , partimos de un f_0 más grande para crecer lentamente hasta $f_u(tA)$ como lo confirma el siguiente gráfico: (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

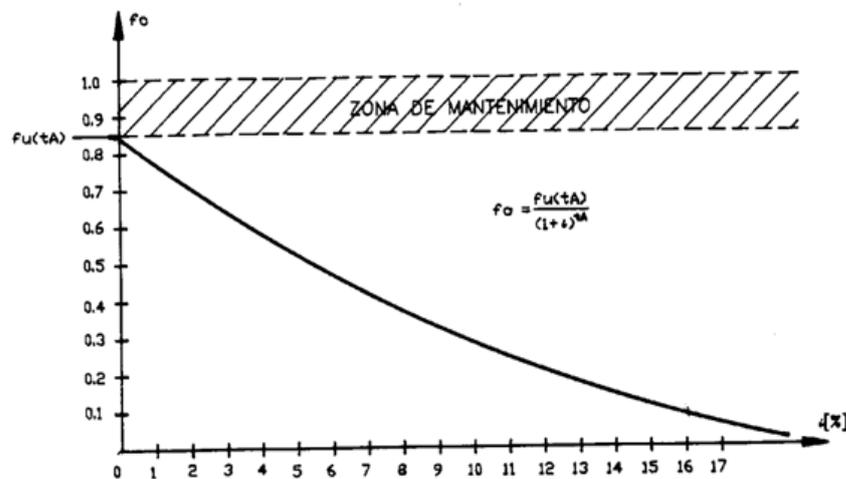


Figura 3.3: Factor de arranque como función de i
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa-CNT EP 2009

3.2. Metodología de construcción de redes de fibra óptica

La metodología de construcción de redes de fibra óptica, está en función del tipo de fibra a ser instalada, entre las metodologías existentes aplicadas a nivel mundial en la implementación de enlaces de

fibra óptica, se tienen los siguientes tipos: Canalizada (*Urbana e Interurbana*), Directamente Enterrada y Aérea, cada una tiene una normativa de construcción y emplea distintos materiales de sujeción a lo largo de su trayecto.

3.2.1. Tendido de redes de fibra óptica aéreas

Las instalaciones de fibra aérea tipo ADSS, es empleada para: Enlaces Metropolitanos en áreas rurales y también urbanas o en rutas rurales en las cuales de preferencia se disponga de postiería existente, a continuación se describe los materiales empleados en el proceso de construcción de redes de fibra óptica tipo aéreas.

3.2.1.1. Herrajes de sujeción para cables de fibra óptica

En la figura 3.4 se puede apreciar los herrajes empleados en el proceso de tendido de cables de fibra óptica, en lo relativo a las subidas a postes, se utiliza un herraje de suspensión de fibra óptica ADSS. auto soportado y dieléctricos. Este elemento se sujeta al poste mediante herrajes de aluminio de alta resistencia, frente a agentes externos naturales corrosivos. Consta de dos tapas de aluminio, un caucho interior fabricado con materias primas resistentes a los rayos ultravioletas a intemperie, cinco tornillos de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ galvanizados en caliente. (CNT, 2009)

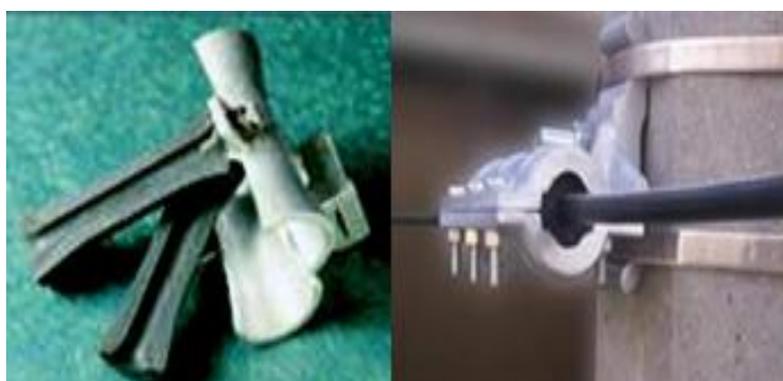


Figura 3.4: Herrajes de paso para fibra óptica

Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

3.2.1.2. Preformados de retención o terminales

En la figura 3.5 se puede observar los herrajes terminales que permiten sujetar el cable de manera envolvente sobre su chaqueta haciendo curvaturas suaves a través de una mayor separación desde el poste, para la instalación del cable de fibra se utiliza: el herraje tipo A básico (1) adicionando, Brazos extensores (2) y Preformados (2) a cada lado del cable para sujeción todo esto compone el kit del herraje. Adicionalmente como elemento tensor de la fibra óptica, se emplea un trompo platina y luego entorchado en el cable de fibra, este material es fabricado en hierro galvanizado y en su interior un abrasivo de óxido de aluminio. (CNT, 2009)

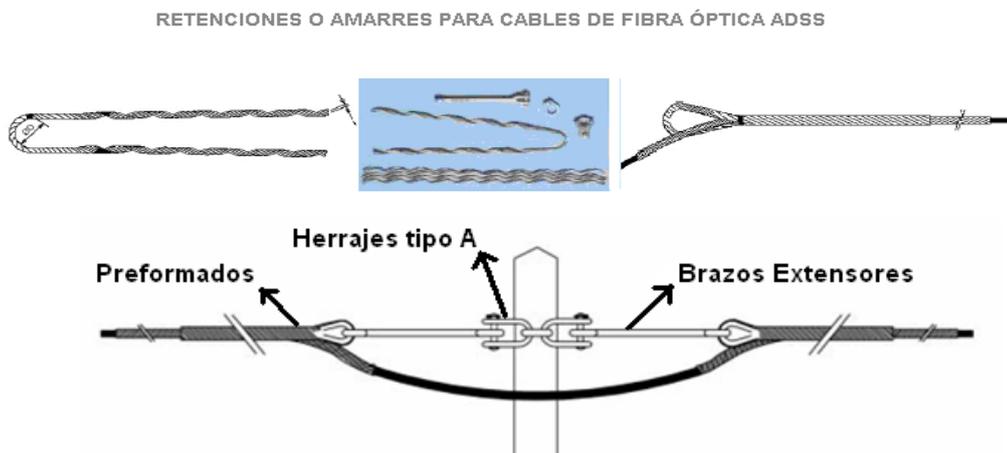


Figura 3.5: Herrajes de suspensión para fibra óptica

Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

3.2.1.3. Lazo de expansión

En la figura 3.6 se puede observar que para el tendido de cable se requiere hacer un lazo de expansión al instalar un herraje de retención, se debe tener en cuenta que el radio de curvatura de un cable es 15 veces el diámetro del cable de acuerdo con esto se tiene que para cables ADSS de 2 a 72 fibras el radio de curvatura es de 20 cm. (CNT, 2009)

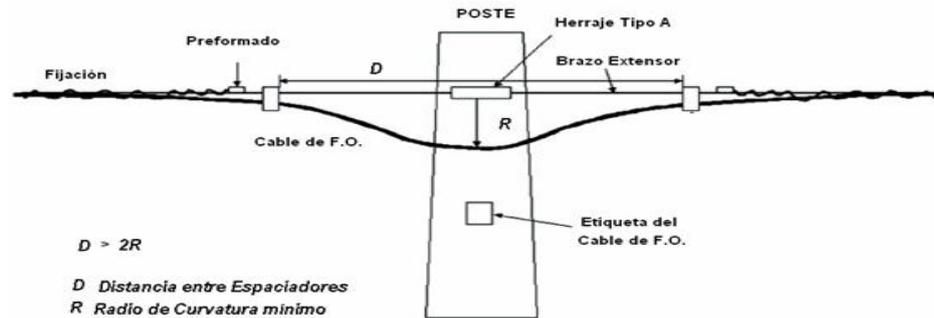


Figura 3.6: Lazo de expansión para fibra óptica
 Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

3.2.2. Tendido de redes de fibra óptica canalizadas

Las instalaciones de fibra canalizadas tipo *loose tube (tubo holgado)*, es empleada para en Enlaces Metropolitanos en áreas urbanas, en rutas en las cuales se disponga de canalización urbana existente, en rutas en las cuales se ha proyectado canalización urbana para red de acceso de cobre y en Enlaces interurbanos entre ciudades, a continuación se describe los materiales empleados en el proceso de construcción de redes de fibra óptica tipo canalizadas. (CNT, 2009)

➤ Subductos

En la figura 3.7 se observa un mono ducto, que son empleados en el tendido de fibra en canalización para proteger el cable de fibra óptica y evitar el aplastamiento y para la fijación a la canalización, se usará subductos de menor diámetro (40mm). En vías libres se utiliza triductos; destinando un ducto para el cable a instalarse y los otros ductos de reserva. En vías semicopadas, de acuerdo a la disponibilidad de espacio se utilizara monoductos o biductos. En el caso de canalización nueva se debe seguir las normas técnicas de canalización de acera y calzada para paso de la fibra óptica. Se instalara el cable de acuerdo a las normas establecidas en la “*Metodología constructiva de la Red Troncal de Fibra Óptica*”. (CNT, 2009)

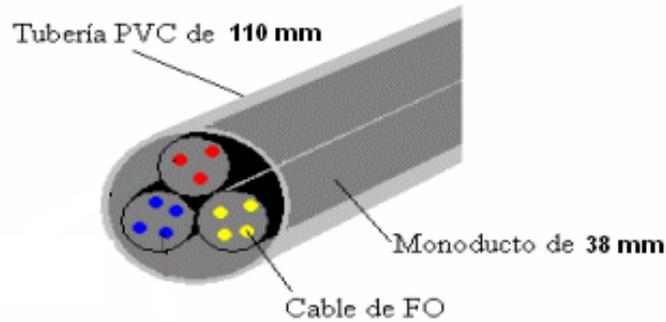


Figura 3.7: Triducto en canalización para fibra óptica
 Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

➤ Manguera corrugada

En la figura 3.8 se observa una manguera corrugada plástica empleada para recubrir el cable de fibra óptica en pozos (*excepto en los que se ubique reserva o empalme*), trayectos en túneles y/o cárcamos hasta el rack del ODF. Se utiliza manguera corrugada en cada pozo conectando desde la salida de la boquilla origen hacia la boquilla destino, el cable con la manguera corrugada se adosara a las paredes del pozo, manteniendo los diámetros de curvatura exigidos por la fibra. Se instalara en los alvéolos superiores de la cámara manteniendo una ubicación del cable en la cámara desde arriba hacia abajo y ajustándose a las normativas de construcción de planta externa de cable canalizado. Que establece 3 metros para pozos de mano de 48 bloques y 5 metros para pozos grandes de 80 bloques. (CNT, 2009)



Figura 3.8: Manguera corrugada para fibra óptica
 Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

➤ Identificador del enlace

En la figura 3.9 se puede apreciar los identificadores empleados en el proceso de construcción de redes de fibra óptica, se consideran un identificador por pozo o poste más 1 identificador cada 3 metros en acceso a túnel y/o cárcamo hasta el rack del ODF. El tamaño y color del identificador deberá seguir las ordenanzas municipales del sector y el catálogo de materiales homologados. El identificador será sujetado con amarras plásticas sobre el cable (tendido aéreo) o manguera corrugada (tendido canalizado). (CNT, 2009)



Figura 3.9: Identificador para fibra óptica

Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

➤ Tapones de anclaje y sellado

En la figura 3.10 se puede apreciar los tapones de anclaje y sellado, son accesorios que sirven para proteger la red canalizada de Fibra Óptica, contra ingreso de roedores, lodos, gases, agua o cualquier tipo de contaminante que obstruya o dañe la canalización. Utilizan caucho expansible que garantiza la hermeticidad del sello efectuado y sus especificaciones técnicas se encuentran en el catálogo de materiales homologados. Se emplea un tapón trifurcado por cada tubería PVC que contiene al triducto, un tapón ciego por cada ducto que no se utiliza y 1 tapón guía o abierto está definida por el número de extremos de subductos con cable instalado. Existen 3 tipos de tapones: Ciegos, Abiertos o Guías y Trifurcados. (CNT, 2009)

CIEGOS	ABIERTOS O GUÍA	TRIFURCADOS
Son aquellos que se usan para bloquear el ducto que queda libre en un triducto o biducto.	Son aquellos que ajusta la fibra al ducto.	Son aquellos que fijan los ductos a la tubería PVC
		

Figura 3.10: Tapones para ductos de canalización

Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

➤ Monolitos

En la figura 3.11 se puede apreciar un monolito empleado para la identificación de las cámaras se trata de un señalizador de hormigón, el cual debe instalarse en las cercanías de la cámara que identifica, debe contener los datos de numeración de cámara, coordenadas de ubicación y progresiva del cable desde la central de inicio del enlace y sus especificaciones técnicas se encuentran definidas en el catálogo de materiales homologados. (CNT, 2009)



Figura 3.11: Monolito de hormigón

Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica-CNT EP 2009

➤ Empalmes

En la figura 3.12 se puede apreciar un empalme por fusión, en los cuales se tienen atenuaciones de 0.05 a 0.1 dB por empalme sin embargo con los equipos actuales este valor tiende a cero. El número de empalmes recomendables en un enlace tanto para canalizado, aéreo depende de la atenuación permitida para que funcione el enlace. Para empalmes canalizados de acuerdo con las normas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones referencia *UIT-T. L35* se debe proyectar un empalme dependiendo de la longitud de la bobina a utilizar, teniendo en cuenta que la mínima longitud es de 4000 m en cable canalizado. Para empalmes aéreos, se debe realizar empalmes en las subidas a poste, cuando se requiere de cambio de tipo de cable de canalizado a aéreo, esto ocurre cuando la distancia de tendido aéreo es muy representativa con relación a la dimensión del tendido canalizado. Los empalmes se realizan también dependiendo de la longitud de la bobina, en el mercado existen de 3 a 7 Km máximo para cable ADSS, LOOSE TUBE; la CNT EP con frecuencia utiliza bobinas de 5 Km. (UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2008)

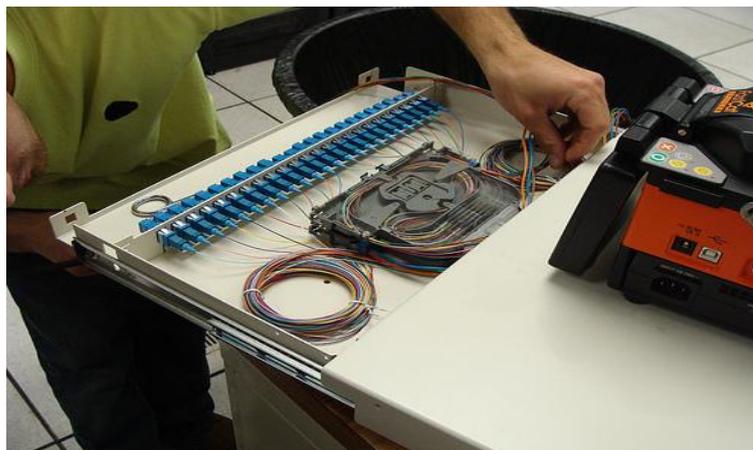


Figura 3.12: Empalme de fusión de fibra óptica
Fuente: www.flickr.com/gone-walkabout

➤ Conectores

En el diseño e instalación de un Sistema para Transporte de Información (STI), los conectores de fibra óptica constituyen uno de los elementos fundamentales para un desempeño confiable y apegado a estándares, dentro de éstos estándares podemos identificar algunos de los más importantes como son: ISO 11801, ANSI/TIA/EIA 568 B.3 y NMX-I-NYCE-248-2005 entre otros, los cuales marcan estrictas especificaciones de desempeño óptico y mecánico que deben reunir estos elementos.

En la figura 3.13 se puede apreciar la línea de conectores de fibra óptica 3M Volition® ofrecen diferentes tipos tales como ST™, SC, FC y LC, tanto para fibras multimodo, 62.5/125 y 50/125, y fibras monomodo. Los conectores de adhesivo epóxico de 3M Volition® están disponibles en varias opciones siendo las más comunes los tipo ST y SC tanto para fibra multimodo 62.5/125 y 50/125 como para fibras monomodo, ofreciendo excelentes niveles de desempeño óptico. (3M VOLITION, 2012)

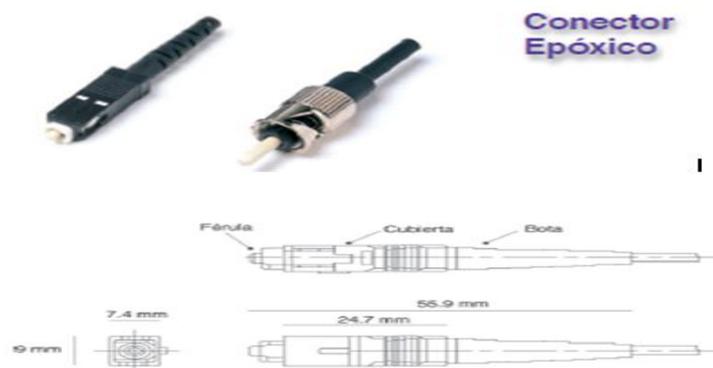


Figura 3.13: Conectores para fibra óptica

Fuente: Catalogo de Fibra óptica 3M Volition-Línea de conectores Epóxico

➤ Mangas para empalmes

En la figura 3.14 se puede observar mangas para empalmes de fibra óptica, cuya función principal es la protección física de los empalmes por la gran resistencia mecánica de la cubierta, pueden ser utilizadas tanto aéreas como canalizadas. Existen varios tipos de mangas para realizar

los empalmes con las cuales se puede tener varias derivaciones, esto depende de los requerimientos que requiere el comprador, puede ser de: 3 Derivaciones (mínimo), 4 Derivaciones y 6 Derivaciones. (CNT, 2009)



Figura 3.14: Mangas para empalmes para fibra óptica
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica CNT E.P 2009

➤ Reservas de cables

En la figura 3.15 se puede observar como en un pozo donde se encuentren las puntas de los cables instalados se deba considerar las reservas de cable suficientes para la ejecución del empalme de fibra óptica en la parte exterior. Una vez ejecutado el empalme, junto con las reservas del cable, es fijado en la loza del pozo.

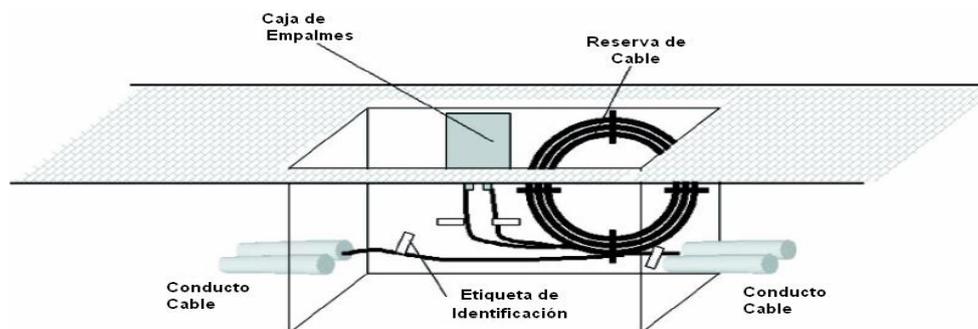


Figura 3.15: Reservas de cables de fibra óptica en pozos
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica CNT E.P 2009

Se debe dejar una holgura de cable a lo largo del enlace, según la tabla 3.1, con el fin de poder realizar empalmes e incluso reparaciones. Estas reservas de cable se las ubica en un pozo que se encuentre antes de un cruce de calle, y también dichas reservas puede ubicarlas en

pozos cercanos donde empieza una subida a poste. Las reservas de hilos de fibra se las deja en el interior de la mangas de empalmes. Estas reservas de fibra servirán para atender a clientes futuros. (CNT, 2009)

Tipo de Tendido	Reserva	Longitud (m)
Canalizado y aéreo	En cada extremo o estación	30m
Canalizado	Por cada empalme exterior en pozos (15 metros en cada lado del empalme)	30m
Canalizado	De tramos pozo inicial a pozo final, distribuido de forma proporcional, priorizando pozos esquineros de cambio de dirección.	5% de la longitud total del enlace
Aéreo	De tramos poste inicial a poste Final	5% de la longitud total del enlace
Aéreo	Longitud sobrante de cable en los puntos de empalme	15 a cada lado

Tabla 3.1: Detalle de reservas de cables de fibra aéreos y canalizados
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica CNT E.P 2009

➤ ODF (Distribuidor de fibra óptica)

En figura 3.16 se puede observar un ODF(*Distribuidor de Fibra Óptica*), que permite habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado a fin de conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión. Se proyecta un ODF por estación (*en el lado de la central y en el lado del usuario*), y dependiendo del tipo de fibra del enlace se deberá instalar ODF con pigtails G.652 o G655. (CNT, 2009)



Figura 3.16: Distribuidor de fibra óptica
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica CNT E.P 2009

3.2.3. Pruebas de aceptación de redes de fibra óptica

Las pruebas de aceptación tienen el objetivo de garantizar un correcto funcionamiento del enlace, por lo que es necesario realizar mediciones típicas como la atenuación y la longitud de la fibra. Para las pruebas de atenuación tenemos: La Prueba de Pérdida Óptica OLTS (*Optical Loss Test Set*) y las OTDR (*Optical Test Domain Reflectometer*). La OLTS se basa en la medición de la pérdida de energía óptica de un extremo a otro del enlace óptico, registrando la potencia transmitida, la potencia recibida o la pérdida del enlace. Las pruebas OTDR, son pruebas que determinan la localización de rotura de la fibra, identificación de conexiones defectuosas y medición de la longitud de la fibra, es decir que puede realizar pruebas de detección y localización de fallas.

Para garantizar el desempeño correcto de la fibra es necesario determinar la atenuación de la fibra a un mínimo de dos longitudes de ondas que pueden ser 850, 1300 o 1550 nm, y luego comparar con los valores límites por las normas TIA 568 A, la ISO 11801, la FDDI (1300 NM), la 10BaseF (850 nm), y otras. Sin embargo, la medición de atenuación no constituye una medición definitiva para garantizar la calidad del enlace, ya que una medición puede ser para un enlace corto como para un enlace largo, por lo que la medición corta será de calidad inferior a la larga. Para salvar ésta dificultad del valor de atenuación, es necesario determinar en función de la configuración del enlace, el valor máximo de la atenuación del enlace conocido como OLB (*Optical Link Budget*), el mismo que considera el coeficiente de atenuación del cable en dB/Km multiplicado por la longitud del cable en Km, más el número de conectores por la pérdida por conector en dB, y más el número de empalmes por pérdida por empalmes. Los valores de los coeficientes de pérdida pueden ser tomados de acuerdo con las normas TIA/E1A-568-A. (PEREZ, 2005)

3.3. Metodología constructiva de redes telefónicas de cobre

3.3.1 Topologías y elementos de planta externa

La metodología de construcción de redes de cobre, está en función del tipo de fibra a ser instalada, entre las metodologías existentes aplicadas a nivel mundial en la implementación de enlaces de fibra óptica, se tienen los siguientes tipos: Canalizada (*Urbana e Interurbana*), Directamente Enterrada y Aérea, cada una tiene una normativa de construcción y emplea distintos materiales de sujeción a lo largo de su trayecto.

En la figura 3.17 se aprecia en forma esquemática la distribución de la red de planta externa en cobre, los diseños telefónicos de la planta externa de la red de cobre, contempla todo el trayecto del par de cobre que parte desde la central local hasta el equipo terminal (*teléfono*) instalado en el domicilio, recorriendo la red de dispersión, la red secundaria y la red primaria, instaladas en forma aérea o subterránea en canalización. Los elementos principales que conformar la red de Planta Externa son: Repartidor o distribuidor principal, armarios o subrepartidores y cajas de dispersión.

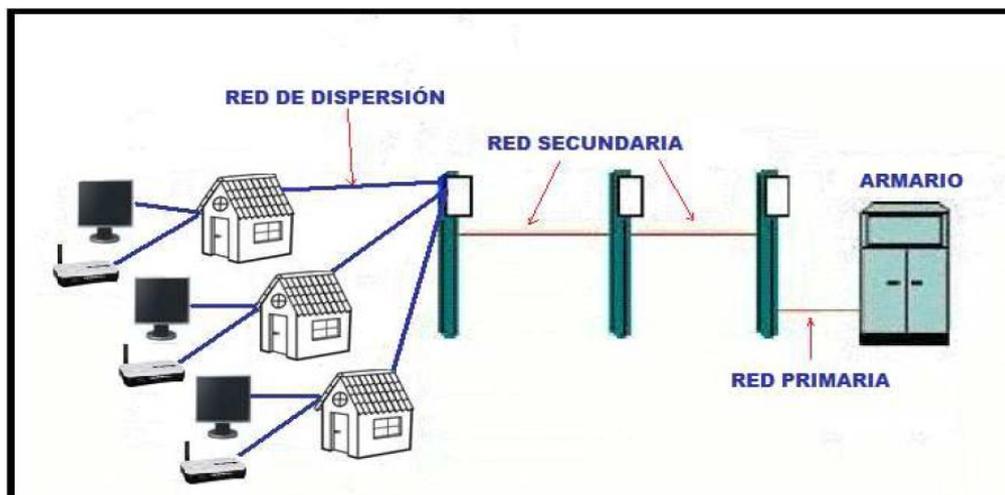


Figura 3.17: Distribuidor de planta externa
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

En la figura 3.18 se puede observar en detalle todos los elementos que conforman la red de planta externa, partiendo desde la central telefónica hasta el domicilio de los clientes, se detalla la ubicación de regletas de repartidor, cables multipares aéreos y canalizados, regletas internas del inmueble, empalmes aéreos y canalizados, armarios, regletas de armarios, cajas de dispersión, cable de acometida telefónica interior y exterior, y equipo terminal (teléfono). (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

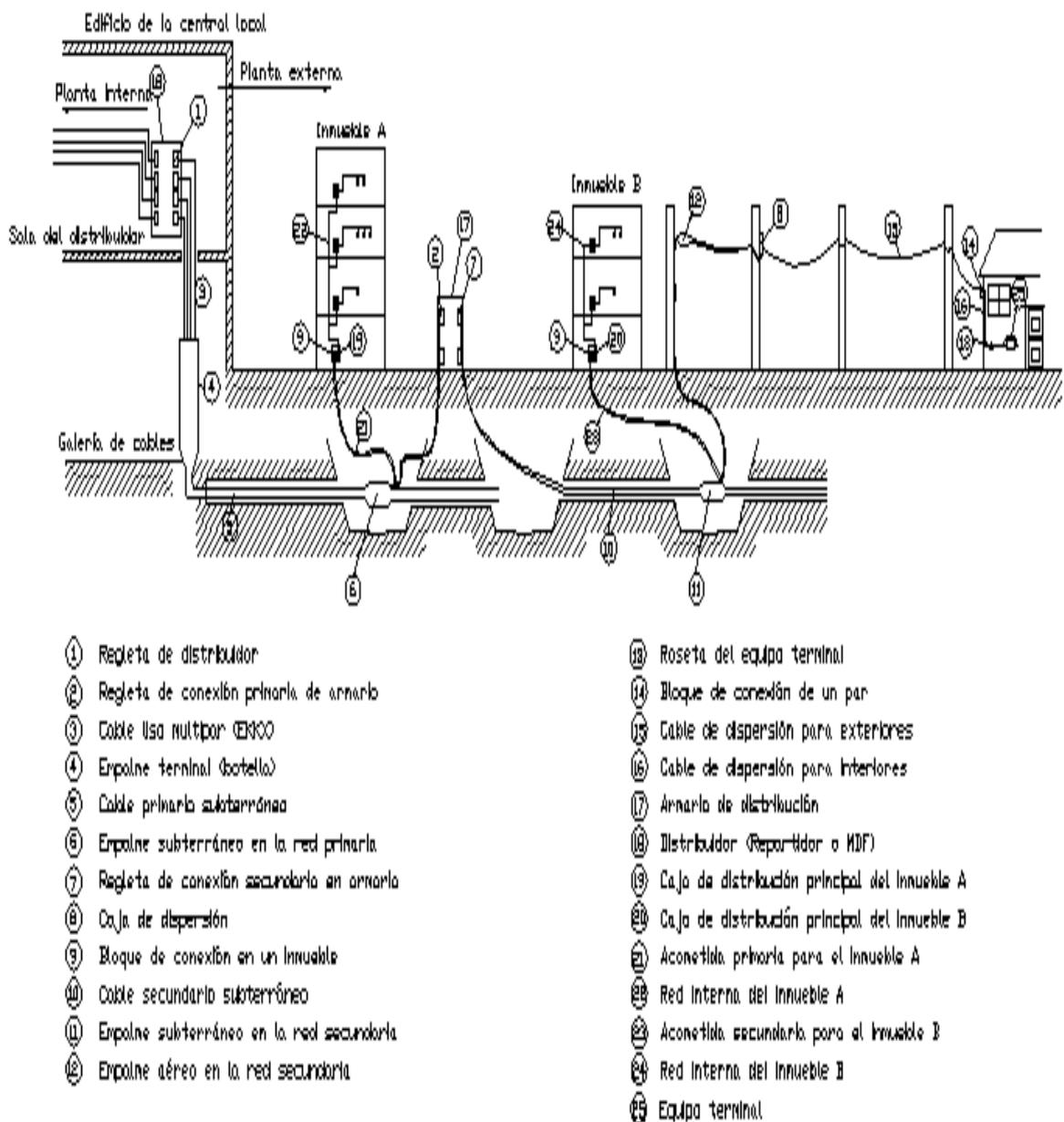


Figura 3.18: Elementos de la red de planta externa
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

Entre los elementos de planta externa tenemos:

➤ Distribuidor o repartidor general

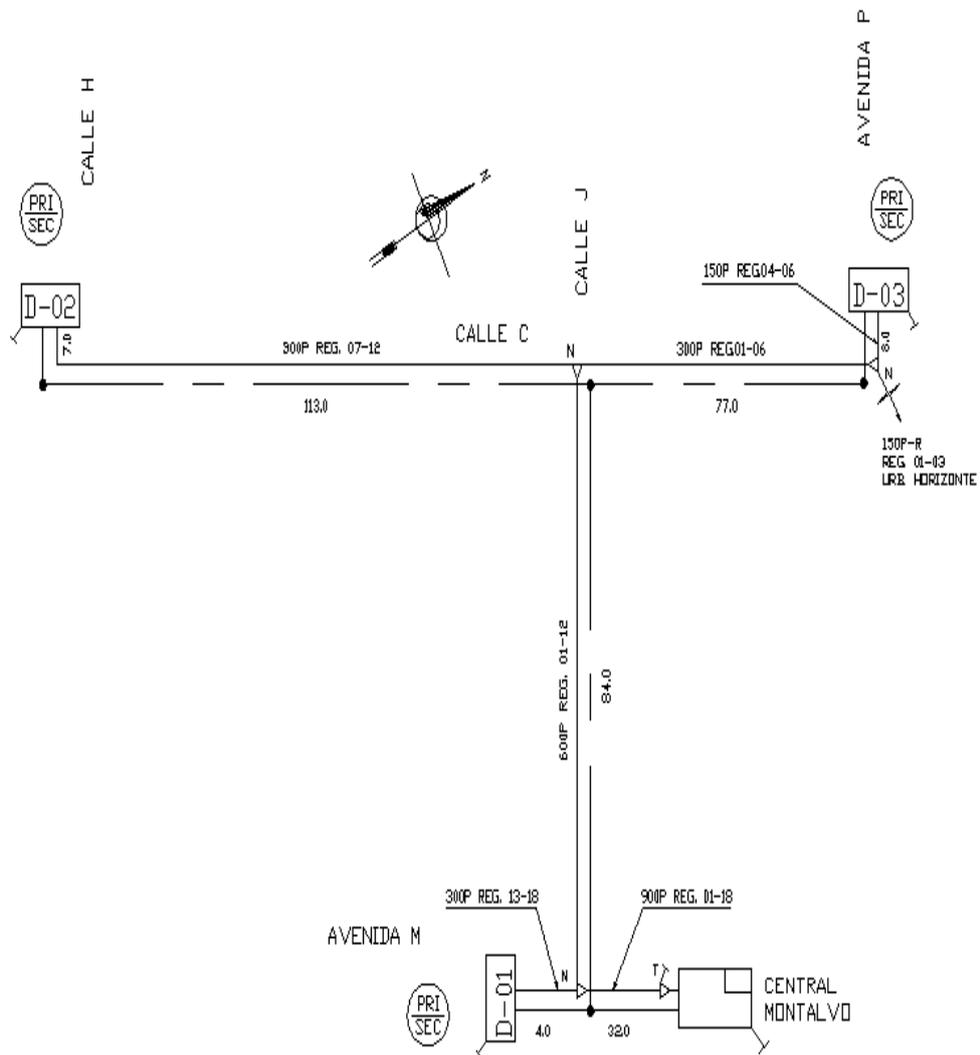
En la figura 3.19 se puede apreciar el interior de un distribuidor principal, más conocido como central telefónica, en este sitio se construye la planta interna, que contempla, equipos de números. Datos y videos, y se realizan las interfaces de conexión entre las líneas de abonados y los equipos de conmutación, generalmente se contemplan equipos auxiliares de generación, banco de baterías, ODF y todo el soporte de equipos que garanticen la operatividad de la central.



Figura 3.19: Distribuidor Telefónico Boyacá
Fuente: Los autores

➤ Red primaria

En la figura 3.20 se puede apreciar un diagrama esquemático de una red primaria que une el distribuidor con los Armarios (*subrepartidor*) de zona, está constituida por cables (primarios cobre y/o fibra óptica) que parten de la central y se dividen hacia armarios de distribución. Generalmente van por canalización en ductos de PVC, es la parte más pesada de la red. (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)



ESQUEMA DE RED PRIMARIA

Figura 3.20: Topología de una red primaria de planta externa
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

➤ **Distritos**

En la figura 3.21 se puede apreciar un sector que es alimentado por un armario de distribución, las ciudades de conformidad a la demanda telefónicas geográficamente se dividen en distritos, que son zonas que tiene su armario (*subrepartidor*), excepto la zona directa en donde el repartidor reemplaza al armario. Dentro del área de cobertura cada distrito distribuye la red secundaria hasta el cliente. (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

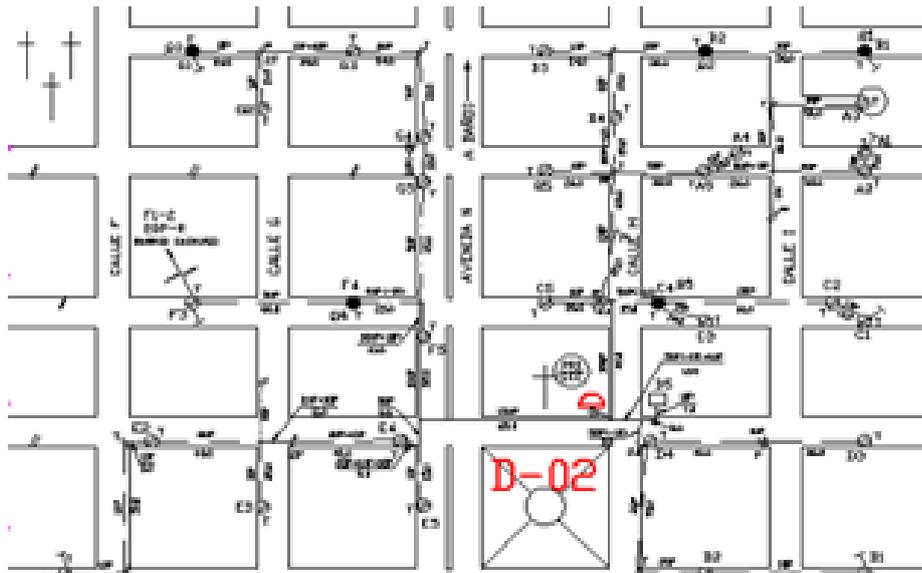


Figura 3.21: Topología de una red secundaria de planta externa
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

➤ Armarios

En la figura 3.22 se puede apreciar un armario de distribución o subrepartidor, el cual se encuentra ubicado en un determinado punto del distrito y es el lugar de conexión entre los cables primarios y secundarios por medio de bloques de conexión de 50 o 100 pares. Permiten en forma separada las ampliaciones de red primaria y de red secundaria. La conexión un abonado va desde sus respectivos bloques de conexión y se unen mediante cables de cruzada (*puentes*). Es un punto de corte en las líneas de abonados para localización de averías hacia el lado primario o secundario. (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)



Figura 3.22: Armarios telefónicos para red primaria
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

➤ Red secundaria

En la figura 3.23 se observa un plano de redes secundarias compuesto por tres distritos, cada distrito tiene construida su propia red secundaria, siendo la red secundaria la parte que une un armario de distribución y las cajas de dispersión y está constituida por bloques de conexión, cables aéreos, murales, subterráneos, empalmes y cajas de dispersión. (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

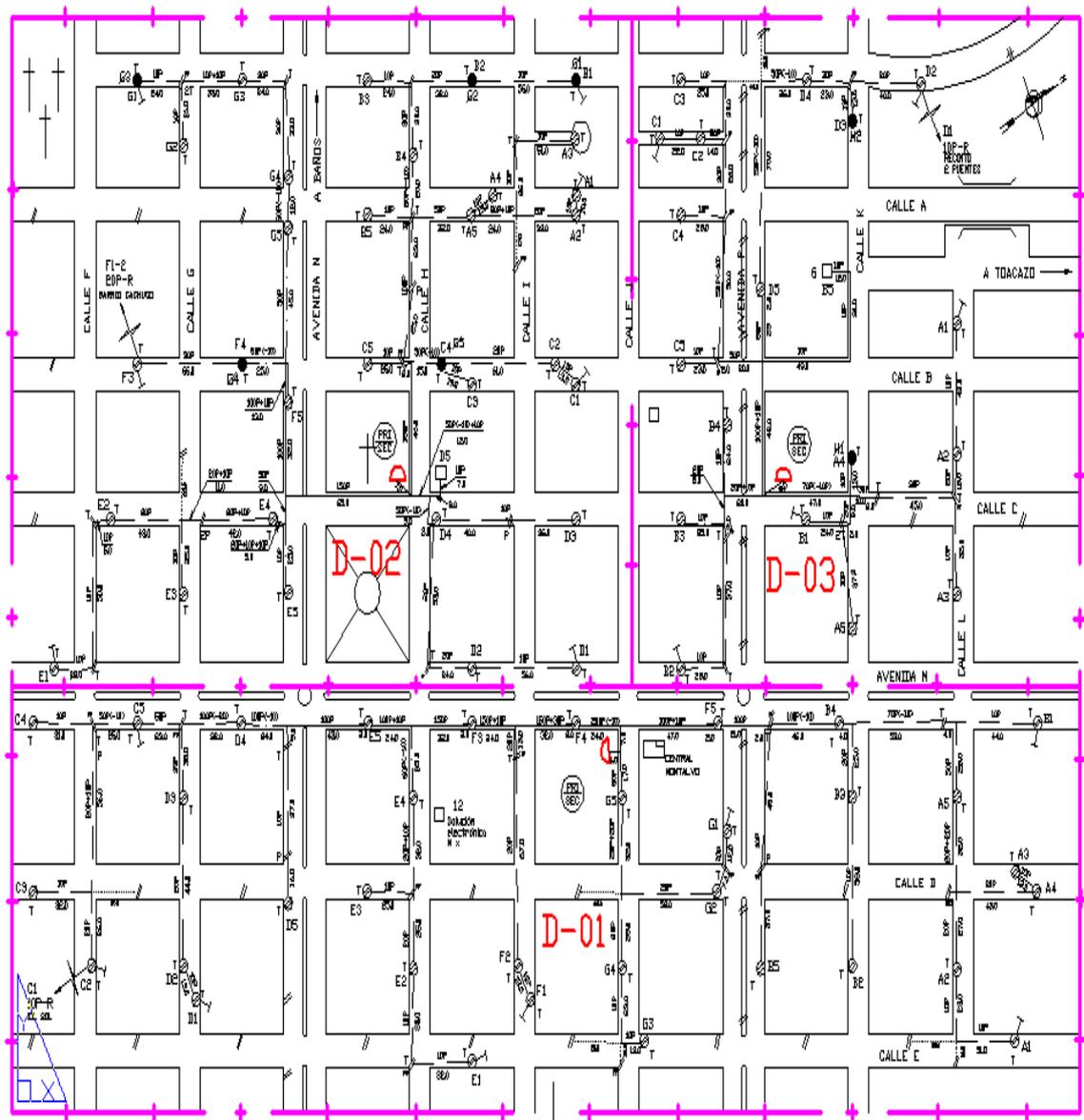


Figura 3.23: Diseño de red secundaria
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

➤ Caja de dispersión

En la figura 3.24 se observa una caja de dispersión de abonados, las hay de 10 y 20 pares y constituyen el un punto de conexión entre la red secundaria y las líneas individuales de cada abonado, son instaladas en postes telefónicos, murales, desde las cuales se llega a los clientes con los cables de acometida, además son los puntos de corte para labores de operación y mantenimiento. (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)



Figura 3.24: Caja de dispersión en red secundaria
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

➤ Líneas de conexión

En la figura 3.25 se puede observar un plano de distribución líneas de abonados (*Red de Abonado*), son los cables que van desde la caja de dispersión hacia el aparato telefónico. Esta se divide en dos tramos, uno desde la caja hasta la vivienda con cable de acometida exterior y otro del tramo desde exterior de la vivienda hasta el conector de placa o roseta, con cable de acometida tipo interior, el cual termina donde se instala el equipo terminal (Teléfono). (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

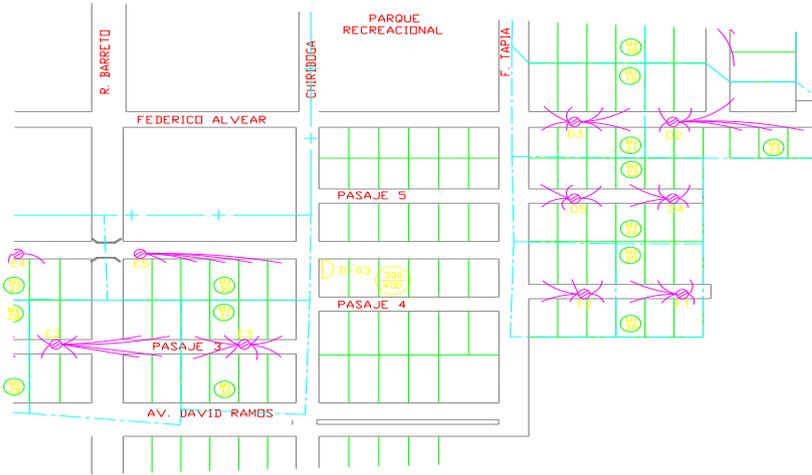


Figura 3.25: Distribución líneas de abonados
 Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

3.3.2. Red telefónica interna de cobre para edificios

En la figura 3.26 se puede observar el diseño telefónico de la red interna de cobre para una planta de un edificio, se observa una caja de distribución final, desde la cual se distribuyen las líneas principales y de estas sus respectivas extensiones. A continuación se muestra un diseño de red interna de edificio:

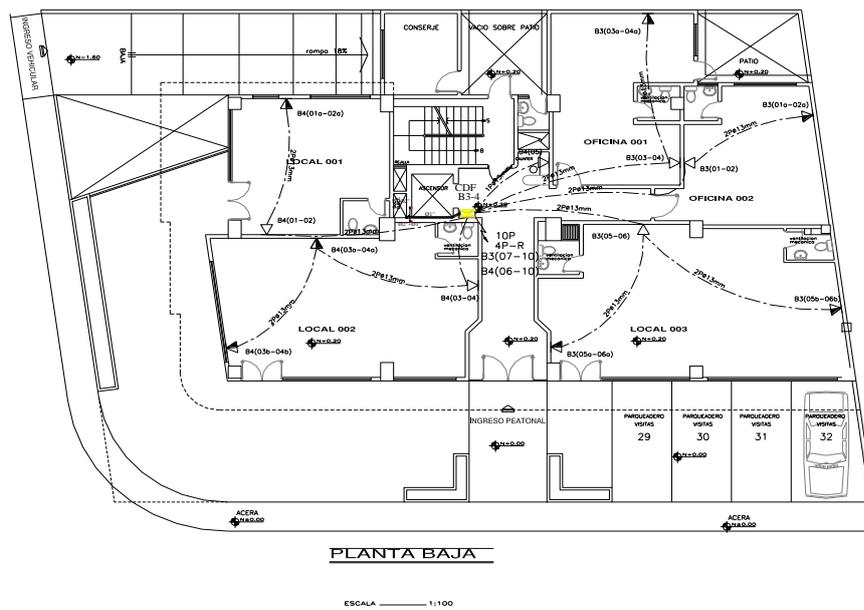


Figura 3.26: Diseño de red interna de edificio
 Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa CNT E.P 2009

En la figura 3.27 se observa el diagrama de distribución telefónica vertical de un edificio, está conformada por la caja de distribución principal (generalmente ubicada en la planta baja de la edificación), caja de distribución final (generalmente dependiendo de la demanda telefónica se asigna una por piso o saltando uno), cajas de paso (generalmente son empleadas para ramificaciones dentro una misma área) y tomas telefónicas donde se instalaran los equipos terminales (teléfonos). (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

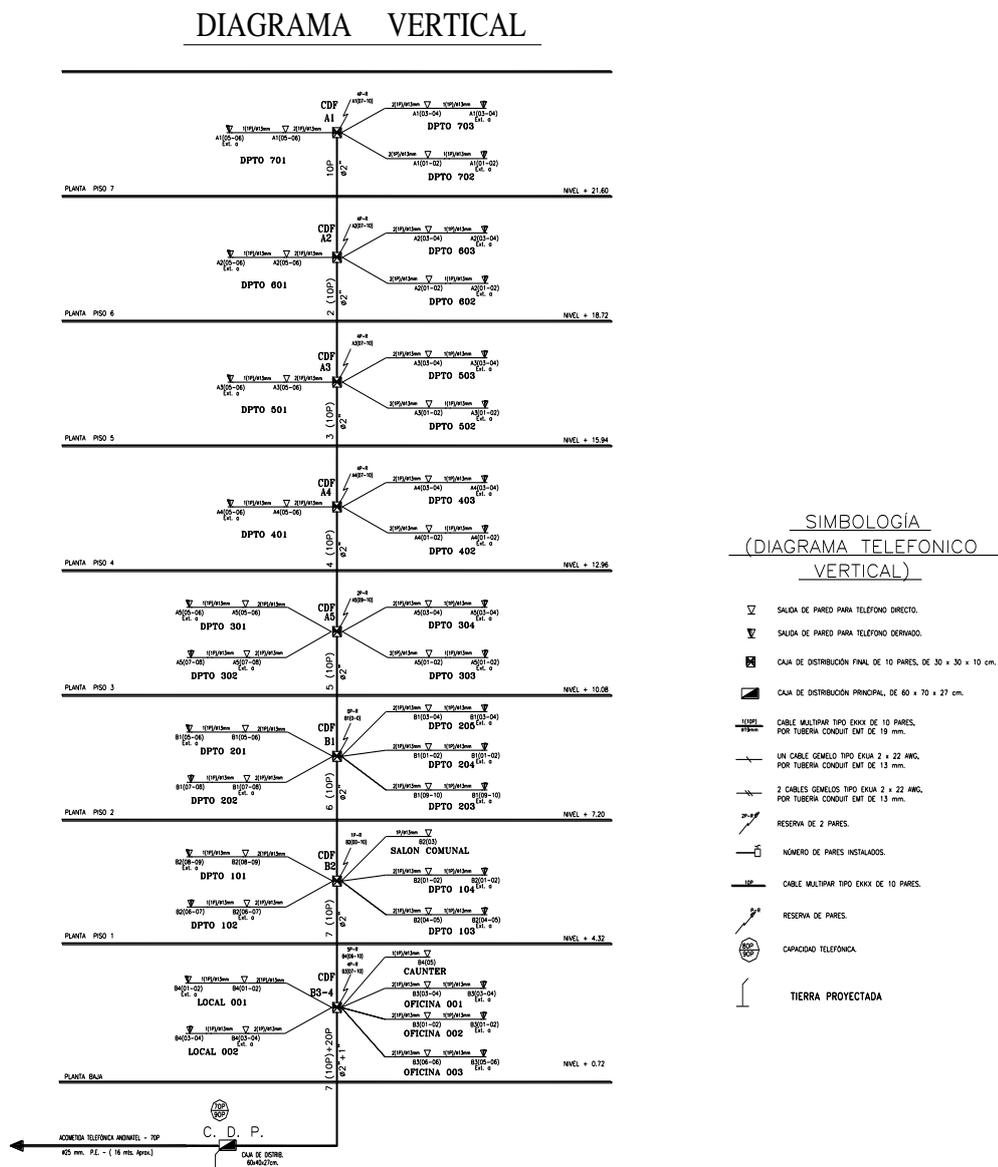


Figura 3.27: Distribución de líneas de abonados en red interna de edificio
Fuente: Normas de construcción de red interna para edificios CNT E.P 2009

➤ Distribuidor principal

El distribuidor principal es el punto donde terminan los cables de acometida de la CNT E.P. y el punto al cual llegan todos los cables de distribución interna del edificio. De acuerdo a la capacidad del mismo puede ser una caja, un armario o un bastidor. El distribuidor principal es propiedad del edificio y tiene que ser construido y mantenido por él. En el distribuidor principal se colocarán los bloques de conexión de la red de distribución interna (*RDI*) y los de la red local de la CNT E.P. (*RLI*). En él se realizarán la conexión de ambas redes mediante los respectivos puentes.

Si la capacidad telefónica del edificio es menor o igual a cien pares el distribuidor principal consistirán de una caja empotrada en la pared a una altura no menor a 50 cm sobre el piso terminado. Cuando la capacidad requerida de un edificio será mayor a los 100 pares, será necesario que el proyectista prevea la instalación de un distribuidor principal el mismo que puede ser:

- a) Un armario de distribución similar a los que utiliza en la CNT E.P., en la Red Pública en el cual se colocarán bastidores para alojar bloques terminales.
- b) Un bastidor para alojar bloques terminales directamente empotrados en la pared.

En los casos a y b el distribuidor principal será colocado en el sótano del edificio, si existe. Si no en la planta baja, en un cuarto mínimo de 2 x 2 m y 2.5 m de altura, y totalmente independiente y con las seguridades necesarias.

➤ Caja de distribución

Es el punto final de los cables principales o cables secundarios/internos provenientes del distribuidor principal (*DP*), armario de distribución o bastidor. Estas cajas, desde el principio no deben tener más de 50% de los pares ocupados. Las cajas de distribución, si son de tipo empotrado, tienen que tener las medidas según lo indicado anteriormente, y deben ser ubicadas en la parte inferior de la pared, con su base a una distancia mínima de 50 cm del piso terminado. Las cajas de distribución en edificios, deberán ubicarse sobre la misma ruta de la tubería principal o en el centro de la demanda telefónica si se encuentra muy desplazada de la vertical. También deben ser ubicadas en lugares de fácil acceso tales como pasillos, escaleras, etc.

➤ Caja de paso

Entre el distribuidor principal (*DP*) y las cajas de distribución a veces es necesario instalar una caja de paso para la fijación de los cables de su instalación vertical o para facilitar su tendido en tramos con cambios de dirección, en esta caja no se instalaran bloques de conexión..

➤ Tomas telefónicas

Es el punto en el cual termina la línea de abonado y en donde se conectarán los equipos terminales. Las tomas deben estar ubicadas en las paredes a una altura tal que su borde inferior no quede a menos de 30 cm ni más de 50 cm sobre el nivel del piso terminado. Las tomas para teléfonos públicos (monederos) deberán ubicarse a una altura de 1.30 m, medidos desde el nivel del piso terminado.

Las tomas telefónicas pueden ser destinadas para tres usos:

- a) Toma para teléfono directo: es aquella que podrá conectarse a la central local de la CNT E.P.

- b) Toma para extensión de una central privada: es aquella que podrá conectarse a una central privada (y mediante ésta a la central local de la CNT E.P.).
- c) Toma para teléfono en paralelo: es un paralelo a la toma sea ésta para teléfono directo o extensión de una central privada.

Las tomas telefónicas se proyectarán para cada par telefónico, pudiéndose poner un máximo de dos pares en una misma toma telefónica. El número de tomas depende directamente de las necesidades. Como una orientación en la tabla 3.2 se indican las salidas mínimas necesarias en función del tipo de edificación. En cualquier caso el número de tomas por par, no será superior a tres. A continuación en la tabla 3.2 se muestra los diferentes tipos de edificaciones con sus clases de tomas telefónicas: (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

TIPOS DE EDIFICACIONES	
Edificios oficiales y de oficinas	1 toma cada 5 metros a lo largo de las paredes o 1 toma en cada piso por cada 15 m ² .
Hoteles	1 habitación
	2 comedor o restaurante
	2 bar
	1 cocina
	2 recepción
Clubes, restaurantes, cafeterías, etc.	1 oficina
	1 bar
	1 comedor
	1 recepción
	1 caja
	1 cocina
	1 depósito o almacén
1 oficina	
Hospitales, clínicas, etc.	2 consultorio
	1 oficina
	1 recepción
	1 habitación a la altura del velador
	1 dos camas (en caso de salas colectivas)
1 ambiente de examen, terapia	

	1 entrada quirófano
	1 puesto de enfermeras
	1 depósito
	1 recepción y suministro de materiales
	1 sala de máquinas
	1 servicio restantes
	1 monedero/pabellón
Grandes almacenes y supermercados	1 caja
	1 departamento de ventas
	2 oficina
	1 monedero / entrada principal
Instalaciones industriales y talleres	2 oficinas
	1 entrada o postería
	1 taller
Cines y teatros	1 ventanilla
	1 sala de proyección
	1 oficina
	1 vestuario
	1 monedero en la entrada o vestíbulo
Apartamentos	1 sala
	1 estudio
	1 habitación principal
Lavandería automática	2 oficina
	1 monedero
Universidades y politécnicas	2 oficinas
	1 laboratorio o taller
	1 recepción o información
	1 auditorio
	1 monedero / escuela
Colegio, escuelas, academia e institutos diversos	2 oficinas
	1 biblioteca
	1 recepción
	1 dependencia o servicio
	1 auditorio
	1 monedero/entrada
Locales comerciales de varios tipos	2 oficinas
Iglesias y capillas	1 despacho parroquial

Tabla 3.2: Tipos de edificaciones
Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica CNT E.P 2009

➤ Equipos terminales

Se consideran como equipos terminales los aparatos con los cuales un abonado puede comunicarse en forma escrita o hablada con cualquier otro abonado dentro y fuera del edificio. Los equipos terminales pueden ser: aparatos telefónicos, impresoras, terminales de datos, centrales privados, fax, etc.

➤ Bloque de conexión

Permiten la terminación del cable de la acometida telefónica y de los cables principales en el distribuidor principal (*DP*) como también la conexión entre los cables principales y la red de abonados en las cajas de distribución (*CD*). En general se podrá utilizar cualquier tipo de bloques de conexión, los cuales deberán ser aceptados previamente por la CNT E.P. De acuerdo al número de los pares los bloques de conexión son de: 10 pares, 50 pares y 100 pares

Los bloques de 10 pares, Son utilizados en el distribuidor principal y en las cajas de distribución. Cuando el bloque de conexión de 10 pares es utilizado en el distribuidor principal, éste deberá ser colocado sobre herrajes que permitan la fijación del cable tanto de acometida como de la red de distribución interna, y también la realización de puentes. Los bloques de conexión de 10 pares ser utilizados en las cajas de distribución, deberán tener un herraje que permita su fijación en la madera de la caja.

Los Bloques de 50 y 100 pares, Estos bloques de conexión servirán exclusivamente para el distribuidor principal, serán colocados sobre bastidores que faciliten la fijación de los cables de la acometida telefónica y de los cables de distribución interna como también la realización de puentes.

➤ Cables

Los cables a utilizarse deberán cumplir las características eléctricas, composición y materiales definidos de las normas y especificaciones técnicas de la CNT E.P. Los cables principales y cables secundarios, son los que unen el distribuidor principal y las cajas de distribución en edificios. Este cableado será constituido por uno o más cables multipares dependiendo de la demanda telefónica. Los cables de abonados (*líneas de abonados*), sirven para conectar las cajas de distribución con la toma telefónica.

3.3.3 Mediciones Eléctricas

El avance de la tecnología en las Redes de Acceso al cliente ha hecho que hoy en día la red de planta externa de cobre existente, este siendo utilizada además del servicio de voz para aplicaciones que requieren de un mayor ancho de banda, tales como: XDSL, RDSI, E1, T1, etc. Todo esto implica disponer de una red en buen estado por lo que se hace necesario el verificar las condiciones eléctricas y de transmisión. El objetivo básico de este tema es unificar criterios con un lenguaje común, relacionados con las pruebas y mediciones de pares de planta externa, a fin de garantizar que estos se encuentren aptos para transmitir servicios de voz y datos. Para ello se han definido un grupo de pruebas, las cuales se deben efectuar con equipos *TDR, ANALIZADOR LOCALIZADOR DE FALLAS EN RED TELEFÓNICA, MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO, EQUIPO PARA PRUEBAS ADSL, VOLTÍMETRO* o con un equipo que tenga integrado todas estas funciones. (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

3.3.4 Pruebas de Aceptación

Las pruebas Eléctricas que permitirán determinar el estado de los pares y por ende de la red telefónica son las siguientes:

1. Voltaje inducido
2. Resistencia de Aislamiento
3. Resistencia de Bucle
4. Desequilibrio resistivo
5. Resistencia de continuidad de pantalla
6. Ruido Metálico
7. Ruido a Tierra
8. Atenuación
9. Diafonía

El incumplimiento de cualquiera de estas pruebas implicará que la red no se encuentra en óptimas condiciones para trabajar. El procedimiento para efectuar las mediciones eléctricas deberá ser efectuado en toda la red telefónica tanto primaria como secundaria de ser el caso, es decir se debe realizar tanto en las redes directas (*rígidas*) o primaria y secundaria (*flexible*). (CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, 2009)

3.3.4.1 Pruebas de voltaje inducido

La prueba se realiza al par desde el MDF, en todo su recorrido hasta la caja terminal respectiva, sea esta red rígida (*directa*) o red flexible, las mediciones se efectúan entre los hilos A y B; A y Tierra; B y Tierra. En la figura 3.28 se puede apreciar la forma en que se debe conectar los equipos de medición para comprobar que los niveles de voltaje presentes en el par en prueba no superen los valores máximos aceptables que es de máximo 2 VAC.

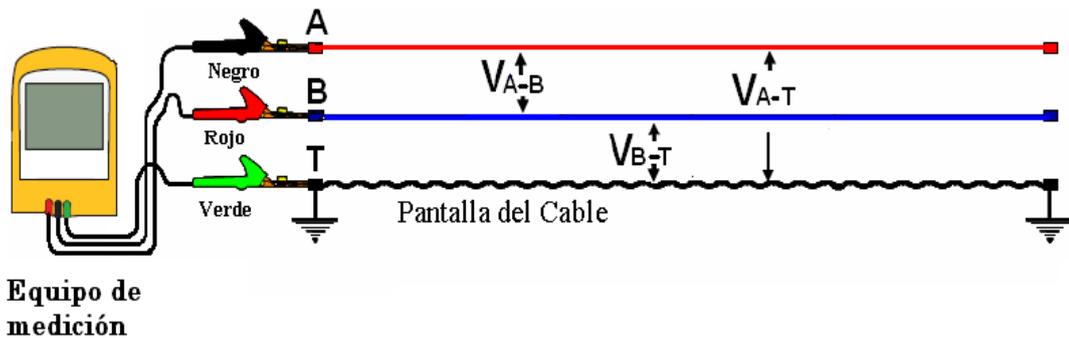


Figura 3.28: Prueba de voltaje inducido

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.2 Pruebas de resistencia de aislamiento

La prueba debe ser realizada al par desde el MDF, en todo su recorrido hasta la caja terminal respectiva, sea esta red rígida (*directa*) o red flexible. Las mediciones de la resistencia de aislamiento se las debe de realizar entre los puntos A - B; A -TIERRA; B – TIERRA. Para redes en servicio el valor de la medición debe ser superior a 20 MΩ con un voltaje de prueba de 100 voltios1 corriente continua. Esto se aplica para redes en servicio. La resistencia de aislamiento para red en servicio debe ser suficientemente alta para evitar fugas a tierra o entre hilos. Para redes nuevas se sugiere hacerlo en cuatro pares cualquiera de cada regleta para la red primaria y para la red secundaria dos pares por cada caja de dispersión, el valor no podrá ser inferior a 10 GIGAOHMIOS, las mediciones se harán con un potencial de CC de no menos de 100V o más de 550V aplicada durante un minuto.

En la figura 3.29 se puede apreciar la forma en que se debe conectar los equipos de medición para comprobar la resistencia de aislamiento y se pueden detectar fallas resistivas como: falla de aislamiento del par, así como también entre cada hilo del cable multipar con respecto a tierra (*pantalla del cable*).

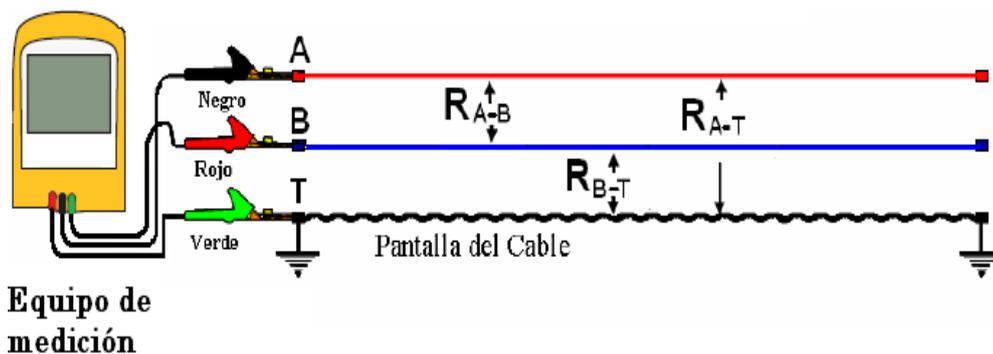


Figura 3.29: Prueba de resistencia de aislamiento

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.3 Pruebas de resistencia de bucle

Las pruebas de resistencia de bucle están orientada a detectar fallas de continuidad (*abiertos*), es decir verificar que el cable en sí y las uniones en los respectivos empalmes del par en prueba estén correctamente elaboradas. La condición óptima de resistencia de bucle para los pares seleccionados debe ser menor o igual a 1200 Ohmios, adicionalmente se deben considerar los valores que se encuentran en la tabla 3.3, esto debido a que en la actualidad a más de servicio de voz se brinda servicio de transmisión de datos.

Servicios	Resistencia de lazo	Conductor de 0.4mm.	Conductor de 0.5mm.
Servicio de Voz	$\leq 1200 \Omega$	4,28 Km.	6,74 Km.
Servicios xDSL hasta 64 Kbps	$\leq 1200 \Omega$	3.57 Km.	5.61 Km.
Servicios xDSL hasta 512 Kbps	$\leq 900 \Omega$	3.57 Km.	5.61 Km.
Servicios xDSL hasta 2 Mbps	$\leq 600 \Omega$	2.14 Km.	3.37 Km.
Servicios xDSL hasta 8 Mbps	$\leq 400 \Omega$	1.4 Km.	2.2 Km.

Tabla 3.3: Prueba de resistencia de aislamiento

Fuente: Normas de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica CNT E.P 2009

Debido a que todos los elementos conductores de corriente eléctrica sufren una alteración en su composición molecular con los cambios de temperatura, esta condición natural que poseen los elementos cambia la resistencia óhmica de los materiales, por esta razón las medidas que se realizan en distintos lugares del país y por ende a

distintas temperaturas para poder determinar un valor referencial de la medida a obtener con los equipos de medición, para esto se deberá aplicar la siguiente fórmula para poder determinar la resistencia a la temperatura de la población en donde se realice dicha medición:

$$R_{20} = \frac{R_{AB}}{1 + 0,00393(T - 20)}$$

Donde:

R_{20} = Valor de resistencia a 20°

R_{AB} = Valor de resistencia AB medida a temperatura ambiente

T = Temperatura del medio ambiente

Para obtener el valor de la resistencia de bucle del par, los valores individuales de la tabla se multiplicarán por dos (2).

En la figura 3.30 se puede apreciar la forma en que se debe conectar los equipos de medición para comprobar la resistencia de bucle, la prueba se debe realizar desde el MDF (*Distribuidor o Armario*), en todo el recorrido del par hasta la caja terminal respectiva, sea esta de red rígida (*directa*) o red flexible. Se sugiere hacerlo en cuatro pares cualquiera de cada regleta para la red primaria y para la red secundaria dos pares por cada caja de dispersión. Para esto se debe cortocircuitar en uno de los extremos el par a realizar la prueba y en el otro extremo el equipo para ver el valor de la resistencia de bucle.

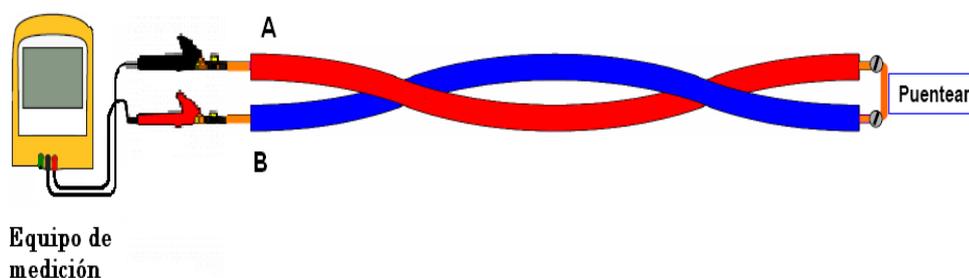


Figura 3.30: Prueba de resistencia de bucle

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.4 Pruebas de desequilibrio resistivo

Determinar la diferencia de resistencia entre el hilo "A" y el hilo "B" del mismo par, esto se lo realiza restando de la resistencia de bucle menos la resistencia del hilo "A" y de la resistencia de bucle menos la resistencia del hilo "B". Esta resistencia no puede ser superior al 2% del bucle y en ningún caso mayor a 17 Ω . El desequilibrio resistivo por ciento se calcula restando la menor resistencia de la resistencia mayor y multiplicanda por 100%, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$D_r = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{min}} * 100\%$$

Donde:

D_r = Desequilibrio resistivo de los conductores en %,

R_{max} = la resistencia máxima de un conductor en un par, y

R_{min} = la resistencia mínima del otro conductor del mismo par.

En la figura 3.31 se muestra las tres formas en que se debe conectar los equipos de medición para la prueba de desequilibrio resistivo, la prueba se la realiza en cuatro pares cualquiera de cada regleta para la red primaria y para la red secundaria dos pares por cada caja de dispersión. El par que se vaya a probar se le debe hacer un corto circuito en un extremo y en el otro extremo conectar el equipo para poder realizar las mediciones respectivas, una vez medido, se obtendrá los siguientes valores: Valor en ohmios del hilo A, Valor en ohmios del hilo B y Valor de ohmios del hilo A+B.

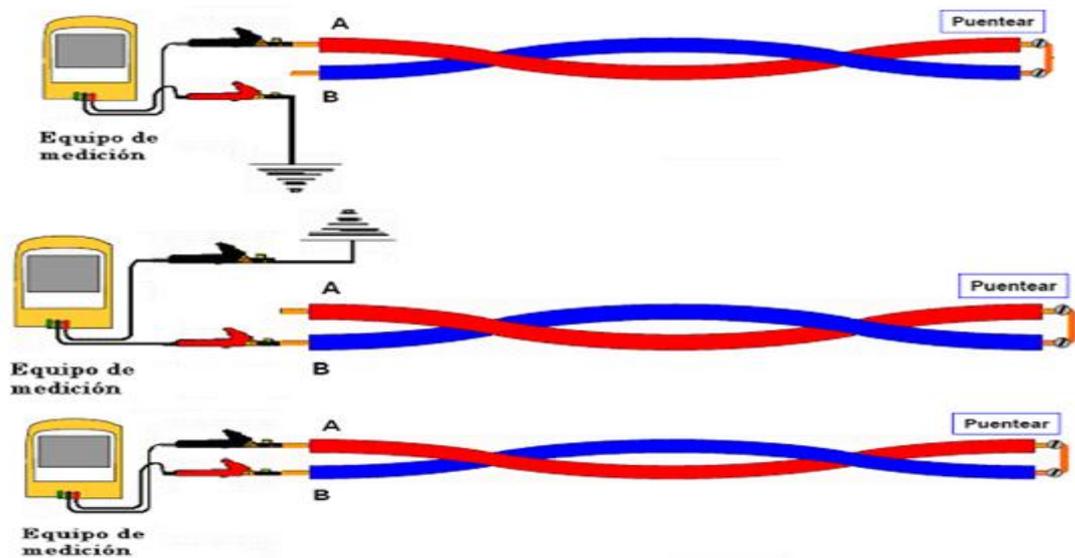


Figura 3.31: Prueba de desequilibrio resistivo

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.5 Resistencia de continuidad de pantalla

La prueba permite verificar que la continuidad de la pantalla del cable en los empalmes tenga la menor impedancia en la unión (*5 Ohmios x Km. como valor máximo aceptable*), pero limitada a 25 ohmios máximo de todo el cable. Se la debe realizar primero en la red primaria y luego en la red secundaria. La continuidad de la pantalla del cable, permite hacer la medición del mismo mediante la medición de la resistencia de ésta, entre la central telefónica y el punto de acceso donde se instale el instrumento, utilizando un par activo (*en centrales telefónicas con hilo A conectado a tierra*). Esta prueba se la realizará siguiendo el procedimiento específico para este efecto, esto es cuatro pares cualquiera de cada regleta para la red primaria y para la red secundaria dos pares por cada caja de dispersión. Para ello se debe corto circuitar en un extremo del cable los hilos A, B y la pantalla del cable y en el otro extremo del cable se deberá corto circuitar los hilos A y B del par seleccionado para la prueba y colocar el equipo para la realización de la medición requerida.

En la figura 3.32 se puede apreciar la forma en que se debe conectar los equipos de medición para comprobar la resistencia de continuidad de pantalla en los diferentes tramos de la red (*Primaria y Secundaria*).

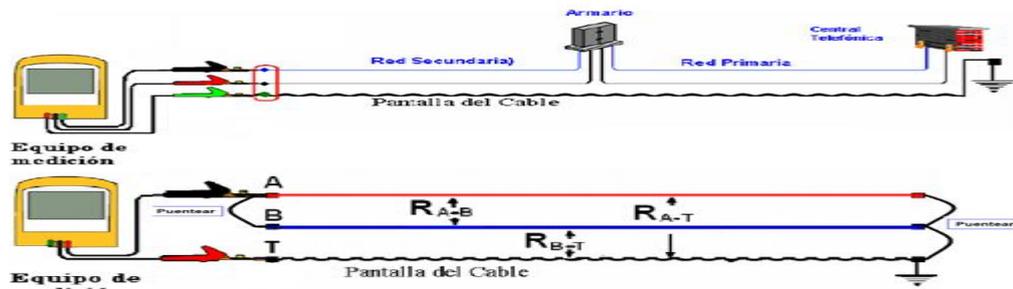


Figura 3.32: Prueba de resistencia de continuidad de pantalla

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.6 Ruido metálico

La figura 3.33 muestra la forma en que se debe conectar los equipos de medición para comprobar el ruido metálico, que se produce internamente en los pares por problemas de desequilibrio, generalmente se escuchan señales de otra comunicación interna en el cable. Se lo mide en los hilos a y b de un circuito, este ruido es el que el abonado realmente escucha en la línea, se llama también ruido del circuito y se mide en dBm. El ruido metálico se lo debe medir a lo largo de los hilos A y B. Se llama también ruido del circuito y se mide en dBm, los valores aceptables de este tipo de ruido en una red nueva y/o antigua en buen estado, deben ser menores a -70dBm, aplicando una señal de 1600Hz., tal como se puede observar en la figura 3.34.

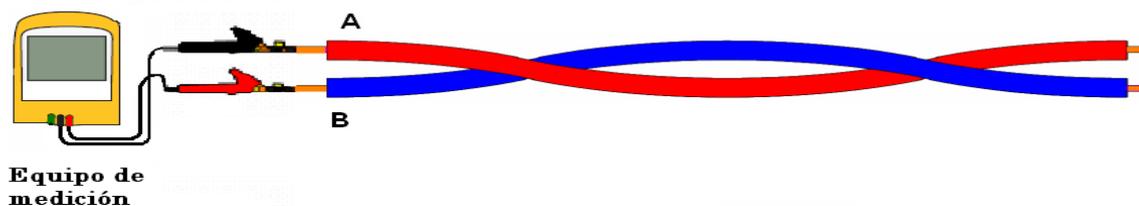


Figura 3.33: Prueba de ruido metálico

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

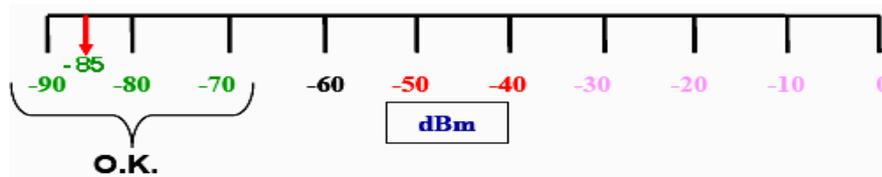


Figura 3.34: Rango de aceptación del ruido metálico

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.7 Ruido a tierra

La prueba consiste en determinar el ruido a tierra que es la potencia electromagnética, que interfiere en el par por efecto externo al cable, sonidos de radio, antenas, semáforos, transformadores etc. este efecto se produce básicamente, por problemas de pantallas cortadas y tierras con alta resistencia, se debe verificar que el par en prueba tenga los valores de ruido aceptable en relación a la simetría y equilibrio de los parámetros primarios del cable en su conjunto (*Resistencia de bucle, capacitancia mutua, balance capacitivo*), además de comprobar la inducción electromagnética producida especialmente por las redes eléctricas adyacentes al cable telefónico, por efecto del desequilibrio del par, por discontinuidad de la pantalla del cable o por sistemas de tierra deficientes (*con alta impedancia*) conectados a la pantalla del cable o por carencia de estos.

La forma en que se debe conectar los equipos de medición para efectuar la prueba de ruido a tierra, y los valores aceptables para recibir una red, se muestran en las figuras 3.35 y 3.36 respectivamente, la prueba de ruido a tierra se debe ser realizada de la siguiente forma: por separado, para el caso de la red flexible; primero para la red primaria y luego la red secundaria o local del cable; si la red es directa (*rígida*) se recomienda hacer la prueba desde la caja Terminal a la Central, los valores aceptables son menores a -20dBm.



Figura 3.35: Prueba de ruido a tierra

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

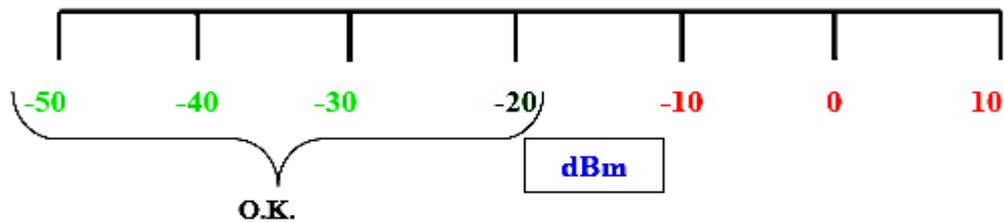


Figura 3.36: Rango de aceptación de una red

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.8 Pruebas de atenuación

En la figura 3.37 se puede apreciar la forma en que se debe conectar los equipos de medición para efectuar la prueba atenuación que consiste en verificar que los valores de pérdida por inserción a una frecuencia determinada sea la que corresponda a la simetría del par en prueba y satisfaga los valores de atenuación establecidos. La prueba debe ser realizada para el par en todo su recorrido, desde el MDF (*Distribuidor o Armario*) directo a la caja de dispersión respectiva. Inyectar una frecuencia de 1.000 y 1.600 Hz, como prueba básica del par en cable 0.4mm, los valores aceptados son:

Para 1000 Hz \leq 1.622 dBm/km

Para 1600 Hz \leq 2.052 dBm/Km

Se acepta una tolerancia de \pm 10%

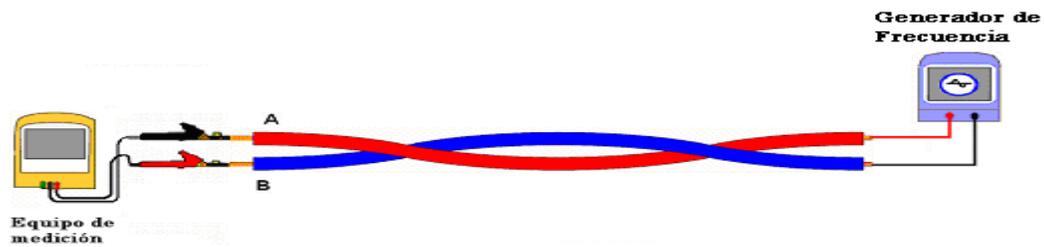


Figura 3.37: Prueba de atenuación

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.3.4.9 Pruebas de diafonía

En la figura 3.38 se puede apreciar la forma en que se debe conectar los equipos de medición para efectuar la prueba de diafonía que consiste en verificar que la distancia de separación de los pares cumpla con las normas de fabricación. Esta prueba verifica también la calidad de los empalmes, dado que problemas de diafonía no son generados en la fabricación del cable. Las principales causas que generan la diafonía son los desequilibrios capacitivos y la baja aislación entre los pares del cable, los que normalmente son producidos al realizar los empalmes. La diafonía se define como la relación de potencia o voltaje que existe entre el par interferido y el par interferente. Esta relación se expresa con una potencia de 1mW, la cual corresponde a 0dBm. Se entiende por par interferente al que lleva la señal y el par interferido donde se escucha la señal. La prueba debe ser realizada desde el Distribuidor, al armario en red flexible (Red Primaria) y desde el armario a la caja de distribución (Red Secundaria) en red flexible. Para lo cual se utilizará un instrumento generador de tonos senoidales de frecuencia programable; se debe inyectar al par en prueba una frecuencia de 1.000 Hz o 1.600 Hz. Se deberán medir los pares adyacentes al par en prueba, obteniéndose los siguientes resultados: Inyectar una frecuencia de 1.000 y 1.600 Hz, como prueba básica del par en cable 0.4mm, los valores aceptados son:

Para 1.000 Hz > 60 dB

Para 1.600 Hz > 65 dB

Se acepta una tolerancia de $\pm 10\%$

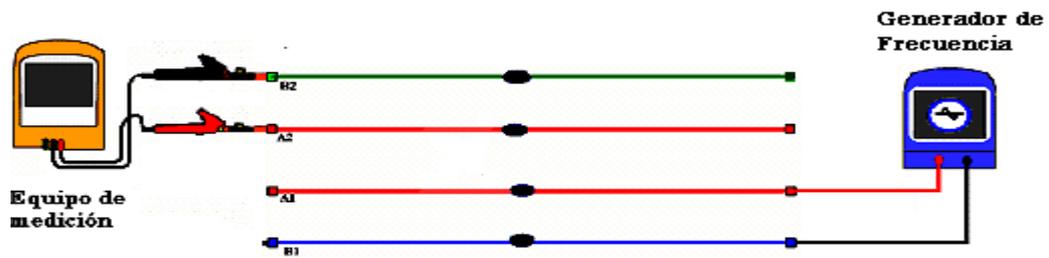


Figura 3.38: Prueba de diafonía

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

3.4 Tecnologías de acceso multiservicio

La necesidad de atender la gran demanda de servicios de banda ancha generada por los clientes de telefonía fija, a puesto a las operadoras de servicios en la búsqueda e implementación de tecnologías de acceso de banda ancha de manera especial aquellas que empleen la infraestructura de cobre instalada, el desarrollo de varias tecnologías de acceso de banda ancha: DSL (*Línea de Abonado Digital*) en todas sus formas simétricas y asimétricas, permite dar servicios a velocidades de hasta algunos megabits por segundo; LMDS, los servicios locales de distribución multipunto ofrecen velocidades de banda ancha a usuarios residenciales y a profesionales independientes (*SOHO*) vía tecnología inalámbrica; CMTS (*Sistema de terminación de módem por cable*) emplea el cable coaxial para entregar servicios digitales a muchos usuarios; UMTS, fue concebido para servicios de voz y de datos de tercera generación, en la figura 3.39, se puede observar el diagrama de bloque de una red de comunicación en banda ancha, partiendo de la central telefónica, equipos de conmutación, filtros y equipos terminales.



Figura 3.39: Diagrama de bloques de una red de comunicaciones en banda ancha

Fuente: Normas de construcción de redes de telecomunicaciones CNT E.P 2009

A pesar de las enormes diferencias entre estas tecnologías, todas ellas se caracterizan por el aumento de la velocidad de transferencia de datos al usuario final en un orden de magnitud muy superior en comparación con las soluciones de banda estrecha que les precedieron. En consecuencia, todas abren la puerta a un conjunto amplio de nuevos servicios. Otra similitud está en que todas pueden compartir el mismo protocolo subyacente: ATM. Como consecuencia, aunque el servicio final esté generalmente relacionado con las aplicaciones IP, el tráfico se monta en ATM antes de entregarlo a la red de transmisión. La tecnología xDSL, surge por la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión del par de cobre. Hace referencia a toda la familia DSL las cuales utilizan técnicas de modulación modernas ayudadas por los avances en el procesamiento digital de señales(DSLAM) para lograr transmitir a altas velocidades sobre el lazo de abonado local.

3.4.1. DSLAM

El DSLAM (Multiplexor de acceso de línea de abonado digital) es una pieza de hardware instalada por lo general en el intercambio telefónico y que proporciona multiplexación para flujos ATM de la red de transporte. Este elemento no sólo aloja las tarjetas ADSL sino que también aloja diferentes servicios DSL, por ejemplo SDSL o HDSL, al insertar las tarjetas de multiplexación correspondientes. Cada tarjeta admite varios módems ADSL. Los elementos agrupados en el DSLAM se denominan ATU-C (ADSL Transceiver Unit-Central office End , *Unidad de Transceptor ADSL-Extremo en la Oficina Central*).

En la figura 3.40 se puede apreciar el gabinete de dimensiones 600 mm x 600 mm x 2200 mm de tecnología Huawei, con la capacidad máxima de los tres marcos se MA5100 ADSL 1344 las líneas de abonado. MA5100 marco dimensiones: 436,00 mm x 420.00mm x 444.50mm, 14 tarjetas verticales de servicio y dos juntas de control de redundancia con un máximo de 448 líneas de abonados ADSL. SmartAXMA5600 corresponde a la serie de equipos que no sólo procedían de Digital

Subscriber Line multiplexores de acceso (DSLAM), sino que adicionalmente se basa en protocolos IP para ofrecer estructuras de datos integrados, vídeo, voz y servicios multimedia que ofrecen una gran capacidad, gran ancho de banda y de buena calidad. (HUAWEI, 2008)



Figura 3.40: Gabinete SMARTAX SERIE MA5600
Fuente: Manual SmartAX MA5600T Multiservicio Huawei 2009

Se puede observar en la figura 3.41, la ubicación del gabinete SMARTAX SERIE MA5600 de tecnología Huawei y de los bancos de baterías que mantienen operativo el sistema, con un banco de baterías adicional de redundancia en casos de fallas del sistema de energía. Se tiene que observar la disponibilidad de breakers y el amperaje máximo que soportan, bajo la asistencia técnica del personal de fuerza y climatización de la CNT EP, quienes serán los que proporcionen los requerimientos técnicos.



Figura 3.41: Gabinete y banco de baterías SMARTAX SERIE MA5600
Fuente: Manual SmartAX MA5600T Multiservicio Huawei 2009

De hecho, todos los servicios disponibles en la red (Internet, LAN-MAN-WAN, telecompras, videos MPEG) llegan por banda ancha a la estación DSLAM para ser entonces redistribuidos a los usuarios. El mantenimiento y configuración del hardware DSLAM y ADSL se hace de manera remota. Este trabajo de innovación tecnológica plantea la instalación de un equipo Dslam Smartax MA5600. De tecnología HUAWEI, equipo de alta velocidad del cual dependerá el mejor funcionamiento del sistema telefónico existente aportando mayores beneficios que se traducen en mejorar la calidad de servicios. Efectuar la instalación de los equipos Dslam Smartax MA5600 para así mejorar la comunicación de las centrales telefónicas y satisfacer las necesidades de los clientes de lo que son voz y datos.

3.4.2. Procedimiento de instalación

Paso 1.- Coordinar con el área de ingeniería el lugar exacto donde se anclara el equipo a instalarse.

Paso 2.- Proceder a realizar las mediciones del equipo y el lugar en donde está destinado a instalarse, reconocimiento de los recorridos de los cables de abonados hacia la sala del MDF, cables de aterramiento hacia la barra de tierra, cables de energía (fuente a y b) hacia el rectificador (llaves) y el recorrido de la fibra óptica (LC-LC o LC-FC) hacia el equipo del ODF previa coordinación con el Ing. de la Telefónica.

Paso 3.- Proceder a perforar el piso técnico o baldosas según sea el tipo de piso en donde se anclara, luego de perforar procedemos a presentar el equipo y asegurar en las posiciones indicadas.

Paso 4.- Anclar en sub-rack dentro del equipo y luego lo aseguramos en los extremos del sub-rack.

Paso 5.- Proceder a tender el cable multipar (*abonado*) hacia la sala de MDF en donde se procederá a ponchar en los block Mondragón.

Paso 6.- Proceder a tender el cable de tierra hacia

CAPÍTULO 4

PROYECTO PUERTO SANTA ANA

4.1 Reseña histórica del proyecto Puerto Santa Ana

El Proyecto Puerto Santa fue encargado por el Municipio de Guayaquil a la Fundación Malecón 2000 se encuentra ubicado junto al histórico barrio Las Peñas de Guayaquil, abarca un área aproximada a las 9has, que se consiguió con la donación de terrenos de la Cervecería Nacional (*al final de la calle Numa Pompilio Llona*), de terrenos propios de la Municipalidad y otros recibidos en donación de parte del gobierno central. Este proyecto estaba concebido como un mix de oferta inmobiliaria donde se juntan los grandes espacios públicos de plazas, áreas verdes, camineras y equipamiento urbano con edificaciones de viviendas, comercios, oficinas, hotelería y restauración. Los planos y la maqueta fueron diseñados en Estados Unidos con el estudio de arquitectos DDG (*Developed Designe Group*) quien diseño el CocoWalk y el Coconut Grove de Miami.

La primera etapa comenzó en enero del 2005 y se entregó a fines del año 2006. El costo de la obra alcanza los 15 millones de dólares y se tenía previsto un área edificable del proyecto de 30.000 metros cuadrados, con la construcción de tres museos, uno para el ruiseñor de América, Julio Jaramillo; otro para el club Barcelona y el último para la Cervecería. Así también la construcción de edificaciones con 149 departamentos. El área destinada es de 1.900 metros. Las Oficinas serán construidas en 1.000 metros y para Parquaderos se destinaron 7.200 metros.

Otra etapa fue adjudicada en el 2008 a la promotora inmobiliaria privada, Consorcio Nobis, de la empresaria Isabel Noboa quien fue adjudica de un área de 26.000 metros por un monto de 11'707.568,30 dólares. El concepto es similar a Ciudad del Sol de Guayaquil, donde se levantan hoteles, departamentos y oficinas. El tiempo estimado para esta

etapa era de cinco a seis años pues se piensa construir un hotel de cinco estrellas con capacidad para 116 habitaciones. Habrá una torre que simulará un faro y edificios para albergar departamentos, oficinas y zonas comerciales. Esta obra está valorada en unos 130 millones que será financiada por Pronobis mediante la venta títulos, que ya fue utilizado para financiar hoteles Sheraton, Howard Johnson y el Sonesta. Para vender el área comercial adoptarán la concesión o alquiler, mientras que para la colocación de unidades residenciales u oficinas aplicarán la venta directa.

Y las últimas obras fueron entregadas en julio de 2011 que comprendió el nuevo ingreso por la avenida Pedro Menéndez Gilbert, sentido norte-sur con la calle Morán de Buitrón, en el cerro El Carmen, mediante un redondel que parte 200 metros antes de la entrada al túnel 1, del cerro de El Carmen, a la derecha de la vía y conecta con la mencionada calle para acceder al Puerto Santa Ana con el objetivo de mejorar la circulación de los vehículos. Las redes de comunicaciones existentes en Puerto Santa Ana, se encuentran en mal estado, copadas y sin capacidad de ampliación por la falta de infraestructura de canalización, lo cual imposibilita brindar servicios de banda ancha.

4.2 Análisis de demanda telefónica

El reglamento de abonados de la CNT EP, establece que el estudio de la demanda telefónica de un edificio debe ser realizado con una proyección de por lo menos diez años plazo, consecuentemente el cálculo de la demanda futura crece de manera exponencial con el tiempo de conformidad a la siguiente expresión:

$$D_f = D_i(1 + r)^t$$

Donde:

D_f= Demanda telefónica futura.

D_i= Demanda telefónica inicial.

r= Tasa de crecimiento anual.

t= tiempo considerado en años.

La demanda telefónica inicial se refiere a las necesidades de servicio telefónico que para nuestro estudio tiene el proyecto Puerto Santa Ana, conformado por siete edificios (*ver tabla 4.1*) cuyas áreas de construcción están destinadas a 37 oficinas, 46 departamentos, 12 locales comerciales, 2 museos, 3 Áreas sociales, asignándoles 3 líneas por cliente da una demanda telefónica total inicial de 300 líneas telefónicas.

ITEM	EDIFICIO NÚMERO Y NOMBRE	P. BAJA	PISOS ALTOS	FUNCIÓN	OBSERVACION
1	# 1	SÓLO P.B.		BAÑOS PÚBLICOS	
2	# 2 ANTIGUA CERVECERIA	PB. VACIA		NO SE HA DESTINADO FUNCIÓN	EDFIC. REMODELADO TODO EL EDIFICIO ESTÁ VACIO.
3	# 3 ASTILLERO	3 LOC. COM.	PRIMER ALTO 2 LOCALES. SEGUNDO ALTO 3RO. 4TO. Y 5TO.	MUSEO DE: BARCELONA MUSEO DE: EMELEC MUSEO JULIO JARAMILLO Y CERVECERIA 5 OFIC. POR PISO	
4	# 4 BARLOVE NTO	4 LOC. COM.	1RO. AL 3RO. 4TO. PISO 5TO. PISO	5 DPTOS. POR PISO 3 DPTOS. ÁREA SOCIAL	
5	# 5 TORREON	2 LOC. COM.	1RO. AL 4TO. PISO	5 OFIC. POR PISO	

			5TO. PISO	ÁREA SOCIAL	
6	# 6 SOTAVENTO	3 LOC. COM.	1ER. PISO 2DO. AL 4TO. 5TO. AL 6TO. 7MO. PISO	PARQUEO VEHICULOS 4 DPTOS. POR PISO 2 DPTOS. POR PISO ÁREA SOCIAL	EL CONCENTRADOR ESTÁ INSTALADO EN EL SÓTANO A UN LADO DEL EDIFICIO Y ESTÁ CEDIDO EN COMODATO A LA CNT.
7	# 7 LOS SILOS	2 OFICINAS	PRIMERO AL SEXTO	2 DPTOS. POR PISO	EN P.B. FUNCIONA LA ADMINISTRACIÓN

Tabla 4.1: Edificios que conforman el Proyecto Urbanístico Puerto Santa Ana
Fuente: Los autores

La tasa de crecimiento, se la elige de un 2 % anual, valor que frecuentemente es utilizado para el cálculo de la demanda futura: $r = 0,02$

La demanda futura considerando la tasa de crecimiento del 2% y con una proyección de diez años es: $D_f = 300(1 + 0,02)^{10}$

$$D_f = 366 \text{ líneas futuras para el proyecto puerto Santa Ana}$$

4.3 Consideraciones del diseño de la red de comunicación multimedia

Para el diseño una red de comunicación moderna con acceso multiservicio en banda ancha XDSL para el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana de la ciudad de Guayaquil debemos de considerar el alcance del proyecto, la Zona donde se desea proveer el servicio, el mercado

consumidor (*quienes serán nuestros clientes*), índice de penetración (*porcentaje de clientes que tendrán el servicio multimedia con relación al universo de clientes*), universo de clientes con servicio multimedia, y, proyección del crecimiento de demanda, de tal forma que se justifique el trabajo realizado, en función de cumplir con los planes gubernamentales y lograr satisfacer al cliente con servicios de calidad, disponibles de forma inmediata.

4.3.1. Alcance

El alcance del proyecto es el diseño de una red mixta que considera la instalación de 2361 metros de fibra óptica desde la central Boyacá hasta uno de los edificios del proyecto urbanístico Puerto Santa Ana (*Sotavento*), construcción de 150 metros de canalización telefónica, instalación de equipos Dslam Smartax Ma5600 de tecnología Huawei con capacidad de 480 clientes.

PROVINCIA	LOCALIDAD	RED		CANLIZACION		DESCONGESTIONAMIENTO	FIBRA OPTICA KM.
		P. PRIM.	P. SEC.	POZOS	KM. VIA		
GUAYAS	PUERTO SANTA ANA		EXISTENTE	3.00	0.15	0.00	2.36
	TOTAL	0	0	3	0.15	0	2.36

Tabla 4.2: Alcance del proyecto de diseño de la red de comunicación
Fuente: Los autores

4.3.2. Zona de servicio

En la figura 4.1 se puede apreciar la Zona de servicio del proyecto, que comprende el sector urbanístico Puerto Santa Ana, ubicado al final del barrio las peñas, antigua cervecería, se encuentra integrado por siete edificaciones destinado a un sector de la población de extractos altos, que demanda por el giro de sus negocios, servicios de banda ancha de buena calidad, las edificaciones incluyen departamentos, locales comerciales, aéreas de recreación, con una demanda inicial de 300 líneas telefónicas.

El sector donde se construye el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana, en la actualidad tiene muchos limitantes para brindar a corto plazo servicios de banda ancha de calidad, considerando que la infraestructura de la canalización se encuentra saturada sin posibilidades de ampliación por las restricciones municipales que impiden efectuar trabajos en los sectores regenerados, además existen problemas con la calidad de servicio en razón del pésimo estado en que se encuentran las redes telefónicas existentes que datan de más de 20 años, caracterizadas por ser kilométricas con un exagerado número de empalmes que en el transcurso del tiempo se han tenido que efectuar para mantener operativo el sector, ante esta realidad se plantea como solución el diseño de una red mixta compuesta por un cable de fibra óptica desde el nodo más cercano (*Central Boyacá*) hasta Puerto Santa Ana, utilización de un equipo *Dslam Smartax Ma5600* de tecnología Huawei con capacidad de 480 clientes, como red interna de los edificios se plantea que sea la de cobre existente. Y desde el edificio principal donde se instalaran los equipos *Dslam* se prevé la instalación de cables multipares de cobre hasta las cajas de distribución principal.



Figura 4.1: Ubicación geográfica del proyecto urbanístico
Fuente: Los autores

4.3.3. Mercado consumidor

Las grandes ciudades del mundo, en su afán de desarrollo tecnológico en el ámbito de las comunicaciones y la información, cuentan en la actualidad con una gran cantidad de teléfonos con acceso a Internet, en este sentido resulta de suma importancia considerar la posibilidad de implementar masivamente los servicios multimedia a través de la red telefónica convencional en nuestro país, debido a que la tecnología crece desmesuradamente y no podemos rezagarnos en la utilización de la misma, como se mencionó anteriormente las grandes ciudades del mundo ya cuentan con este tipo de sistema de comunicación e información y gozan de todas sus ventajas.

Por lo expuesto, el presente proyecto mediante el diseño de una red mixta fibra-cobre y con la instalación de equipos Dslam Smartax Ma5600 de tecnología Huawei con capacidad de 480 clientes, plantea una solución a la demanda de servicios multimedia presentados por los propietarios del proyecto urbanístico Puerto Santa Ana, proyecto orientado a un sector de propietarios de extractos económicos altos, y con negocios que requieren contar con servicios multimedia, se plantea la posibilidad de realizar un estudio completo sobre el tema mencionado, incluyendo todas sus ventajas, y un análisis detallado del sistema planteado así como de sus requerimientos técnicos

4.3.4. Determinación del índice de penetración del servicio internet

El índice de la penetración de la banda ancha y de los servicios de acceso a Internet, constituyen un parámetro corporativo que visualiza la cantidad de usuarios que tienen acceso a internet del total de clientes que tiene servicio telefónico, a nivel de los denominados desarrollados, el índice de penetración de los servicios de acceso a Internet, supera el umbral del 50% de los hogares, y en algunos países Alemania, Francia o Reino Unido se prevé alcanzar penetraciones del 80% de los hogares en un lapso de tiempo entre 7 y 8 años, El Ecuador tiene el índice de penetración de los servicios de acceso a Internet más bajo de la región 11,3% (2006), y de acuerdo a lo manifestado por el Ministro de Telecomunicaciones Jaime Guerrero en el 2011 subió a 29,49%, el gobierno se encuentra trabajando en la consolidación del Plan Nacional de Banda Ancha, que forma parte de Estrategia Ecuador Digital 2.0, que consta, además, de un Plan Nacional de Acceso Universal, de Alistamiento Digital y Gobierno En Línea. El Plan consta de tres programas: el primero, despliegue de infraestructura y condiciones de mercado para banda ancha; el segundo gestión eficiente de recursos, insumos y calidad para banda ancha, y el tercero de banda ancha con responsabilidad social y ambiental. El índice de penetración de la central Boyacá actualmente es de 10,5% en razón de que del total de clientes (12993) solo cuentan con el servicio de internet 1320 clientes. Con la

implementación del diseño propuesto el índice de penetración considerando los 366 clientes subiría a 12,7 %, es decir que de cada 100 clientes 12 cuentan con el servicio de internet.

4.3.5. Número general de usuarios del servicio de banda ancha

De acuerdo a la información proporcionada ministerio de telecomunicaciones el número general de usuarios de internet por intermedio de la telefonía fija a nivel nacional es de 565482, que representa el 29 % de índice de penetración, de un total de 1948945 usuarios de telefonía fija, lo que representa 29 clientes con acceso a internet de cada 100 clientes, lo que dista mucho del comportamiento en los países industrializados en el cual el índice de penetración supera el 60 % y en algunos casos superan el 80 %.

4.3.6. Proyección del crecimiento de la demanda

En Ecuador según proyecciones realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones, el número de habitantes a octubre del año 2011, es de 14145006 de los cuales 1948945 tiene el servicio de telefonía fija y de estos solo 118770 tienen servicio de internet, por lo que se puede anotar que tan sólo el 3,8 % de la población accede a Internet, porcentaje demasiado bajo comparado con países como Brasil, Chile y México. La demanda de servicios de internet a nivel nacional, de conformidad a la autoridades del área de telecomunicaciones podrá ser atendido mediante el Plan Nacional de Banda Ancha que estima tener un índice de penetración del 75 % hasta el año 2017, es decir que se estima tener 75 clientes con internet de cada 100 clientes con telefonía fija.

Las metas del Plan son:

- Al 2014 decremento significativamente el precio del Kbps
- Al 2015 incrementar las Mypimes conectadas a Banda Ancha.

- Al 2015 lograr que la mayoría de las parroquias rurales tengan conexión a Banda Ancha
- Al 2015 incrementar los hogares ecuatorianos del Quintil 1 y 2 con acceso a Banda Ancha
- Al 2015 incrementar los hogares ecuatorianos con acceso a Banda Ancha
- Al 2016 triplicar el número de conexiones a Banda Ancha
- Al 2017 alcanzar, al menos, el 75% de la población ecuatoriana con acceso a Banda Ancha.

4.4 Costo de la implementación del diseño de redes multiservicios para el Proyecto Urbanístico Puerto Santa Ana.

Previo a determinar el costo total del proyecto, se debe indicar que en el diseño propuesto el empleo de equipos multiplexores permitirán utilizar la red secundaria de cobre distribuida al interior de cada edificio, de conformidad al reglamento de construcción de edificios municipales y a los requisitos previos establecidos por la CNT EP para solicitar acometidas telefónicas, consecuentemente el costo que demanda la construcción de la red secundaria no se considera dentro del costo total de la implementación del diseño propuesto, los rubros considerados dentro de la implementación del diseño están: El suministro e instalación de la fibra óptica, Construcción de la infraestructura de canalización desde el ultimo pozo existente de la CNT EP hasta el edificio que alojara los equipos multiplexores, suministro e instalación de equipos Dslam que incluye, tarjetas de puertos internet, banco de baterías, paneles de control, cableado, accesorios y pruebas de operación.

4.4.1. Costo de instalación de la fibra óptica

En la figura 4.2 se puede apreciar el recorrido de la fibra óptica que parte desde el nodo óptico más cercano al punto de alimentación que para nuestro caso corresponde a la central Boyacá, Ubicada en las calles Boyacá y Luis Urdaneta hasta el edificio Sotavento del proyecto urbanístico Puerto Santa Ana, el recorrido de la fibra considera la infraestructura de la canalización existente y la canalización a ser construida. Con respecto a los volúmenes de obra del tendido de fibra óptica, en la tabla 4.3 se incluyen todos los materiales necesario para efectuar el trabajo de tendido de fibra óptica de conformidad a las normativas técnicas de construcción vigentes de la CNT EP., adicionalmente para determinar el costo de los trabajos de fibra óptica, los valores unitarios empleados corresponden al listado de precios unitarios de la CNT EP. Que incluyen material y mano de obra, como presupuesto referencial se tiene para el tendido de fibra óptica un costo de \$ 17.7773,52 dólares.

VOLUMENES DE OBRA FIBRA OPTICA						
CENTRAL:	ENLACE DE FO CENTRAL BOYACA - NODO PUERTO SANTA ANA					
ZONA:	1					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO		
				UNITARIO	TOTAL	
FO11	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA CANALIZADO	m	72,0	\$ 5,00	\$ 360,00	
FO18	INSTALACION MANGERA CORRUGADA	m ³	375,0	\$ 1,65	\$ 618,75	
FO21	INSTALACION ODF 24 PUERTOS G.652	U	2,0	\$ 460,37	\$ 920,74	
FO29	INSTALACION DE PORTA RESERVAS DE FIBRAS EN GALERIA DE CABLES	m ³	2,0	\$ 13,78	\$ 27,56	
FO32	PRUEBAS UNIDIRECCIONALES DE TRASMISION DE FIBRA OPTICA	m ²	48,0	\$ 7,84	\$ 376,32	
FO50	SUMINISTRO Y FUSION DE PIGTAIL FC/PC 655 EN ODF	U	48,0	\$ 8,01	\$ 384,48	
FO86	TAPON TRIFURCADO	m	134,0	\$ 36,64	\$ 4.909,76	
FO94	TENDIDO DE CABLE DE FIBRA OPTICA G652 MONOMODO DE 24 FIBRAS	m	2361,0	\$ 4,31	\$ 10.175,91	
					\$ 17.773,52	

Tabla 4.3: Volúmenes de obra de fibra óptica para el proyecto de diseño de comunicación
Fuente: Los autores



Figura 4.2: Ruta del eje para el tendido de FO entre la Central Boyacá-Puerto Santa Ana
Fuente: Los autores

En la tabla 4.4 se puede apreciar en detalle de las distancias entre tramos del eje seleccionado para el recorrido de la fibra óptica desde la central Boyacá, Ubicada en las calles Boyacá y Luis Urdaneta hasta el edificio Sotavento del proyecto urbanístico Puerto Santa, en un trayecto que contempla 67 cámaras telefónicas (*pozos*), las medidas que se indican como tramos son tomadas de centro de tapa a centro de tapa de cada pozo, la distancia total de la canalización considerada en este trayecto es de 1926 metros, sin las reservas que se consideren de conformidad a lo que establecen las normas técnicas de construcción de redes de fibra óptica.

UNIDAD DE ULTIMA MILLA FIBRA OPTICA						
PROYECTO: ENLACE CENTRAL BOYACA - NODO PUERTO SANTA ANA						
Número de Pozos	67					
Número de Postes						
# POZOS	Pozo/Poste	TRAMO	DISTANCIA (m)	SUBDUCTO M/B/T	CANALIZ E/C/NE/A	OBSERVACIONES
1	Pozo	ODF - BX1	50,00	-	E	Ingreso (Reserva)
2	Pozo	BX1-BX2	22,20	T	E	Cable de 24 FO
3	Pozo	BX2-BA99	26,40	T	E	Cable de 24 FO
4	Pozo	B499-B500	43,80	T	E	Cable de 24 FO
5	Pozo	B500-B501	13,00	T	E	Cable de 24 FO
6	Pozo	B501-B502	59,90	T	E	Cable de 24 FO
7	Pozo	B502-B503	14,80	T	E	Cable de 24 FO
8	Pozo	B503-BM503	26,60	T	E	Cable de 24 FO
9	Pozo	BM503-B505	35,50	T	E	Cable de 24 FO
10	Pozo	B505-BM505	23,80	T	E	Cable de 24 FO
11	Pozo	BM505-BM505A	21,40	T	E	Cable de 24 FO
12	Pozo	BM505A-BM505B	6,50	T	E	Cable de 24 FO
13	Pozo	BM505B-H9	19,70	T	E	Cable de 24 FO
14	Pozo	H9-BM506A1	25,00	T	E	Cable de 24 FO
15	Pozo	BM506A1-BM506A2	29,90	T	E	Cable de 24 FO
16	Pozo	BM506A2-BJM17	16,70	T	E	Cable de 24 FO
17	Pozo	BJM17-BJM16	41,40	T	E	Cable de 24 FO
18	Pozo	BJM16-BJM9	14,60	T	E	Cable de 24 FO
19	Pozo	BJM9-G54	16,20	T	E	Cable de 24 FO
20	Pozo	G54-BJM2	81,90	T	E	Cable de 24 FO
21	Pozo	BJM2-H5	27,40	T	E	Cable de 24 FO
22	Pozo	H5-VZ14A	12,10			Cable de 24 FO
23	Pozo	VZ14A-G67	48,10			Cable de 24 FO
24	Pozo	G67-VZ25	16,30			Cable de 24 FO
25	Pozo	VZ25-H47C	14,00			Cable de 24 FO
26	Pozo	H47C-HM47B	22,70			Cable de 24 FO
27	Pozo	HM47B-HM47A	20,90			Cable de 24 FO
28	Pozo	HM47A-H48	27,00			Cable de 24 FO
29	Pozo	H48-G68	17,80			Cable de 24 FO
30	Pozo	G68-G69	4,30			Cable de 24 FO
31	Pozo	G69-G70	52,80			Cable de 24 FO
32	Pozo	G70-G70A	15,10			Cable de 24 FO
33	Pozo	G70A-G71	51,70			Cable de 24 FO
34	Pozo	G71-G72	17,90			Cable de 24 FO
35	Pozo	G72-GP73	174,00			Cable de 24 FO
36	Pozo	GP73-GM82	200,00			Cable de 24 FO
37	Pozo	GM82-G82	34,00			Cable de 24 FO
38	Pozo	G82-MB1	30,60			Cable de 24 FO
39	Pozo	MB1-G52	17,00			Cable de 24 FO
40	Pozo	G52-G83	16,00			Cable de 24 FO
41	Pozo	G83-PM3	14,00			Cable de 24 FO
42	Pozo	PM3-PM2	10,00			Cable de 24 FO
43	Pozo	PM2-PM1	9,50			Cable de 24 FO
44	Pozo	PM1-PM100	13,50			Cable de 24 FO
45	Pozo	PM100-PM102	12,00			Cable de 24 FO
46	Pozo	PM102-PM104	12,00			Cable de 24 FO
47	Pozo	PM104-PM106	13,00			Cable de 24 FO
48	Pozo	PM106-PM108	17,00			Cable de 24 FO
49	Pozo	PM108-PM110	7,00			Cable de 24 FO
50	Pozo	PM110-PM112	9,00			Cable de 24 FO
51	Pozo	PM112-PM114	9,50			Cable de 24 FO
52	Pozo	PM114-PM116	10,00			Cable de 24 FO
53	Pozo	PM116-PM118	8,00			Cable de 24 FO
54	Pozo	PM118-PM120	9,50	T	E	Cable de 24 FO
55	Pozo	PM120-PM122	30,00			Cable de 24 FO
56	Pozo	PM122-PM10	19,00			Cable de 24 FO
57	Pozo	PM10-PM124	36,50			Cable de 24 FO
58	Pozo	PM124-PM12	2,00			Cable de 24 FO
59	Pozo	PM12-PM126	10,00			Cable de 24 FO
60	Pozo	PM126-PM128	12,50			Cable de 24 FO
61	Pozo	PM128-PM130	16,50			Cable de 24 FO
62	Pozo	PM130-PM132	12,00			Cable de 24 FO
63	Pozo	PM132-PM134	12,50			Cable de 24 FO
64	Pozo	PM134-PM136	12,00			Cable de 24 FO
65	Pozo	PM136-PM137	50,00			Cable de 24 FO
66	Pozo	PM137-PM138	50,00			Cable de 24 FO
67	Pozo	PM138-PM139	50,00	T	E	Cable de 24 FO
68	Pozo	PM139-ODF	50,00	T	E	Ingreso (Reserva)
Pozos				T	E	Cable de 24 FO
Pozos				T	E	Cable de 24 FO
Pozos				T	E	Empalme (Reserva)
TOTAL CABLE 24 FO			1.926,00	No está tomado en cuenta ninguna reserva en pozos y empalmes		

Tabla 4.4: Volúmenes de obra de fibra óptica para el proyecto de diseño de comunicación
Fuente: Los autores

En la tabla 4.5 se puede apreciar en detalle de las reservas del cable de fibra óptica que deben ser tomadas en cuenta en el proceso de adquisición de los materiales y de su instalación, como criterio de diseño se considera un factor de 5 metros por cada uno de los 67 pozos que conforman el trayecto desde la central Boyacá, Ubicada en las calles Boyacá y Luis Urdaneta hasta el edificio Sotavento del proyecto urbanístico Puerto Santa, y una reserva de 50 metros en el ODF(*Distribuidor de Fibra Óptica*), lo que totaliza una necesidad de 2361 metros de cable de fibra óptica para la implementación de este proyecto.

DESCRIPCION	FACTOR (m)	CANTIDAD	TOTAL (m)	OBSERVACIONES
POZOS	5,00	67,00	335,00	
Reserva en ODF	50,00	2	100,00	
TOTAL RESERVA CABLE CANALIZADO			435,00	

TOTAL CANALIZADO 24 OF.	1.926,00
TOTAL DEL ENLACE 24 OF.	2.361,00

Tabla 4.5: Cantidad de cable de FO incluido reservas para el Proyecto Puerto Santana
Fuente: Los autores

4.4.2. Costo de construcción de canalización telefónica

En la figura 4.3 se puede apreciar el diseño de la canalización telefónica que contempla la construcción de 150 metros de canalización telefónica de 4 vías en acera, así como también de 3 pozos de dos convergencias, canalización que se debe construir desde el ultimo pozo de la canalización existente identificado como PM-136 hasta el PM-139, cada indicar que por tratarse de regulaciones municipales todos los servicios de telecomunicaciones deben ser canalizados, consecuentemente deberán de solicitarse los permisos municipales previo a su construcción. Con respecto a los volúmenes de obra de la

canalización telefónica, en la tabla 4.6 se incluyen todos los materiales necesario para efectuar el trabajo de canalización telefónica de conformidad a las normativas técnicas de la CNT EP., así como también la instalación de todos los herrajes y materiales empleados en las cámaras para el tendido de fibra ópticas tales, triductos y, tapones, adicionalmente para determinar el costo de los trabajos de canalización telefónica, los valores unitarios empleados contemplan material y mano de obra, como presupuesto referencial se tiene para canalización un costo de \$ 23.115,28 dólares.

VOLUMENES DE OBRA CANALIZACIÓN							
CENTRAL:		ENLACE DE FO CENTRAL BOYACA - PUERTO SANTA ANA					
ZONA:		1					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD	PRECIO	
						UNITARIO	TOTAL
CC20	CANALIZACION EN ACERA		4 VIAS	m	150	30,33	4549,5
CS8	DESALOJO DE ESCOMBROS			m ³	56,25	4,91	276,1875
CC38	POZO ACERA	80 BLOQUES	2 CONVERGENCIAS	U	3	1080,66	3241,98
CS36	RELLENO Y COMPACTACIÓN			m ³	56,25	3,79	213,1875
CC59	ROTURA Y REPOSICIÓN	ADOQUIN CEMENTO		m ²	75	8,74	655,5
CS65	TAPÓN TRIFURCADO PARA DUCTO			U	134	31,03	4158,02
CS66	TRIDUCTO (EN CANALIZACIÓN EXISTENTE)			m	1725	5,46	9418,5
CS67	TUBERÍA DE PVC	110 X 2.7 MM (NORMA INEN 1869)		m	120	5,02	602,4
TOTAL							23115,28

Tabla 4.6: Volumen de obra para canalización telefónica para el proyecto Puerto Santana
Fuente: Los autores



Figura 4.3: Ruta del eje de canalización a construirse para el proyecto Puerto Santa Ana
Fuente: Los autores

4.4.3. Costo equipos Dslam y materiales empleados en su montaje

Con respecto a los equipos multiplexores de acceso a las líneas de abonados, se ha elegido un equipo DSLAMS de tecnología Huawei, cuya capacidad de puerto podrá cubrir la demanda futura de 366 clientes y por compatibilidad de los equipos existentes a nivel de la central que sirve como punto de conexión (*Central Boyacá*). La comunicación del DSLAM y el MODEM xDSL se realiza a través de dos interfaces llamadas (*ATU-R o ADSL Terminal Unit-Remote*) del lado del cliente o abonado y (*ATU-C o "ADSL Terminal Unit-Central"*) del lado del proveedor del servicio. Delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado splitter. 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 de baja frecuencia (*telefonía*) y las de alta frecuencia (*datos*). El equipamiento contempla los siguientes elementos que se detallarán a continuación.

4.4.3.1 DSLAM VDSL2

En la Figura 4.4 se puede observar la ubicación que se recomienda para la instalación del equipo DSLAM cuyas siglas significan Digital Subscriber Line Access Multiplexer (*Multiplexor digital de acceso a la línea digital de abonado*). Considerado en el diseño, es un multiplexor que estará localizado en el edificio (*Sotavento*), del proyecto urbanístico Puerto Santa Ana, de tecnología Huawei de modelo Dslam Smartax Ma5600, con capacidad de 448 clientes.

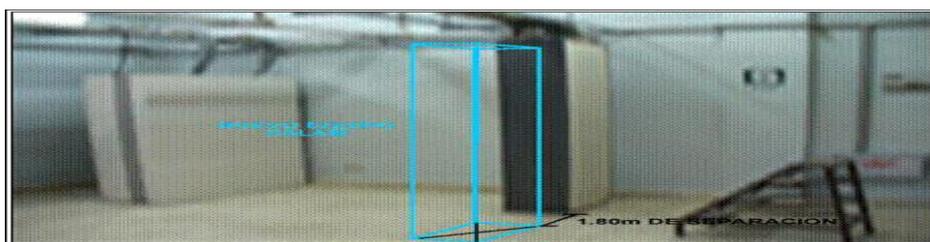


Figura 4.4: Ubicación recomendada para la instalación del Dslam
Fuente: Los autores

En la Figuras 4.5 se puede observar un equipo DSLAM modelo Smartax Ma5600 de tecnología Huawei, de modelo Dslam, con capacidad de 768 clientes de características parecidas a los equipos recomendados en el diseño propuesto, el cual reparte el contenido de la nube de la red a los abonados en casa sobre líneas DSL. Partiendo de este punto los equipos que se emplearan no requerirán que la red de cobre tenga características especiales, considerando que los abonados tendrán acceso multiservicios en razón de tener un DSLAM ubicado por lo menos a 1400 metros de distancia hacia su casa. (HUAWEI, 2008)



Figura 4.5: Dslam SmartAX MA5600
Fuente: Los autores

4.4.3.2. Tarjetas de 16 puertos cada uno

En la figura 4.6 se puede apreciar el bastidor que aloja las tarjetas de 16 puertos para internet, para nuestro diseño se utilizarán 28 tarjetas de 16 puertos cada una, lo que da una capacidad de 448 puertos de internet, que cubrirían no solo la demanda futura de 366 puertos del proyecto sino que podría emplearse en futuras ampliaciones de obra civil en el sector.

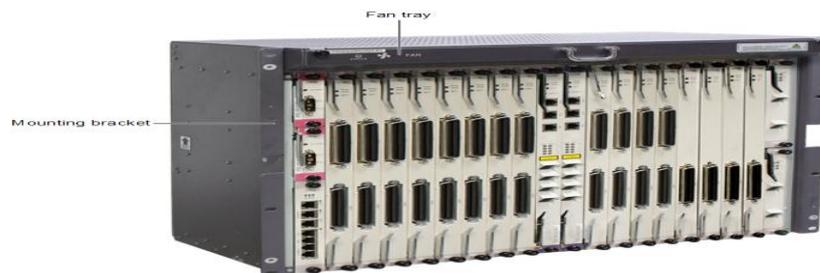


Figura 4.6: Bastidor de las tarjetas de 16 puertos cada uno
Fuente: Los autores

En la figura 4.7 se pueden apreciar el bastidor de tecnología Huawei, que aloja las tarjetas de 16 puertos para internet, con capacidad instalada de 1536 puertos, empleado en uno de los nodos (concentradores), que la CNT EP, tiene instalado en el sector sur de la ciudad de Guayaquil, y que en la actualidad tiene 560 clientes.

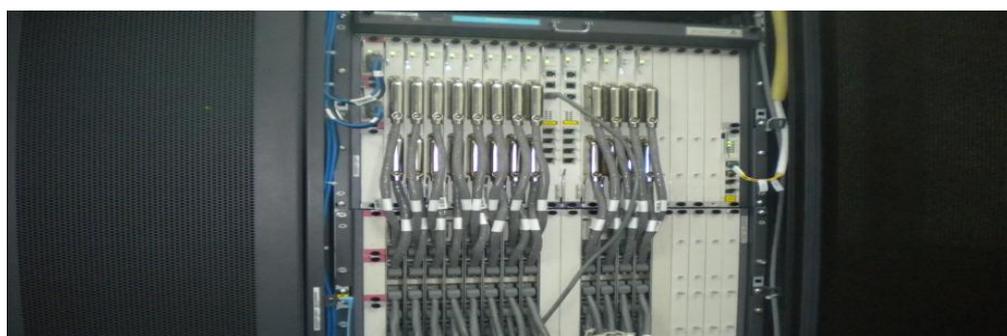


Figura 4.7: Bastidor de tecnología Huawei
Fuente: Los autores

4.4.3.3. MDF (Centro de sala)

En la figura 4.8 se puede apreciar el repartidor principal (*MDF "Main distribution frame"*) es el nexo de unión entre planta interna y planta externa en la central telefónica. Generalmente se ubica el repartidor en una sala localizada en el edificio de la central telefónica, por lo general en la primera planta. Sobre el repartidor se ubica la sala de equipos y debajo del mismo se encuentra el sótano de cables. El repartidor principal para nuestro diseño está localizado en la planta baja del edificio Sotavento, contendrá en su interior uno o más bastidores ubicados longitudinalmente. En cada bastidor se encuentra un panel para hilos verticales y otro para hilos horizontales. Los hilos horizontales están identificados y conectados

a equipos de la central. Los hilos verticales están asociados a pares de la "red primaria" procedente de los abonados. Cuando se va a efectuar una instalación se realiza un pase o interconexión física en una posición de las regletas. Se conecta un par vías de la red primaria (es decir verticales) y equipos de la central (horizontales).



Figura 4.8: MDF Centro de Distribución Principal
Fuente: Los autores

4.4.3.4. Banco de batería

En la figura 4.9 se puede apreciar dos bancos de baterías, uno frontal y otro lateral conectados en paralelo activadas, si ocurre alguna falla o caída de potencial en una, la otra está encendida y soportaría sola toda la carga del equipo, garantizando la operatividad del sistema a ser implementado, suministra provee 48 voltios DC.



Figura 4.9: Banco de Baterías
Fuente: Los autores

En la figura 4.10 se puede apreciar el panel de control que utilizan breakers de 100 Amper en la fuente A y B esto se debe a que el consumo de corriente a su capacidad máxima el equipo consume entre 60 - 70 Amper y si lo que hace la fuente redundante es dividir la carga en mitades. pero si nos ponemos en el caso que una de estas falle la que se queda al aire tendría que soportar las 70 Amper por utilizar la carga más alta cosa que no podría soportar un breaker de 60 Amper se podría utilizar un breakers de 80 Amper pero no es recomendable más que nada por precaución.



Figura 4.10: Panel de control del banco de baterías
Fuente: Los autores

4.4.3.5. Instalación de equipos

En la figura 4.11 se puede apreciar las bandejas porta cables, que deben ser empleadas en el proceso de instalación de equipos, estas bandejas permiten efectuar una correcta distribución de los cables empleados, tanto a nivel de conexión de equipos de fibra, datos, y números. Generalmente son construidas de acero inoxidable o de hierro galvanizado, generalmente sujetas al tumbado, su recorrido está en función del espacio y de ubicación de los equipos.



Figura 4.11: Bandejas porta cables
Fuente: Los autores

En la tabla 4.7 se puede apreciar en detalle el costo de suministro de los equipos dslam , así como también de los soportes técnicos, cableado e instalación de equipos, se considera el suministro de 28 tarjetas de 16 puertos cada una que permitirá tener disponible 448 puertos con acceso multiservicios, adicionalmente para determinar el costo de suministro e instalación de los equipos multiplexores, incluido los equipos de soporte energéticos e el de instalación se empleas como costos unitarios los valores ofertados por el proveedor de equipo, para nuestro caso Huawei, como presupuesto referencial se tiene un costo de \$ 51.500,00 dólares.

COSTO SUMINISTRO EQUIPOS DSLAM					
CENTRAL: ENLACE DE FO CENTRAL BOYACA - NODO PUERTO SANTA ANA					
ZONA: 1					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
E01	EQUIPO DSLAM SMARTAX MA5600	U	1	6500	6500
E02	BANCO DE BATERIAS Y PANEL DE CONTROL	U	2	4000	8000
E03	TARJETAS DE PUERTOS	U	28	400	11200
E04	INSTALACIÓN DE EQUIPOS PRUEBAS DE OPERACIÓN, CABLEADO INTERIOR Y SEÑALIZACIÓN.	U	1	25000	25000
TOTAL					50700

Tabla 4.7: Costo suministro equipos DSLAM
Fuente: Los autores

4.5 Costo total del Proyecto

En la tabla 4.8 se puede apreciar en detalle del costo total que demandaría la puesta en ejecución del diseño efectuado para dotar de servicios multimedia a todo el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana, que incluye una alimentación de fibra óptica de 24 hilos, y equipos multiplexores de última generación modelo Smartax Ma5600 de tecnología Huawei con capacidad de 448 clientes, que nos garantiza cubrir la demanda futura de 366 cliente, y nos deja una capacidad de reserva para futuras ampliaciones o remodelaciones, para nuestro diseño el presupuesto total referencial, tiene un costo de \$ 91588,80 dólares, lo que representa un costo de inversión de \$ 305,00 por cada uno de los 300 clientes que inicialmente tendrá el proyecto, valor que puede ser absorbido por la CNT EP para cumplir con las metas del Plan Nacional de banda Ancha que impulsa el gobierno, o por auto financiamiento de los propietarios, o mediante amortización a seis meses en las planillas de pago a un valor de \$ 52 dólares mensuales.

COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN PROYECTO PUERTO SANTA ANA					
CENTRAL:	ENLACE DE FO CENTRAL BOYACA - PUERTO SANTA ANA				
ZONA:	1				
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
E01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FIBRA OPTICA	U	1	17773,52	17773,52
E02	CANALIZACIÓN TELEFÓNICA	U	1	23115,28	23115,28
E03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DSLAM	U	1	50700	50700
TOTAL					91588,8

Tabla 4.8: Costo total del proyecto Puerto Santa Ana

Fuente: Los autores

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Para la CNT EP la utilización del grupo de tecnologías XDSL diseñadas para ofrecer servicios de banda ancha a un costo muy bajo. Constituye una de las mejores opciones poder brindar a sus clientes actuales y futuros servicios de banda ancha, sobre la base de su infraestructura instalada. Estas tecnologías están siendo utilizadas por las empresas que proveen Internet, por lo tanto es la mejor tecnología para la distribución de IPTV, ya que no representa mucha inversión para proveedor de servicios y el abonado no tiene que cambiar su instalación actual.

2. La implementación de equipos multiplexores permite a las operadoras de servicios contar con un mayor número de usuarios con accesos a servicios de banda ancha, video conferencias y IPTV, a costos que considerando la necesidad de atender la gran demanda de servicios multimedia justifican su implementación, con el diseño propuesto se establece que por un costo de \$ 305 dólares podrán contar con servicios de banda ancha la totalidad de los propietarios del proyecto urbanístico Puerto Santa Ana,

3. La tecnología ADSL (*Flujo de datos asimétrico*) ofrece a la operadora de telefonía CNT EP mediante la implementación de equipos multiplexores Dslam opciones para ofrecer el servicio de telefonía multimedia estudiada en el presente proyecto, debido a que en un mismo par de cobre se pueden dar servicios de voz y datos, mediante el uso de la infraestructura existente en el Bucle del abonado permitiendo un elevado ancho de banda y acceso dedicado. Esto se da debido a la optimización del uso del espectro del par de cobre para voz y datos.

4. Como resultado de la implementación del diseño de la red de comunicaciones en banda ancha para el proyecto urbanístico Puerto Santa Ana se podría mejorar los índices de penetración que constituyen uno de los principales objetivos del plan nacional de banda ancha impulsado por el gobierno central, ya que mediante la tecnología XDSL u la implementación de equipos multiplexores, empleando la red existente se pueden lograr servicios de banda ancha de excelente calidad a bajo costo.
5. Finalmente con la implementación para servicios ADSL mediante la creación de nuevos puntos de distribución (*nodos*), alimentados mediante fibra óptica, se fortalece la infraestructura de redes existentes, por la creación de los nuevos nodos ATM multiservicios y anillos de infraestructura SDH como sistema de transmisión.
6. Del análisis económico del proyecto se puede inferir que la cantidad de inversión necesaria para la instalación del servicio de banda ancha a los clientes del proyecto Urbanístico Puerto Santa Ana, es una cantidad de capital bastante baja (\$ 305,00 dólares) por línea telefónica, considerando que los propietarios del proyecto son considerados clase económicamente alta que demanda servicios de banda ancha por su posición social y giro de sus negocios.

5.2 Recomendaciones

1. Que el personal de diseño e ingeniería de la CNT EP, realice un levantamiento de la infraestructura de redes existente para cada central y proyecte la creación de una red de anillos SDH con nodos que tengan una cobertura máxima de un kilómetro de radio incluida la red de abonados, así como también la cantidad de puerto de internet que permitan de esta forma garantizar los servicios de banda ancha a sus clientes de telefonía fija.

2. Que la CNT EP promueva e implemente programas para capacitar a todos sus técnicos en forma integral, que contemple la instalación y mantenimiento de equipos de banda ancha, realizar programas de mantenimiento preventivo y correctivo a todas las redes existentes, eliminando empalmes, cambiando cajas, postes, herrajes, bloques de conexión que por su mal estado provocan reflexiones, y atenuaciones disminuyendo significativamente la señal de datos transmitida.

Bibliografía

3M VOLITION. (2012). *SOLUCIONES 3M EN FIBRA OPTICA*. Obtenido de www.multimedia.3m.com/mws/3a8gCQoED_omDIREbaoEbaoaaaaaa.

ALCUDIA, A. (2008). *ESTUDIO COMPARATIVO DE ADSL CON OTRAS TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET*. Obtenido de www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/alcudia_l_ad/capitulo3.pdf.

BLANCO ORTIZ, A. (2012). *VDSL*. Obtenido de www.adslayuda.com/vdsl.html.

CHÁVEZ, R. (2009). *Topologías de Red*. Obtenido de www.culturacion.com/2009/10/topologias-de-red.

CNT. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA OPTICA*.

Colombo, I. (2011). *ISDN Red Digital de Servicios Integrados*. Obtenido de www.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/isdn.html.

CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. (Diciembre de 2009). *NORMAS DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA*.

DÍAZ, M. (2003). *MEJORAS QUE INTRODUCE EL STANDARD G.992.5 CONOCIDO COMO ADSL2PLUS*. Obtenido de www.neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/Tareas%202003-3/ADSL2+.pdf.

FERRAN, M. S. (2001-2012). *VDSL*. Obtenido de <http://www.adslayuda.com/vdsl.html>.

FUSARIO, A. R. (2005). *TELEINFORMATICA APLICADA*.

GRUPO ARQHYS. (2007). *CABLE COAXIAL*. Obtenido de www.arqhys.com/arquitectura/cable-coaxial.html.

Hernando, R. (2 de Julio de 2002). *Sistemas de Comunicación*. Obtenido de www2.rhernando.net/modules/tutorials/doc/redes/sist.html.

HUARI, F. (2008). *TECNOLOGIA xDSL PARA COMUNICACIONES*. Obtenido de sisbid.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v04_n1/tecnologia.htm#.

HUAWEI. (2008). *SmartAX MA5600-Descripción del Sistema*.

HUIDOBRO MOYA, J. M. (2006). REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES. En J. M. HUIDROBO MOYA. THOMSON.

KIOSKEA. (2008). *Transmisión de datos: Transmisión digital de datos*. Obtenido de es.kioskea.net/contents/transmision/transnum.php3: <http://es.kioskea.net>

López, F. M. (2004). *Electrónica Fácil*. Obtenido de www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-QAM.php.

Maria de los Angeles Gómez López y Miriam Cristina Herrera . (2005). *Señales Digitales*. Obtenido de www.herrera.unt.edu.ar/labtel/seniales_electricas/archivos%20seniales_electricas/señales_c-08.pdf.

Martínez, E. M. (2007). *CABLE PAR TRENZADO (Twisted Pair)*. Obtenido de www.eveliux.com/mx/cable-par-trenzado-twisted-pair.php.

MILLAN, R. (2012). *LA TECNOLOGIA DE ACCESO ADSL*. Obtenido de www.ramonmillan.com/tutoriales/adsl.php.

P.H. SPAAK. (1957). *Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea*. Obtenido de http://www.unizar.es/union_europea/files/document/Tratado%20de%20Lisboa/B-Tratado_sobre_funcionamiento_de_%20la_Union.pdf.

PEREZ, P. (2005). *ARQUITECTURA DE REDES-ESPECIFICACIONES DE PARAMETROS DE FIBRA OPTICA*. Obtenido de www.frm.utn.edu.ar/medidase2/varios/parametros_redes2.pdf.

SKYNETGROUP. (2005). *CABLE DE FIBRA OPTICA*. Obtenido de www.modul.galeon.com/aficiones1366320.html.

Textos Científicos. (2005). *ASK - Desplazamiento de amplitud*. Obtenido de www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask.

UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. (2008). *INSTALACION DE CABLES DE FIBRA OPTICA*. Obtenido de www.itu.int/rec/T-REC-L/S.

Vega Perez, C. (2007). *Sistemas de Telecomunicaciones - Modulación de Pulsos*. Obtenido de personales.unican.es/perezvrl/pdf/CH7ST_Web.pdf.