

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La red de acceso está formada por los bucles de abonado que unen los domicilios de los usuarios con su correspondiente central (central local). Hasta hace algunos años se ha considerado que sobre este bucle sólo se podían transmitir caudales de hasta 64 Kbps en la banda de frecuencias que va desde los 0 Hz hasta los 4 KHz. Es decir, que el bucle sólo servía para las comunicaciones de voz y la transmisión de datos en banda vocal mediante módem (desde los V.32 a 9,6 Kbps hasta los V.90 a 56 Kbps), y nada más. Por tanto, la red de acceso era el obstáculo que impedía a la red telefónica en su conjunto la evolución hacia servicios de banda ancha, como son los servicios multimedia: videoconferencia, distribución de vídeo, vídeo bajo demanda, transmisión de datos a gran velocidad, etc...

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

La asimetría de caudales del ADSL era y es idónea para el servicio al que inicialmente estaba destinado: la distribución de vídeo sobre el bucle de abonado. Pero el desarrollo de Internet, cuyo tráfico es también fuertemente asimétrico, siendo mucho mayor el caudal de información transmitido desde la red hacia el usuario que en sentido contrario, ha dado nuevos bríos al ADSL y todo ello con una ventaja adicional: se trata de una solución "always on-line", es decir, se dispone de esta capacidad de transmisión de forma permanente, al revés de lo que ocurre con los módems en banda vocal (los V.90, por ejemplo), en los que es necesaria una llamada telefónica para establecer la conexión.

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

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

La red de acceso deja de ser un obstáculo para el desarrollo de nuevos servicios y ofrece posibilidades insospechadas a aquellas empresas que sean capaces de ofrecer contenidos de todo tipo atractivos para el usuario. La introducción del ADSL implica una revolución en la red de acceso, y también supone un gran reto para el sector de las comunicaciones por el abanico de servicios que se pueden poner a l a l c a n c e d e l p ú b l i c o .

Hoy por hoy las redes de acceso han evolucionado tomando en cuenta que para el desarrollo y diseño de Planta Externa se han considerado nuevas tecnologías de acceso, las cuales bien pueden ser Tecnologías sobre par de cobre, Tecnologías sobre arquitecturas fibra/cobre o Tecnologías de acceso radioeléctrico f i j o o m ó v i l .

En el presente proyecto se tiene como objetivo principal el estudio y diseño de la reorganización de Red Primaria existente en Cumbayá en el sector de la Primavera III, reduciendo la red de cobre existente y a su vez incrementando red de fibra óptica, viéndonos inmersos en la evolución hacia las nuevas tecnologías de acceso, considerando para este proyecto la tecnología sobre arquitectura fibra /cobre, para lo cual se utilizarán nodos de acceso externos, con la finalidad de ofrecer además de los servicios de voz, servicios complementarios y mejorar la red actual satisfaciendo la Telecomunicaciones a Cumbayá en el sector La Primavera III, Ruta Real Alto, tomando en consideración ciertos factores que hacen indispensable este diseño explicados a continuación:

Existe un alto número de solicitudes de instalación de ADSL (banda ancha) rechazadas debido a la extremada longitud del lazo de cobre desde la Central de Cumbayá hacia los Distritos D20, D20A, D21 y los conjuntos habitacionales aledaños a estos distritos, que en algunos demanda existente en el sector.

A fin de conceptualizar de diferente manera la división del área de cobertura tradicional de una central telefónica a la cual pueden converger algunos distritos o armarios, analizando a su vez varios factores que pueden representar algunos problemas, uno de los cuales podría ser la extensa longitud de cable hacia el usuario final, provocando dificultad en el poder ofrecer nuevos servicios como datos y video por la resistencia de bucle que sería mayor a 1200 ohmios, por lo cual para dicha división de área de cobertura se colocarán equipos de alta tecnología llamados nodos de acceso remoto, para lograr descongestionar a los distritos que se

encuentran aledaños a dicho equipo redistribuyendo la red de cobre desde el equipo hacia la Central y satisfaciendo la demanda en el sector.

Antecedentes

ANDINATEL S.A., de acuerdo a su plan de mejoramiento realiza este proyecto para dotar con el servicio de casos están servidos con red directa o no lo están, la extremada longitud del lazo de cobre produce una alta resistencia de bucle de abonado sobrepasando los 1200 ohmios, razón por la cual no se puede ofrecer servicios de banda ancha.

La imposibilidad de ampliar la red de planta externa existente debido a la gran distancia que existe entre la central y los distritos en mención, que abarca un tramo superior a los 8 km, lo que representaría un alto costo por el cable de cobre y con el problema de tener una resistencia de bucle mayor a los 1200 ohmios que se requiere ir a .

Como último factor en el sector La Primavera III, existe gran demanda en lo que respecta a un mayor número de líneas telefónicas con respecto a las existentes así como también servicios complementarios .

Justificación e importancia

ANDINATEL S.A., siendo una empresa proveedora de servicios de Telecomunicaciones, se ve en la necesidad de reorganizar la Red Primaria existente para poder ofrecer servicios, no solo como el par telefónico, si no también datos y video.

Este proyecto se justifica por la razón de que en el sector de La Primavera III existe gran demanda en lo que respecta a nuevos servicios de Telecomunicaciones que con la red actual es imposible ofrecerlos, teniendo en consideración la competitividad que poseen otros proveedores de servicios en la actualidad.

La existencia de Red Telefónica escasa también provoca dificultad en la provisión de servicios tradicionales a nuevos clientes.

La Planta Externa de Telecomunicaciones, es el medio de enlace entre las Centrales Telefónicas y los CLIENTES, razón por la cual es de suma importancia a s e g u r a r l a c a l i d a d d e l a m i s m a .

La importancia de este proyecto se basa en poder ofrecer nuevos servicios de Telecomunicaciones, satisfacer la demanda del sector y crecer como empresa con nuevas Tecnologías siendo competitivos como proveedores de servicios.

Descripción del proyecto

El sector de La Primavera III se encuentra aproximadamente a 8 km de distancia de la Central Cumbayá, en dicho sector se prevé colocar un NAR (nodo de acceso remoto) para ofrecer servicios de voz datos y video, debido a la demanda existente en el sector y a la extrema longitud del lazo de cobre (resistencia de bucle de abonado).

En dicho sector se ha gestionado la entrega de un terreno para el NAR, el mismo que se encuentra legalizado, el cual tiene una dimensión de 9m² y fue otorgado en comodato por la Urbanización Real Alto desde el cual se redistribuirá la red primaria a los distritos D20, D20A, D21 y conjuntos aledaños.

Se realizará el levantamiento de Red Primaria, Canalización y Armarios para tener una visión general de cuantos usuarios tienen servicio en la actualidad, a fin de proyectar y definir la capacidad del equipo (NAR) a instalar.

Contenido de los capítulos

El primer capítulo trata de sobre generalidades de las nuevas Tecnologías de acceso, una de las cuales se pretende utilizar, también el objetivo principal a alcanzar en este proyecto dando a conocer las necesidades de los clientes, además de presentar los antecedentes, justificación, importancia, descripción del proyecto y contenidos de los capítulos a tratar.

En el segundo capítulo se explican los conceptos generales de Planta Externa y su estructura, también se describen las tecnologías xDSL con sus principales características, además se exponen los principios generales sobre Fibra Óptica, su

clasificación, tipos de cables ópticos, conectores ópticos y generalidades sobre los servicios de VoIP, VOD e IPTV.

En el tercer capítulo se realiza el levantamiento de canalización, el mismo que consiste en verificar la existencia de vías libres a lo largo de toda la canalización que abarca los distritos que se tomaran en consideración para la reorganización de la red primaria, así como también para el enlace de fibra óptica desde el equipo hasta la central, además se realiza el levantamiento de la red primaria existente, verificando a que regletas del distribuidor corresponden las acometidas de los diferentes distritos y así poder hacer una determinación de dicha red.

Finalmente se presenta el estudio de la demanda, el mismo que será realizado conjuntamente con la Zona Integral de Tumbaco a la que pertenece la central de Cumbayá y el área de negocios, además se realiza la proyección de pares primarios con un incremento anual del 3% a 10 años.

En el cuarto capítulo nos enfocamos al diseño tanto de red primaria como al enrutamiento de fibra óptica, el cual consiste en reorganizar los cables que vienen desde la central hacia los distritos considerados, llevándolos hacia el equipo y desde éste realizar el diseño de distribución de red hacia los distritos, tomando en consideración los conjuntos que no se encuentran con servicio telefónico.

En lo que respecta al enrutamiento de red de fibra óptica se sangrará de la fibra óptica que va al limonar una fibra de seis hilos y se la llevará hasta el Conjunto Real Alto desde donde se pretende redistribuir la red primaria.

En este capítulo también se habla acerca de las especificaciones técnicas del equipo a colocar, dependiendo de la demanda actual y a futuro en el sector.

En el quinto capítulo se determinará la información sobre los flujos de efectivo que se necesitan para tomar decisiones referentes al presupuesto de gastos de capital con la finalidad de mostrar la rentabilidad del proyecto, por lo cual se analizará métodos alternativos para su evaluación, siendo éstos: el TIR (*tasa interna de rendimiento*), y el VAN (*valor actual neto*).

Estos métodos consideran la magnitud y la oportunidad de los flujos esperados de efectivo en cada etapa de la vida del proyecto ya que permite mediante la selección de descuento determinar el riesgo del mismo.

Su cálculo será realizado en el Microsoft Excel que permitirá la elaboración del trabajo con muchas facilidades, en donde se explicará el rendimiento del proyecto a través de los flujos de fondos y obtención de los indicadores de rentabilidad Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN)

En el sexto capítulo se establecerá tanto las conclusiones del proyecto como las recomendaciones del mismo, con un solo propósito, el de generar una mayor aceptación de lo presentado, detallando el por qué de su importancia y sobre todo el gran valor a futuro que tiene para la empresa y principalmente para el desarrollo social.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 PLANTA EXTERNA

2.1.1. Introducción

La Planta Externa de Telecomunicaciones, es el medio de enlace entre las Centrales Telefónicas y los Clientes, por lo cual es de vital importancia asegurar la Calidad de la misma.

La red telefónica opera en medio de un ambiente hostil, con múltiples agentes extraños y fuentes animadas que influyen en el equilibrio eléctrico, continuidad y estabilidad para la cual fue creada, problemas como humedad, altas y bajas temperaturas, agentes químicos en el aire y la tierra, influencias eléctricas y electromagnéticas de todo tipo, nos exigen ceñirnos a las experiencias y procedimientos en el diseño del proyecto, construcción y mantención de una red para voz, datos y video.

Hoy por hoy, la planta externa recobra una mayor trascendencia, dado que al ser el medio de acceso no solo a la telefonía pública, sino también a datos, ésta requiere de una mejor protección, debido a las Tecnologías de nueva Generación que se usan actualmente.

2.1.2. Conceptos Generales

Configuración de la Red de Planta Externa

Distribuidor o Repartidor General

Punto intermedio entre los Armarios de Distrito y la Central Telefónica, a este punto llegan las líneas de abonados y permite conectar hacia los equipos de conmutación, mediante regletas verticales, de las cuales salen cables de conexión (KKX) que se conectarán a un empalme terminal de botella y de allí hacia los armarios, en cambio mediante regletas horizontales conecta a los equipos de la Central con los abonados. El distribuidor cumple con las siguientes funciones:

- **Función de mezclado.-** conectar las líneas de abonados a los equipos de conmutación (ejemplo realización de instalaciones o traslados)
- **Función de protección.-** evitan entrada de sobre tensiones causados por rayos o líneas de energía eléctrica, mediante fusibles y descargadores hacia equipos de conmutación.
- **Función de corte y prueba.-** permiten la inserción en las líneas para operación, gestión y mantenimiento

Red Primaria

La Red Primaria es aquella que une a la central con los armarios de distribución de distrito, generalmente van por canalización en ductos de PVC, está constituido por cables (primarios) que parten de la central y se dividen hacia los armarios de distribución.

Distritos

Se denomina Distritos a las zonas que en función al diseño de red se divide a una ciudad geográficamente. Cabe destacar que cada zona tiene su armario de distribución.

Armarios de Distribución

Los Armarios de Distribución son el punto de interconexión entre los cables de red primaria y secundaria por medio de bloques de conexión de 50 o 100 pares, los mismos que permiten de forma independiente realizar las ampliaciones tanto de red primaria como secundaria, dichas ampliaciones obedecen a leyes diferentes desde sus respectivos bloques de conexión y se unen mediante cables de cruzada llamados puentes. Los armarios se encuentran ubicados en sitios estratégicos en el distrito y son un punto de corte sobre las líneas de abonados para la localización inmediata de averías hacia los dos puntos tanto primario como secundario.

Red Secundaria

La Red Secundaria es aquella mediante la cual se une un armario y los diferentes puntos de distribución y está constituida por bloques de conexión, cables aéreos o subterráneos y cajas de distribución en su orden.

Caja de Distribución

La Caja de Distribución es el punto de conexión entre la red secundaria y las líneas individuales de cada abonado, además constituyen puntos de corte para labores de operación y mantenimiento.

Las Cajas de Distribución pueden ser auto-protegidas o no y generalmente son de 10 o 20 pares, para el caso de edificios se conocen como Cajas de Distribución Principal (CDP).

Líneas de Conexión

Son los cables que van desde la caja de distribución hacia el aparato telefónico. Esta se divide en dos tramos, hasta un punto de conexión y luego continúa con un cable tipo interior en casa del abonado terminando en un conector, placa o roseta.

Resumen e Identificación de Elementos de la Red de Planta Externa.

- Repartidor o distribuidor principal (regletas)
- Armarios o sub-repartidores (bloques)
- Cajas de distribución
- Datos que identifican un enlace (líneas dedicadas, números telefónicos)

Elementos de Planta Externa

Los elementos que constituyen la planta externa, es todo el soporte necesario para identificar, sustentar y proteger el medio de transmisión, estos elementos se dividen en tres partes

Canalización

La canalización es la infraestructura que conecta la sala del distribuidor general con los armarios de sub-distribución, posibilitando la instalación de cables primarios y secundarios de alta, mediana y baja capacidad y a fin de eludir obstáculos como gradas, puentes, quebradas, autopistas etc. Los tramos de canalización se interconectan por medio de pozos.

Elementos de la red primaria

Bloques.

En los armarios se utilizarán bloques de inserción de corte y conexión de 100 pares con desplazamiento de aislamiento.

Empalmes.

Para la realización de empalmes mayores o iguales a 200 pares se utilizarán módulos de conexión de 25 pares con desplazamiento de aislamiento, rellenos de gelatina de petróleo.

Identificación de la Red Primaria.

La identificación de las rutas de cable primario debe seguir un orden secuencial, por tanto se deberá verificar el número de la última ruta en el sótano de cables para hacer constar en el proyecto.

Se debe mantener una numeración consecutiva de las regletas en el armario, y en la medida de lo posible deberá ser alimentado por un mismo cable.

La codificación para la numeración de armarios será en base a cinco dígitos, los dos primeros corresponderán al central, concentrador o nodo al cual pertenecen y los tres restantes corresponderán al número mismo del armario, tratando de conservar siempre un orden ascendente.

Elementos de la Red Secundaria.

Bloques.

En los armarios se utilizarán bloques de conexión de 50 o 100 pares, de inserción con desplazamiento de aislamiento.

Empalmes.

Para la ejecución de los empalmes se considerará tres posibles configuraciones:

1. Empalme directo (una entrada y una salida)
2. Empalme derivado (una entrada y varias salidas)
 - Empalmes mecánicos de 150 y 200 pares, hasta 2 entradas x 3 salidas.
 - Empalmes mecánicos hasta 100 pares, 1 entrada 3 salidas
3. Empalme Ventana (derivación o “sangrado” desde un punto del cable que pasa directamente sin cambio de capacidad).

La continuidad de los hilos en los empalmes se realizará con conectores unipolares con desplazamiento de aislamiento.

Cables.

Las capacidades de los cables para la red secundaria serán:

- Para cables canalizados no podrá exceder de 200 pares.
- Para cables aéreos no podrá exceder de 150 pares en 0.4 mm y 100 pares en 0.5 ó 0.6 mm.
- Para cables adosados no podrá exceder de 100 pares en 0.4 mm.

Herrajes en Postes.

Se utilizará herrajes de suspensión y de retención para el tendido de cables, definiéndose de esta manera estructuras tipo: suspensión S, retención R y 2R, retención con caja RC y 2RC. No se cortará el mensajero del cable en todo su recorrido.

Cajas de Distribución.

En los centros de las zonas de influencia se usarán cajas de distribución de 10 pares, o excepcionalmente de 20 pares, y se instalarán en postes en caso de red aérea, en las fachadas de las edificaciones en caso de red adosada y en minipostes en redes subterráneas.

Postes y Tensores.

De ser necesario, se proyectara la colocación de postes, sean éstos de madera tratada o de hormigón armado. La elección del tipo de poste dependerá del lugar en el cual vaya ser emplazado, así, en el área rural y en sitios donde el acceso es difícil se usará postes de madera tratada y en el área urbana en sitios donde se deban colocar postes intermedios dentro de una red eléctrica, se usarán postes de hormigón armado.

Tabla. 2.1. Relación entre la distancia y la capacidad del cable

Capacidad del cable	Distancia entre postes
10 - 100 pares, 0.4 mm	40 - 60 m
150 pares, 0.4 mm	35 - 40 m
10 - 20 pares, 0.6 mm	50 - 60 m
30 pares 0.6 mm en adelante	40 - 50 m

Las distancias de seguridad verticales dependerán de la topología del terreno, sin embargo deberá respetarse las siguientes distancias mínimas: 6 metros sobre el nivel de carretera, 5 metros sobre el nivel de acera y 7,5 por encima carreteras de alto tráfico.

Identificación de la Red Secundaria.

Se realizara en grupos de 50 pares signados con una letra del alfabeto, este grupo a su vez se subdivide en 5 grupos de 10 pares. Cada grupo de 10 pares adopta un código alfanumérico, en el cual la letra dependerá del grupo principal de 50 pares, así; A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2 etc.

La identificación de las cajas será desde la periferia del distrito hacia el armario en forma ascendente, o sea, la primera caja de 10 pares del grupo será la más lejana del armario y corresponderá a la número 1.

Sistemas de Puesta a Tierra.

Para reducir el nivel de ruido y proteger la red contra descargas eléctricas se instalará sistemas de puesta a tierra en cada armario y a lo largo de todas las rutas tanto primarias como secundarias, en base a las siguientes consideraciones:

En Zonas Urbanas.

En redes telefónicas instaladas sobre postiería de baja tensión se instalará un sistema de puesta a tierra cada 500 m. o al final de cada tramo inferior a 500 m.

1. En redes telefónicas instaladas sobre postiería de media y alta tensión se instalará un sistema de puesta a tierra cada 300 m o al final de cada tramo inferior a 300 m.
2. En caso de ramales de longitud inferior a los 200 m se considerara únicamente el sistema de puesta a tierra existente en el armario.

En Zonas Rurales.

En redes telefónicas instaladas sobre postiería de baja tensión se instalará un sistema de puesta a tierra cada 1000 m o al final de cada tramo inferior a 1000 m.

En redes telefónicas instaladas sobre postiería de media y alta tensión se instalará un sistema de puesta a tierra cada 500 m o al final de cada tramo inferior a 500 m.

En caso de ramales de longitud inferior a los 300 m se considerara únicamente el sistema de puesta a tierra del armario.

Se deberá conectar al sistema de puesta a tierra, las pantallas de los cables, cajas de distribución, armarios y el mensajero de todos los cables aéreos.

Cruces Aéreos.

En las intersecciones de calles donde se distribuyan cables en diferentes direcciones y los postes no permitan hacer un tendido adecuado de la red, se deberá realizar un cruce aéreo, evitando de esta manera pasar los cables por encima de propiedades, cerramientos y/o edificaciones.

Por estética no es conveniente realizar los cruces de los cables en forma diagonal, sino mas bien formando ángulos rectos.

Líneas de Abonados.

Son cables bifilares que conectan el terminal del abonado con la caja de distribución de la Red Secundaria.

En función de los servicios a ofrecer se deberá elegir entre los siguientes tipos de cables:

Para servicios de voz únicamente, se utilizará cable 2x20 AWG sin apantallamiento, paralelo o entorchado. En presencia de altos niveles de ruido se deberá utilizar cable de acometida con apantallamiento.

Para servicios de datos a altas velocidades (128 Kbps), se utilizaran cables de acometida de 2 pares 0.5 mm (2x24 AWG) con apantallamiento. Desde una caja de distribución en poste se utilizará cable de acometida de 2 pares con mensajero hasta

la regleta interna en edificio y desde ésta se utilizará cable de acometida de 2 pares sin mensajero.

Por efectos de mantenimiento, seguridad y estética, la longitud máxima de una línea de abonado no podrá exceder de:

- 100 metros en zona urbana.
- 200 metros en zona sub-urbana
- 300 metros en zona rural.

En general, la longitud de una línea de abonado no deberá modificar los cálculos previos de atenuación realizados en base al Plan Fundamental de Transmisión.

No se instalará desde una misma caja de distribución y en la misma dirección, más de 6 líneas de abonado, si este es el caso, se deberá instalar una nueva caja de distribución tratando de conservar siempre una distribución radial y uniforme alrededor de la caja.

No se deberá cruzar una vía principal o carretera de alto tráfico con cables de acometida, en este caso se deberá instalar un cable secundario aéreo o subterráneo y habilitar una caja de distribución.

Redes de Planta Externa

Redes de Planta Externa son las redes de cables que permiten las comunicaciones dentro de un área determinada de un País o a escala Internacional, se pueden clasificar y seleccionar en varias redes superpuestas, denominadas:

- a) Red telefónica urbana.
- b) Red telefónica urbana Internacional.
- c) Red telefónica de servicio.
- d) Red para el servicio de fax, télex, líneas privadas etc.
- e) Red para interconectar servicios de televisión.
- f) Red para la interconexión de las radiodifusión entre sí o entre centros de plantas transmisoras.
- g) Red de servicios especiales, video conferencias, Internet , información de datos internacional

Estructura de las Redes de Telecomunicaciones

Las redes de telecomunicaciones han tenido un desarrollo notable en el tiempo lo que ha permitido aprovechar al máximo los recurso de transmisión de señales, a

continuación veremos como se han ido modificando los diferentes sistemas de red de abonados con el correr del tiempo.

Red Directa Entre Abonados:

Este sistema fue el primero en ser usado en las telefónicas a principios de siglo. Consistía en la unión de cada abonado con todos los demás abonados de la red, la forma de comunicarse entre si era por medio de un selector el cual conectaba el abonado con el requerido, alimentado por medio de una batería de larga duración en cada teléfono.

Red Múltiple o Monocéntrica.

Este sistema consiste en concentrar todas los cables en un repartidor principal para luego distribuir las comunicaciones por medio de cables a los diferentes abonados.

En la medida que el área aumenta su densidad se extiende en demasía y se presentan problemas para las necesidades de la Central, por el aumento de la resistencia óhmica de la línea y la atenuación en los pares.

La comunicación es realizada por medio de operadora, la cual reciben la llamada a través de batería Central o Magneto desde el mismo abonado. Este tipo de red aun es utilizada en algunos lugares del mundo sin embargo por su elevado costo de líneas y personal está en extinción.

Red Múltiple o Policéntrica:

Este sistema consiste en disminuir la longitud de los cables y la capacidad de la central e interconectar por medio de cables troncales o de enlace todas las centrales entre sí.

Actualmente las redes telefónicas requieren de sofisticados sistemas en su mantención y construcción debido a que los pares no solo son usados en la transmisión de bajas frecuencias, sino que son capaces de transportar una amplia gama de otros sistemas, como transmisión de datos, video, fax, Internet, etc.

2.2. TECNOLOGÍA xDSL

2.2.1. Introducción

Las siglas xDSL denotan cualquier tecnología de la familia DSL, que a su vez significa “Digital Subscriber Line” o Línea de Abonado Digital. Esta es una técnica por la cual se emplea el cable de pares telefónico (el mismo que se usa para las comunicaciones telefónicas de voz ordinarias) como canal de banda ancha, para así proporcionar una transmisión de datos de alta capacidad y full-duplex.

Los modems tradicionales pueden alcanzar una velocidad de transmisión teórica de hasta unos 56 kbps, aproximadamente, sobre una línea telefónica estándar. Esta velocidad es difícilmente mejorable teniendo en cuenta que el ancho de banda utilizado por estos modems es de menos de 4 kHz. La pregunta es ¿Cómo pueden entonces lograrse velocidades de hasta varios Mbps con la tecnología xDSL?

El canal telefónico tiene usualmente, como acabamos de decir, un ancho de banda de unos 4 KHz. Pero ello no es una característica propia del canal, sino que se debe a la presencia de unas bobinas, denominadas bobinas de carga, en el bucle de abonado (es decir, en el par metálico que enlaza la sede o domicilio del cliente con su correspondiente central telefónica, cuya longitud oscila entre unos centenares de metros y unos seis kilómetros). La instalación de estas bobinas se debió originalmente al siguiente motivo:

La condición de Heaviside nos da la condición de mínima atenuación en una línea de transmisión metálica. Esa condición no se puede cumplir en la práctica con los valores habituales de los parámetros primarios de un cable de pares. Sin embargo, es posible aumentar externamente el valor de la inductancia, y así acercarse al cumplimiento de la condición de Heaviside, mediante la instalación de las mencionadas bobinas de carga, las cuales se colocan de forma equitativamente espaciada en la línea, la cual es denominada en ese caso línea cargada.

La presencia de estas bobinas tiene un “efecto secundario”: actúan además como un filtro pasabajos, el cual, precisamente, establece la limitación en el ancho de banda del canal telefónico. Esta limitación no era importante hasta hace unos años, puesto que 4 kHz es más que suficiente para transportar una comunicación vocal. Sin embargo, la creciente demanda de ancho de banda debida al auge de Internet ha cambiado el panorama por completo.

La solución parece entonces obvia: si eliminamos las bobinas de carga, el ancho de banda crece. Podemos plantear el inconveniente de que en ese caso también crece la atenuación al alejarnos de la condición de Heaviside, pero, como veremos, en la actualidad existen técnicas modernas de procesado de señal que permiten un tratamiento eficaz de este problema, que ya no es tan crítico como antaño, cuando se instalaban las bobinas.

Pese a todo, siempre existen límites, así que no todos los bucles de abonado son capaces de soportar xDSL. En efecto, si la longitud del bucle es muy grande, el incremento de la atenuación puede impedir que se logre una transmisión medianamente fiable sobre la línea.

En cualquier caso, como vemos, la terminología “línea xDSL”, ampliamente usada, es incorrecta. La línea no cambia, puesto que la eliminación de las bobinas de carga no significa una modificación del medio de transmisión utilizado. Lo que verdaderamente cambia es la forma de trabajar con dicha línea, es decir, los modems. Así, cuando una compañía dice que instala “líneas xDSL”, lo que realmente instala son modems xDSL.

2.2.2. Definición

xDSL es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayores velocidades, que las que se obtienen actualmente vía modem, simplemente utilizando las líneas telefónicas convencionales.

Puesto que la red telefónica también tiene grandes limitaciones, tales como la de que su ancho de banda tan solo llega a los 4Khz, no permite el transporte de aplicaciones que requieran mayor amplitud de banda, nace la tecnología DSL (Digital Subscriber Line), que soporta un gran ancho de banda con unos costes de inversión relativamente bajos y que trabaja sobre la red telefónica ya existente, y que convierte la línea analógica convencional en una línea digital de alta velocidad.

Son unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red telefonica pública (circuitos locales de cable de cobre) sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, que soportan un gran ancho de banda entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red, que permiten un flujo de

información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

xDSL es una tecnología en la que se necesita un dispositivo módem xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre, que acepte flujo de datos en formato digital y lo superponga a una señal analógica de alta velocidad.

2.2.3. Medios Físicos

El factor común de todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. A pesar que entre ellas pueden existir solapamientos funcionales, todo parece indicar que su coexistencia está asegurada, lo cual obligará a los proveedores de estos servicios a decantarse por una u otra según el tipo de aplicación que se decidan a ofrecer. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones.

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

- Longitud de la línea de Cobre.
- El calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mms).
- La presencia de derivaciones puenteadas.
- La interferencia de acoplamientos cruzados.

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo. Así por ejemplo, ignorando las derivaciones puenteadas, ADSL verifica:

- Velocidades de datos de 1,5 ó 2 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (American Wire Gauge, especificación de diámetro de hilos; a menor número de AWG le corresponde un mayor diámetro del hilo) (es decir, 0,5 mm), distancia 5,5 Km
- Velocidades de datos de 1,5 ó 2Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 4,6 Km.
- Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (es decir, 0,5 mm), distancia 3,7 Km.
- Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 2,7 Km., etc.

Muchas aplicaciones previstas para ADSL suponen vídeo digital comprimido. Como señal en tiempo real, el vídeo digital no puede utilizar los procedimientos de control de errores de nivel de red ó de enlace comúnmente encontrados en los Sistemas de Comunicaciones de Datos. Los módem ADSL por tanto incorporan mecanismos FEC (Forward Error Correction) de corrección de errores sin retransmisión (codificación Reed Soloman) que reducen de forma importante los errores causados por el ruido impulsivo. La corrección de errores símbolo a símbolo también reduce los errores causados por el ruido continuo acoplado en una línea.

Si nos fijamos en las tecnologías basadas en la infraestructura existente encontramos:

Red telefónica de cobre + ADSL (Linea de abonado Digital Asimétrica) : Dos módems ADSL a cada lado de la línea telefónica (nodo de conexión, abonado), utilizando la banda completa de línea de cobre, restringida a la voz por medio de un método de codificación digital específico.

Pero si nos fijamos en tecnologías que utilizan o utilizarán nuevas infraestructuras tenemos:

Red híbrida: fibra óptica + ADSL/VDSL : Fibra desde el nodo de conexión hasta la acera o el edificio, y acceso final al hogar proporcionado por línea telefónica de cobre junto con módem ADSL o VDSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica o de muy alta velocidad)

2.2.4. Modulación

Las tres técnicas de modulación usadas actualmente para xDSL son 2B1Q (2 Bit, 1 Quaternary), "carrier-less amplitude phase modulation" (CAP) y "discrete multitone modulation" (DMT).

En general, el rango máximo para DSL sin los repetidores es 5.5 Km. (18,000 pies). El cable de medida 24 consigue llevar tasas de datos más lejos que de medida 26.

2B1Q

Una secuencia de dos bits se transmite como un pulso de señal de cuatro niveles. 2B1Q es un tipo de codificación de línea, en la cual, pares de bits binarios son codificados de 1 a 4 niveles para la transmisión (por tanto 2 binarios/1 cuaternario). Será utilizada, exclusivamente, en la tecnología IDSL.

CAP

La modulación Carrierless amplitude and phase (CAP) es un estándar de implementación propiedad de Globespan Semiconductor. Mientras el nombre especifica que la modulación es "carrierless" una portadora actual es impuesta por la banda trasmisora formando un filtro a través del cual los símbolos fuera de los límites son filtrados. Por eso CAP es algorítmicamente idéntico a QAM.

El receptor de QAM necesita una señal de entrada que tenga la misma relación entre espectro y fase que la señal transmitida. Las líneas telefónicas instaladas no garantizan esta calidad en la recepción, así pues, una implementación QAM para el uso de xDSL tiene que incluir equalizadores adaptativos que puedan medir las características de la línea y compensar la distorsión introducida por el par trenzado.

CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime, puesto que no aporta ninguna información ("carrierless"). La onda transmitida es la generada al pasar cada uno de estos segmentos por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de $\pi / 2$ ("quadrature"). En recepción se reensamblan los segmentos y la portadora, volviendo a obtener la señal modulada. De este modo, obtenemos la misma forma del espectro que con QAM, siendo CAP más eficiente que QAM en implementaciones digitales.

Una ventaja de CAP que afirma tener es unos picos de voltaje relativos por término medio más bajos que DTM. Esto quiere decir que los emisores y receptores pueden operar a más bajo voltaje que DMT porque no requieren tener la capacidad de la señal de pico que es requerida en un circuito DMT.

DMT

La modulación DMT es un método por medio del cual el rango de frecuencias usadas es separado en 256 bandas de frecuencias (o canales) de 4.3125 KHz cada uno. Esto está relacionado con el algoritmo FFT (Fast Fourier Transform, Transformación de Fourier rápida) el cual usa DMT como modulador y demodulador.

FFT no es perfecto en la separación de frecuencias en bandas individuales, pero es suficiente, y esto genera un espectro suficientemente separable en el receptor.

Dividiendo el espectro de frecuencias en múltiples canales DMT se considera que funciona mejor con la presencia de una fuente de interferencias tales como transmisores de radio AM. Con esto también es capaz de transmitir voltajes sobre las porciones de los espectros, lo que es aprovechado para enviar datos.

Los principales inconvenientes de esta modulación son:

- El uso de la transformada de Fourier que, al introducir armónicos adicionales que no transportan información, consumen potencia y ancho de banda innecesarios
- Su elevado coste
- Su gran complejidad

Tiene como ventaja el estar estandarizada por ANSI, ETSI e ITU.

Mientras DMT marcha lentamente a iniciarse en el mercado, se espera que domine por dos razones: es mejor por razones técnicas y hay un estandar ANSI detrás de ella (sin mencionar el soporte de Intel/Microsoft).

2.2.5. Técnicas Xdsl

Hay varias tecnologías xDSL, cada diseño especifica fines y necesidades de venta de mercado. Algunas formas de xDSL son propiedad, otras son simplemente modelos teóricos y otras son usadas como estándar.

ADSL

Es una tecnología de módem que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas. ADSL 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.

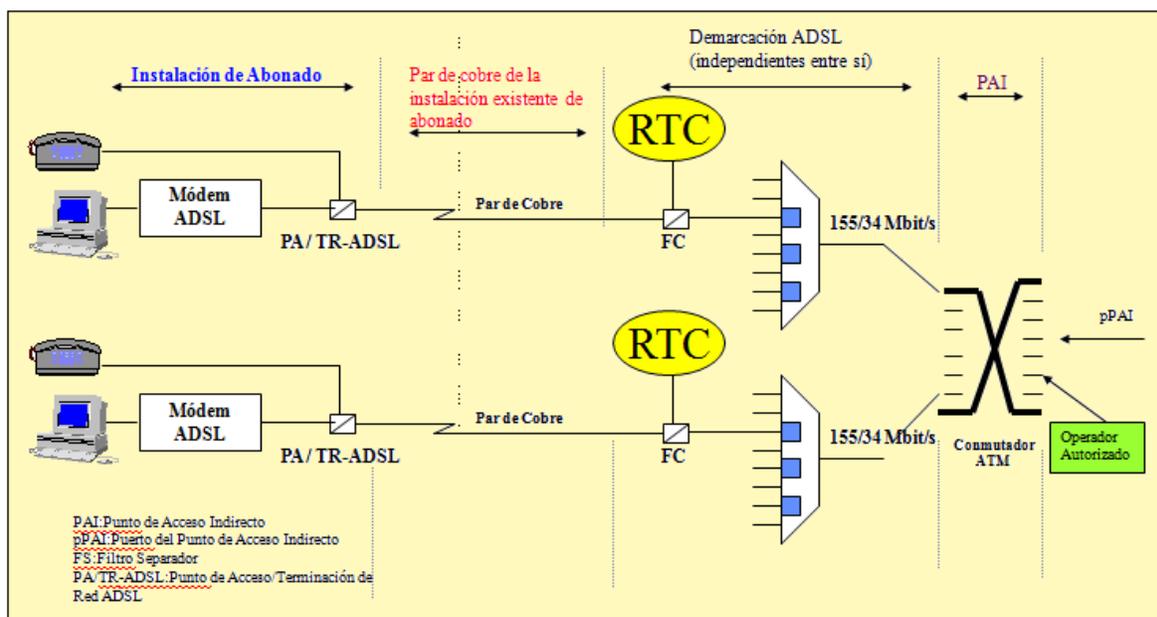


Figura. 2.1. Arquitectura de ADSL

RADSL

Se ajusta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea. Funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud. La velocidad final de conexión utilizando esta variante de ADSL puede seleccionarse cuando la

línea se sincroniza, durante la conexión o como resultado de una señal procedente de la central telefónica.

Esta variante, utiliza la modulación CAP. El sistema de FlexCap2 de Westell usa RADSL para entregar de 640 Kbps a 2.2 Mbps downstream y de 272 Kbps a 1.088 Mbps upstream sobre una línea existente.

VDSL

La modalidad VDSL 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 idónea 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. Es la tecnología que permite la transmisión de datos en un cierto estilo, sobre algún medio físico. El medio físico utilizado es independiente de VDSL. Una posibilidad es utilizar la infraestructura existente de cableado local.

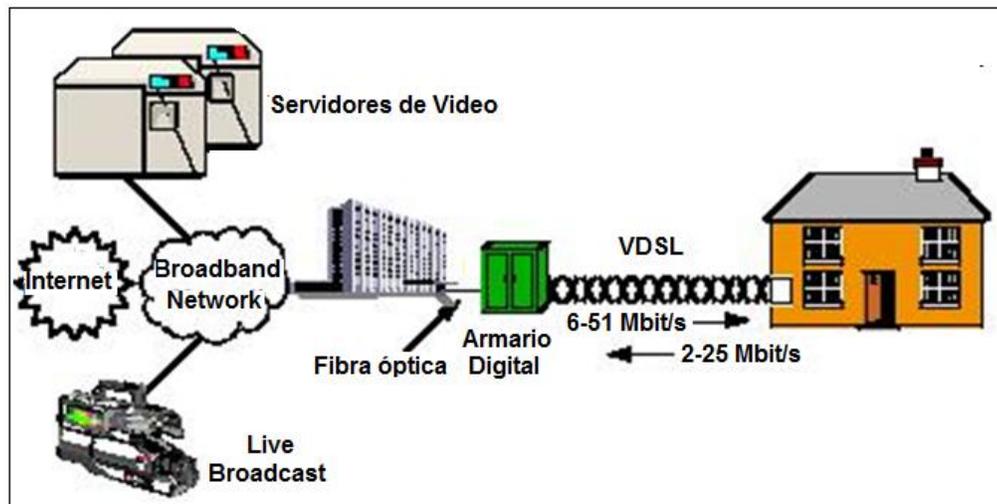


Figura 2.2. Aruitectura VDSL

HDSL

La tecnología HDSL es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa será la misma. Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en grandes fábricas donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro.

La velocidad que puede llegar a alcanzar es de 2,048 Mbps (full duplex) utilizando dos pares de cobre, aunque la distancia de 4.500 metros que necesita es algo menor a la de ADSL, utilizando la la modulación por amplitud de pulso 2B1Q. Las compañías telefónicas han encontrado en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio - fibra óptica, utilizadas en Norteamérica y en Europa y Latino America, respectivamente.

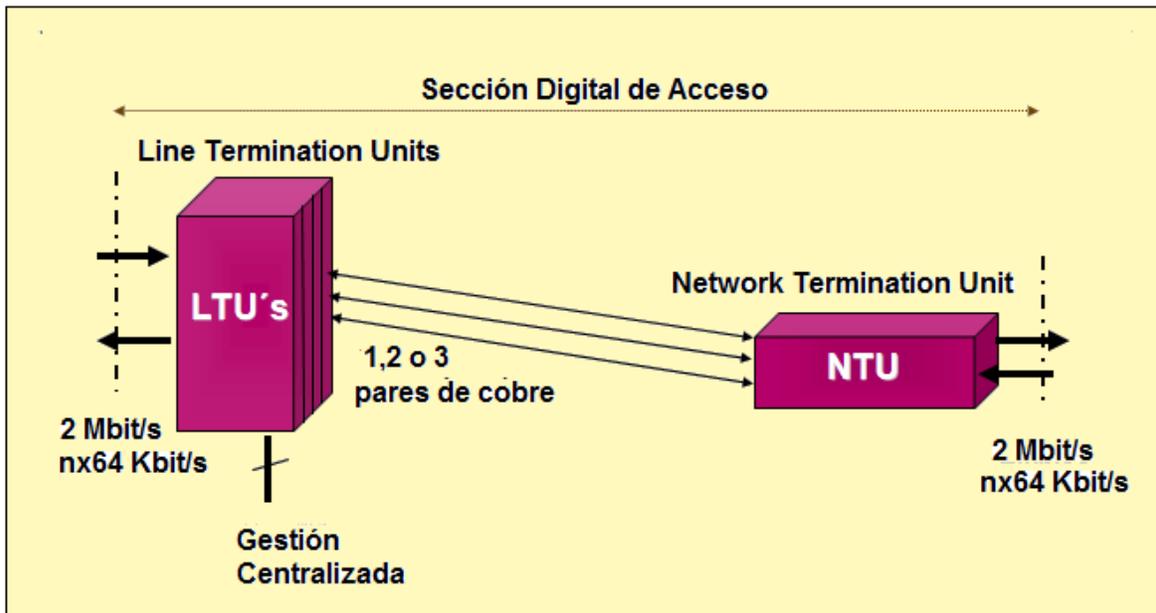


Figura 2.3. Modem HDSL

Tabla 2.2. Codigos de línea para HDSL

CODIGO DE LINEA	1 PAR	2 PARES	3 PARES
2B1Q	2,320 Mbit/s (0Hz - 485KHz)	1,168 Mbit/s /PAR (0Hz - 292Khz)	784 Kbit/s /PAR (0Hz - 196KHz)
CAP	2,320 Mbit/s (33Khz - 419KHz)	1,168 Mbit/s /PAR (21,5KHz - 255Khz)	

HDSL está enfocado principalmente hacia usos empresariales (interconexión de nodos proveedores de Internet, redes privadas de datos, enlaces entre centralitas, etc) más que hacia el usuario (cuyas necesidades se verán mejor cubiertas por las tecnologías ADSL y SDSL).

Una de las principales aplicaciones de HDSL es el acceso de última milla a costo razonable a redes de transporte digital para RDI, redes satelitales y del tipo Frame Relay.

La tecnología HDSL tiene cabida en las comunicaciones de redes públicas y privadas también. Cada empresa puede tener requerimientos diferentes, orientados al uso de líneas privadas de fácil acceso y obtención para que con productos de tecnología HDSL se puedan obtener soluciones de bajo costo y alta efectividad.

HDSL2 O SHDSL

High Bit-rate Digital Subscriber Line 2 está diseñada para transportar señales T1 a 1.544 Mb/s sobre un simple par de cobre. HDSL2 usa: overlapped phase Trellis-code interlocked spectrum (OPTIS). (espectro de interbloqueo de código Trellis de fases solapadas).

Ofrece los mismos 2.048 Mbps de ancho de banda como solución a los tradicionales 4 cables de HDSL, con la ventaja de requerir solamente un simple par de cobre.

HDSL2 espera aplicarse en Norte América solamente, ya que algunos vendedores han optado por construir una especificación universal de G.shdsl.

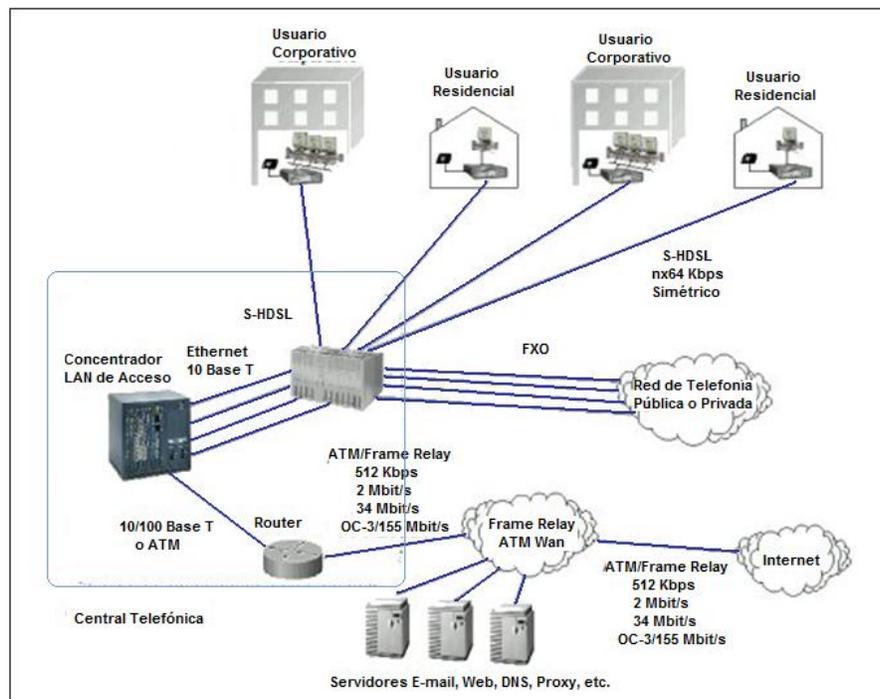


Figura 2.4. Esquema S-HDSL

SDSL

Es muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero con dos particularidades: utiliza un solo par de cobre y tiene un alcance máximo de 3.048 metros. Dentro de esta distancia será posible mantener una velocidad similar a HDSL.

Esta tecnología provee el mismo ancho de banda en ambas direcciones, tanto para subir y bajar datos; es decir que independientemente de que estés cargando o descargando información de la Web, se tiene el mismo rendimiento de excelente calidad. SDSL brinda velocidades de transmisión entre un rango de T1/E1, de hasta 1,5 Mbps, y a una distancia máxima de 3.700 m a 5.500 desde la oficina central, a través de un único par de cables. Este tipo de conexión es ideal para las empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos a la Web.

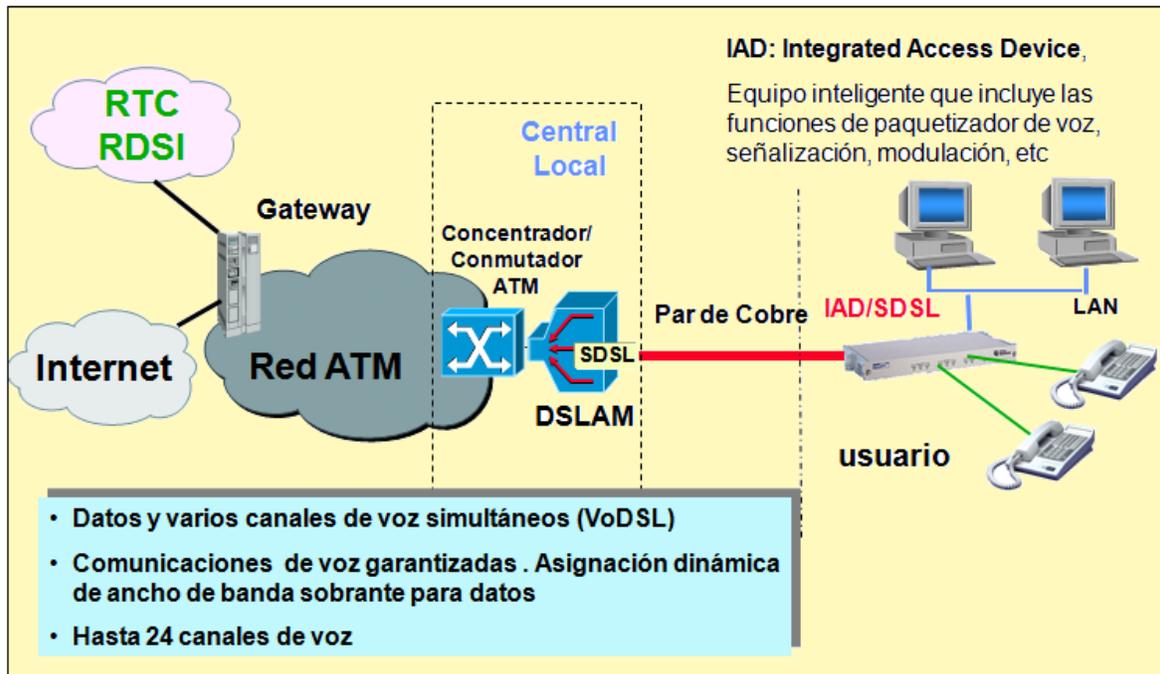


Figura. 2.5. Esquema SDCL

2.3. FIBRA ÓPTICA

2.3.1. Principios Generales

El Sistema de fibras ópticas funciona enviando información por medio de rayos de luz. Para esto se compone de un Dispositivo Fotoemisor que convierte los impulsos eléctricos en rayos de luz, un canal óptico por donde la luz transita un Dispositivo Fotodetector que vuelve a transformar la señal luminosa en impulsos eléctricos.

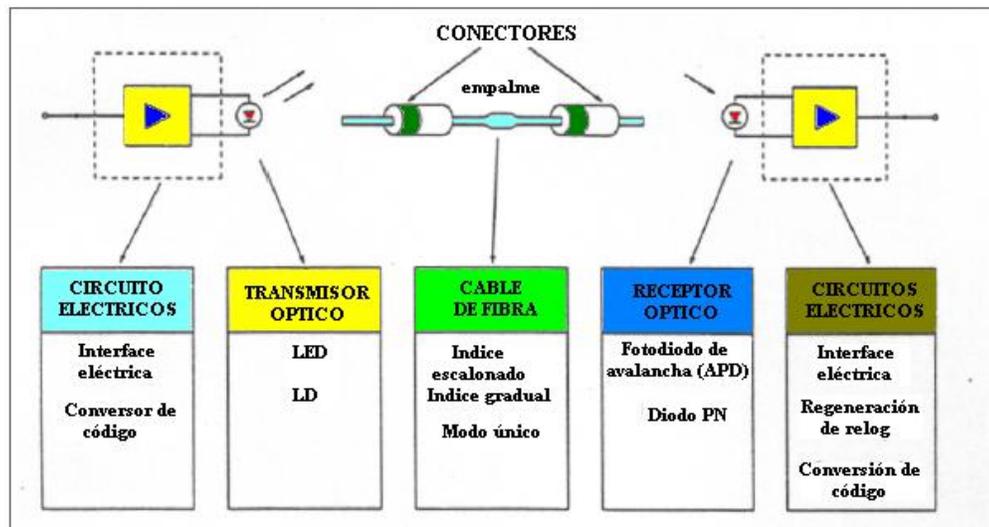


Figura. 2.6. Enlace de fibra óptica

2.3.2. Tipos de Fibra Óptica

Básicamente, existen dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo. La fibra óptica multimodo es adecuada para distancias cortas, como por ejemplo redes LAN o sistemas de videovigilancia, mientras que la fibra óptica monomodo está diseñada para sistemas de comunicaciones ópticas de larga distancia.

Fibra óptica multimodo

Este tipo de fibra fue el primero en fabricarse y comercializarse. Su nombre proviene del hecho de que transporta múltiples modos de forma simultánea, ya que este tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras monomodo. El número de modos que se propagan por una fibra óptica depende de su apertura numérica o cono de aceptación de rayos de luz a la entrada.

El mayor diámetro del núcleo facilita el acoplamiento de la fibra, pero su principal inconveniente es que tiene un ancho de banda reducido como consecuencia de la dispersión modal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos de estas fibras son 50/125 y 62,5/125 μm .

Existen dos tipos de fibra óptica multimodo: de salto de índice o de índice gradual. En el primer caso, existe una discontinuidad de índices de refracción entre el núcleo ($n_1 = \text{cte}$) y la cubierta o revestimiento de la fibra ($n_2 = \text{cte}$). Por el contrario, en el segundo caso la variación del índice es gradual. Esto permite que en las fibras multimodo de índice gradual los rayos de luz viajen a distinta velocidad, de tal modo que aquellos que recorran mayor distancia se propaguen más rápido, reduciéndose la dispersión temporal a la salida de la fibra.

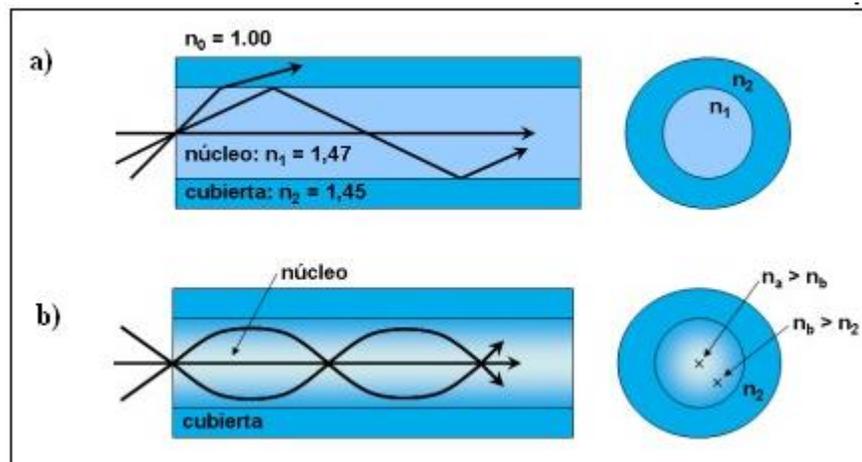


Figura. 2.7. Fibra óptica multimodo a) Salto de índice b) Índice gradual

Fibra óptica monomodo

Las fibras ópticas monomodo tienen un diámetro del núcleo mucho menor, lo que permite que se transmita un único modo y se evite la dispersión multimodal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos para estas fibras son de $9/125 \mu\text{m}$. Al igual que las fibras multimodo, las primeras fibras monomodo eran de salto de índice, si bien en la actualidad existen diseños bastante más complejos del perfil de índice de refracción que permiten configurar múltiples propiedades de la fibra.

Las fibras monomodo también se caracterizan por una menor atenuación que las fibras multimodo, aunque como desventaja resulta más complicado el acoplamiento de la luz y las tolerancias de los conectores y empalmes son más estrictas. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de bit, las cuales vienen limitadas principalmente por la dispersión cromática y los efectos no lineales.

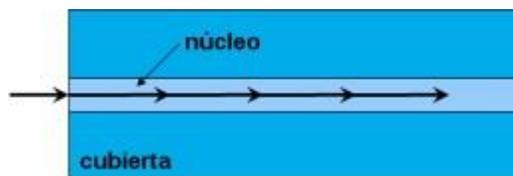


Figura. 2.8. Fibra óptica monomodo

Fibra óptica monomodo estándar (Standard Single-Mode Fiber, SSMF)

Esta fibra se caracteriza por una atenuación en torno a los 0,2 dB/km y una dispersión cromática de unos 16 ps/km-nm en tercera ventana (1550 nm). La longitud de onda de dispersión nula se sitúa en torno a los 1310 nm (segunda ventana) donde su atenuación aumenta ligeramente.

Está normalizada en la recomendación ITU G.652 y existen millones de km de este tipo de fibra instalados en redes ópticas de todo el mundo, que se benefician de sus bajas pérdidas a 1550 nm y de la utilización de los amplificadores ópticos de fibra dopada con erbio (EDFA). Algunos ejemplos de este tipo de fibra serían: SMF-28 (Corning) y AllWave (Lucent). En el segundo caso, además, la fibra se caracteriza por eliminar el pico de absorción de OH, por lo que dispone de una mayor anchura espectral para la transmisión en sistemas multicanal CWDM.

Fibra óptica de dispersión desplazada (Dispersion-Shifted Fiber, DSF)

Mediante la modificación geométrica del perfil de índice de refracción, se puede conseguir desplazar la longitud de onda de dispersión nula a tercera ventana, surgiendo de este modo las fibras de dispersión desplazada. Sus pérdidas son ligeramente superiores (0,25 dB/km a 1550 nm), pero su principal inconveniente proviene de los efectos no lineales, ya que su área efectiva es bastante más pequeña que en el caso de la fibra monomodo estándar. Luego este tipo de fibras no son en principio adecuadas para sistemas DWDM, ya que el fenómeno no lineal de mezclado de cuatro ondas (FWM) produce degradaciones significativas. Este tipo de fibras se describe en la recomendación ITU G.653.

Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (Non-Zero Dispersion-Shifted Fiber, NZDSF)

Para resolver los problemas de no linealidades de la fibra de dispersión desplazada surgieron este tipo de fibras, que se caracterizan por valores de dispersión cromática reducidos pero no nulos. En el mercado se pueden encontrar fibras con valores de dispersión tanto positivos (NZDSF+) como negativos (NZDSF-), con el fin de ser utilizadas en sistemas de gestión de dispersión. En la recomendación ITU G.655 se puede encontrar información sobre este tipo de fibras. Algunos ejemplos de este tipo de fibras serían: LEAF (Corning), True-Wave (Lucent) y Teralight (Alcatel).

Fibra óptica compensadora de dispersión (Dispersion Compensating Fiber, DCF)

Este tipo de fibra se caracteriza por un valor de dispersión cromática elevado y de signo contrario al de la fibra estándar. Se utiliza en sistemas de compensación de dispersión, colocando un pequeño tramo de DCF para compensar la dispersión cromática acumulada en el enlace óptico. Como datos negativos, tiene una mayor atenuación que la fibra estándar (0,5 dB/km aprox.) y una menor área efectiva.

Fibra óptica mantenedora de polarización (Polarization-Maintaining Fiber, PMF)

Es otro tipo de fibra monomodo que se diseña para permitir la propagación de una única polarización de la señal óptica de entrada. Se utiliza en el caso de dispositivos sensibles a la polarización, como por ejemplo moduladores externos de tipo Mach-Zehnder. Su principio de funcionamiento se basa en introducir deformaciones geométricas en el núcleo de la fibra durante el proceso de fabricación para conseguir un comportamiento birrefringente.

Fibra óptica de plástico (Plastic Optical Fiber, POF)

Las fibras ópticas de plástico constituyen una solución de bajo coste para realizar conexiones ópticas en distancias cortas, como por ejemplo en el interior de dispositivos, automóviles, redes en el hogar, etc. Se caracterizan por unas pérdidas de 0,15-0,2 dB/m a 650 nm (se suele emplear como transmisor un LED rojo) y por un ancho de banda reducido como consecuencia de su gran apertura numérica (diámetros del núcleo del orden de 1 mm), pero por otra parte ofrecen como ventajas un manejo e instalación sencillos y una mayor robustez.

Como ejemplo, las pérdidas que se producen son muy bajas con radios de curvatura de hasta 25 mm, lo que facilita su instalación en paredes y lugares estrechos. Además, avances recientes están propiciando mayores anchos de banda y distancias.

Fibra óptica de cristal fotónico

Recientemente han surgido un nuevo tipo de fibras de sílice caracterizadas por una microestructura de agujeros de aire que se extiende a lo largo de la misma. Su inusual mecanismo de guiado, basado en el denominado guiado intrabanda, hace que presenten toda una serie de propiedades únicas que las diferencian de las fibras ordinarias. Entre estas propiedades, destaca la posibilidad de construirlas con núcleos de tamaño muy pequeño para acrecentar los efectos no lineales, así como con bandas de propagación monomodo muy extensas. Además, la dispersión cromática de estas fibras puede ajustarse mediante el diseño adecuado de su geometría, o sea de su microestructura, pudiendo obtenerse valores inalcanzables con la tecnología de fibra óptica convencional.

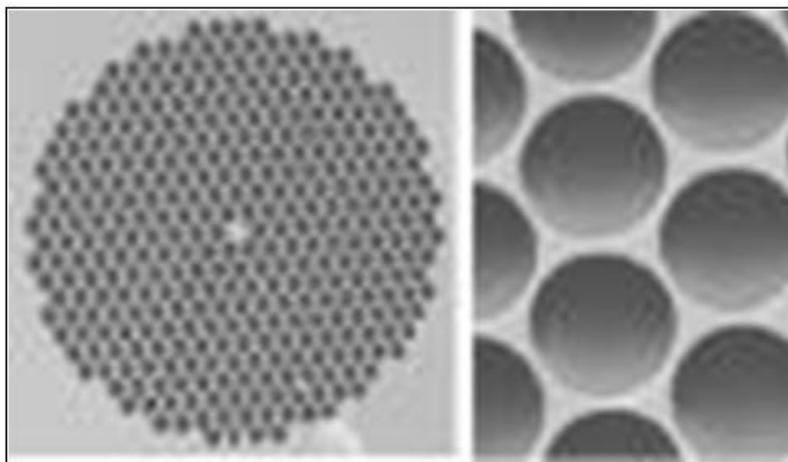


Figura. 2.9. Fibra óptica de cristal fotónico

2.3.3. Sistemas de Comunicación de Fibra Óptica – Fotoemisores, Fotodetectores, Capacidad de Transmisión

Propagación de impulsos luminosos

La transmisión de la señal en fibra óptica se basa en la propagación de señales luminosas, que son generadas mediante un dispositivo foto emisor. Este transforma los impulsos eléctricos que ingresan, en impulsos ópticos. Del mismo modo, en la recepción, un dispositivo foto detector realiza el procedimiento inverso.



Figura. 2.10. Propagación de impulsos luminosos

Sin embargo, al propagarse a lo largo del núcleo, la señal luminosa se ensancha y se atenúa debido a los parámetros de fibra: distorsión y atenuación. El ensanchamiento de los pulsos limita la capacidad de transmisión

Capacidad de transmisión

Depende de dos condiciones:

- La cantidad de información que puede ser transmitida por el sistema en un segundo y en un kilómetro. Se mide en bit por kilómetro por segundo (bit. Km/seg)

- La distancia que las señales pueden recorrer en la fibra, antes de tener que ser regeneradas.

Dispersión y atenuación dispersión modal

Se denomina dispersión modal al ensanchamiento por unidad de longitud del impulso transmitido.

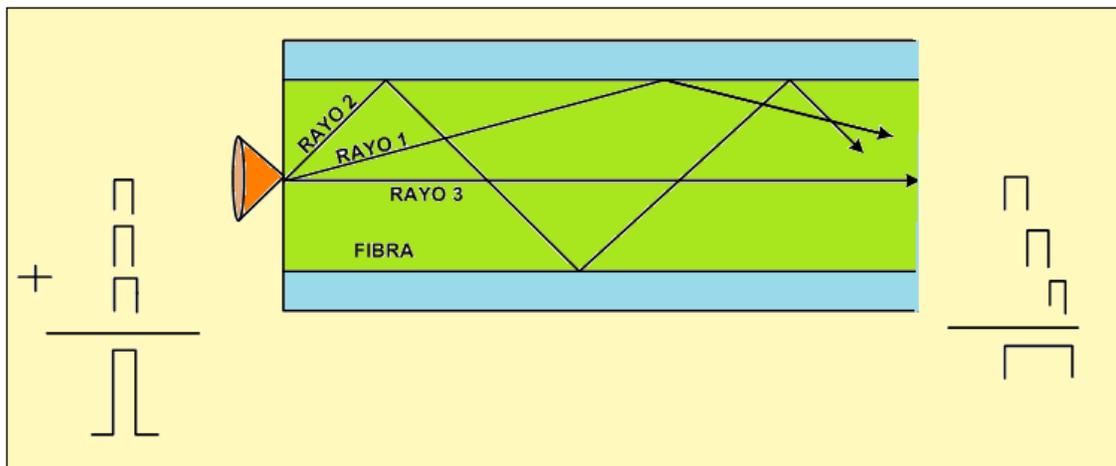


Figura. 2.11. Dispersión modal

Este ensanchamiento se produce debido a que los rayos que se propagan dentro de la fibra. Recorren diferentes caminos. En consecuencia, llegan a distinto tiempo a su destino.

En una fibra multimodo con variación de índice, el índice de refracción no es constante en todo el núcleo, sino que disminuye del centro hacia afuera.

Dado que a un índice de refracción más pequeño le corresponde una velocidad de la señal más grande, el efecto obtenido es una aceleración de los rayos a medida que se aleja del eje de la fibra. Los rayos que recorren la fibra, siguiendo un camino más

largo poseen una velocidad mayor. Consecuentemente, la dispersión modal es menor. Dicho fenómeno permite incrementar la capacidad de transmisión de la fibra.

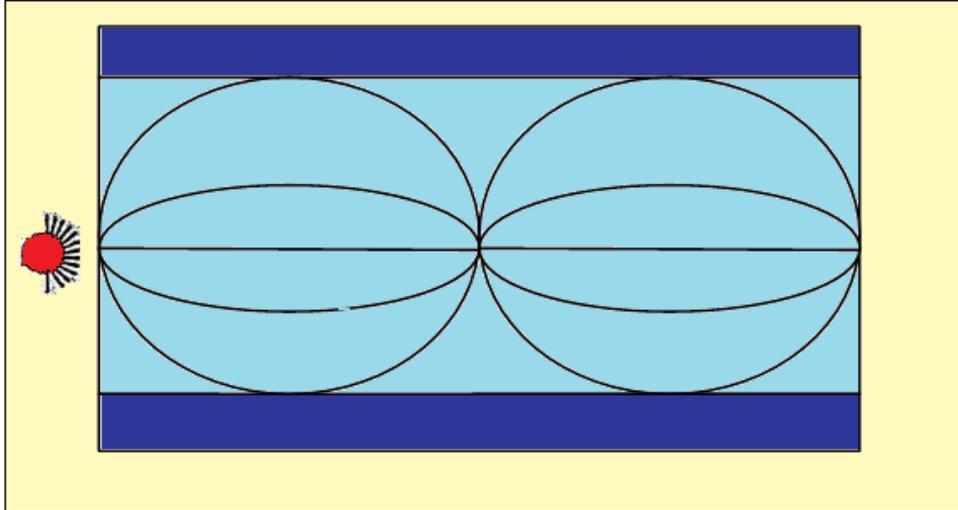


Figura. 2.11. Dispersión de luz en una fibra multimodo con índice gradual

En una fibra monomodo se reduce al máximo el efecto de ensanchamiento del impulso, permitiendo velocidades mucho más elevadas.

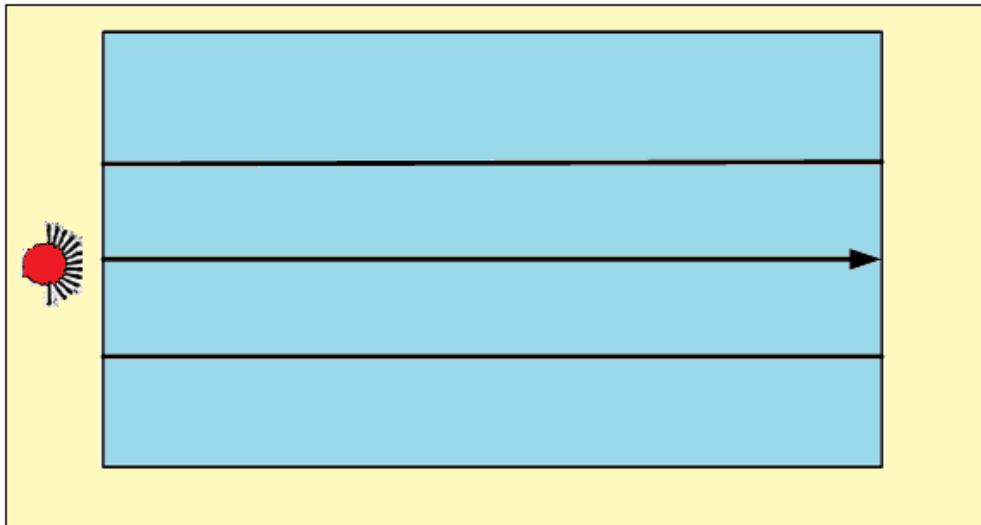


Figura. 2.12. Dispersión de luz en una fibra monomodo

Dispersión cromática

Se produce por la superposición de dos efectos diferentes:

- Dispersión guía de onda
- Dispersión del material

Dispersión guía de onda

Debido a la pequeña estructura geométrica de la fibra, en particular de la dimensión del núcleo (10 a 50 μm) se produce en la práctica que la energía óptica se propaga no sólo por el núcleo como debía esperarse, sino también que una pequeña parte lo hace por el recubrimiento. Este efecto es más notable en fibra monomodo. En la fibra monomodo una parte importante de la potencia óptica se propaga además por el revestimiento dando lugar a una dispersión llamada de “guía de onda”, debida a la diversidad del índice de refracción entre núcleo y revestimiento.

Dispersión del material

Debido a que el índice de refracción del núcleo es función de la longitud de onda óptica y que la luz viaja por la fibra no es monocromática, se produce el efecto de que cada componente de luz viaja a diferentes velocidades, causando en recepción un alargamiento temporal del impulso debido a los retardos de cada uno de los componentes.

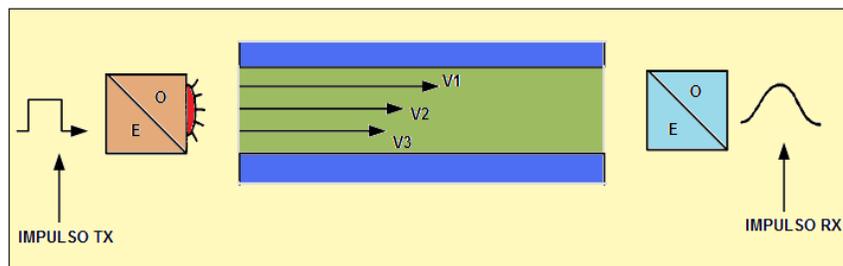


Figura. 2.13. Componentes de luz que viajan a distintas velocidades

Dispersión Cromática

El retardo temporal entre rayos de λ diferente provoca en recepción una distorsión de señal análoga a aquella de la dispersión modal.

En la Figura. 2.14. se muestra tomado como referencia el rayo de $\lambda = 1300$ nm, que un rayo de $\lambda = 900$ nm acumula por cada Km 12 ns de retardo.

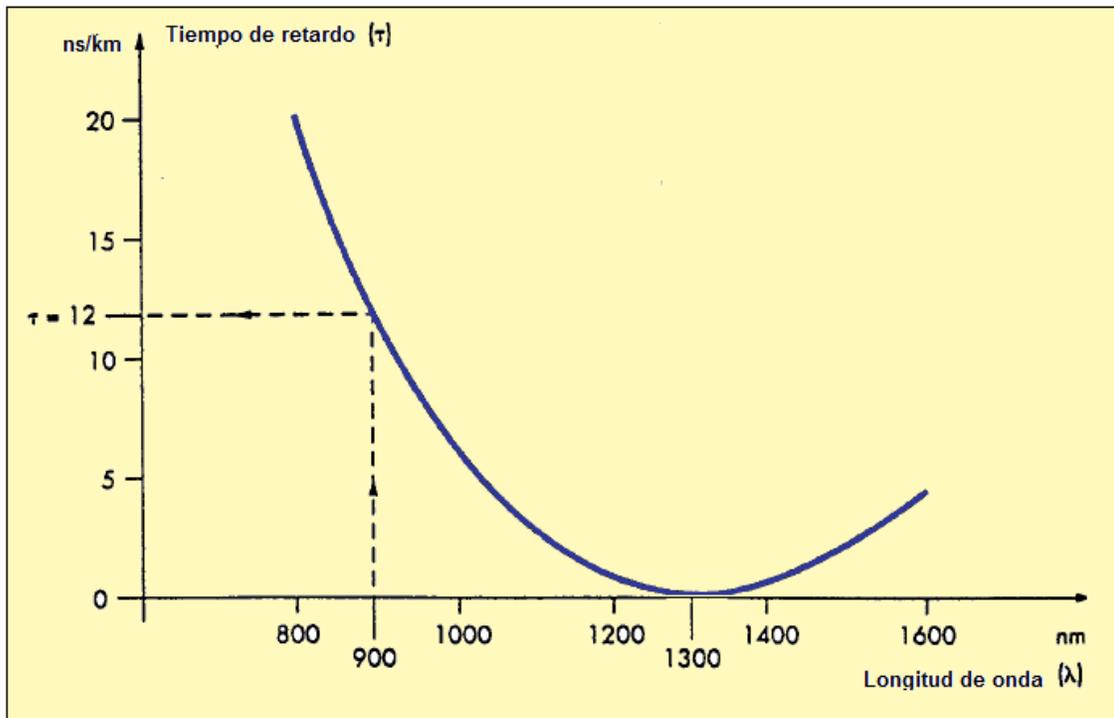


Figura. 2.14. Retardo entre Longitudes de Onda diferentes

Tiempo de retardo τ (ns/km) en la propagación de los rayos de diversa longitud de onda λ respecto del rayo $\lambda=1300$ nm tomado como referencia.

Resumiendo, la dispersión cromática depende de la longitud de onda óptica y de las características de la fibra (diámetro y perfil). Por lo tanto será posible combinar ambos efectos de manera tal que la dispersión cromática sea nula a una determinada longitud de onda óptica.

La dispersión cromática está presente en todo tipo de fibras pero solo es importante en las monomodo en la cual la dispersión modal no existe, es por esto que para tener fibras monomodo con mejores características se modifican el perfil y las dimensiones del núcleo.

Atenuación

La atenuación de la señal óptica representa la disminución de la energía luminosa en la propagación a lo largo de la fibra.

La atenuación determina la distancia entre el emisor y receptor sin el empleo de dispositivos intermedios en la regeneración de la señal.

La energía que no alcanza la salida de la fibra se dispersa por:

- Difusión: debido a la falta de homogeneidad del material del núcleo, que difunde al rayo luminoso dispersándolo hacia el recubrimiento.
- Absorción: parte de la energía luminosa que se propaga es absorbida por la fibra, que la transforma en calor.

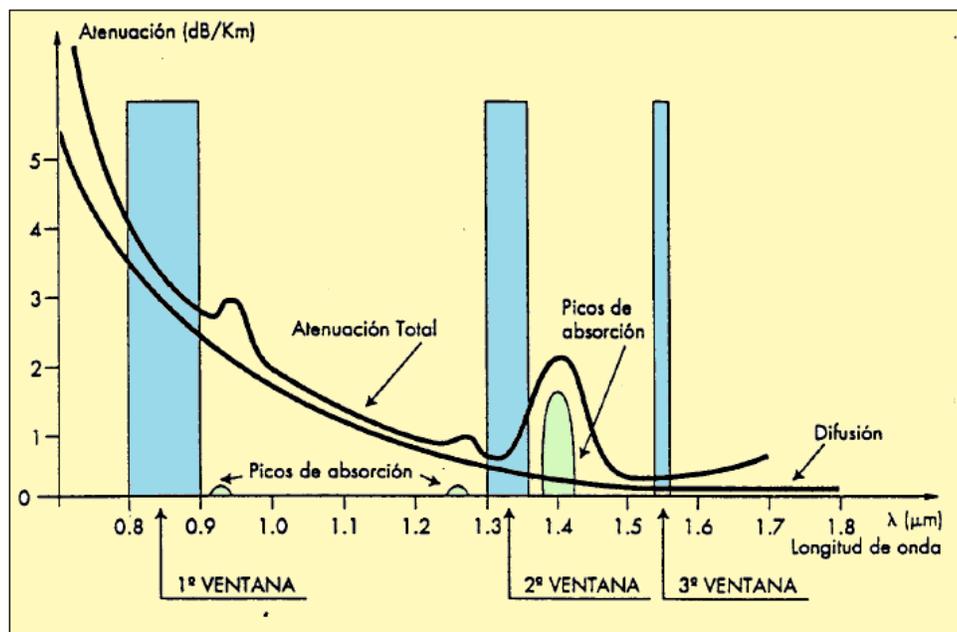


Figura. 2.15. Atenuación total y ventanas de transmisión de la fibra óptica

Las ventanas son zonas donde la atenuación total pasa por un valor mínimo.

2.3.4. Cables Ópticos

Para ser utilizadas como medio de transmisión, las fibras ópticas deben estar protegidas e insertadas en una estructura denominada “cable óptico”.

Un cable óptico se compone principalmente de diversas fibras ópticas y a veces de conductores metálicos. Está bien protegido contra las influencias mecánicas y químicas y en alguna forma protege a la fibra contra los cambios bruscos de temperatura. Los cables de fibra óptica ofrecen la posibilidad de un aislamiento eléctrico total en el sentido axial, una propiedad de la cual se hace uso en muchas fibras industriales.

Las protecciones que ofrece el cable óptico se detallan a continuación:

- Cuando el nivel de interferencias electromagnéticas es alto como por ejemplo en la proximidad de motores a las fibras, canales de cables compartidos con cables de energía, etc.
- Cuando las distancias entre nodos son considerables como por ejemplo las instalaciones en exterior como son en parques eólicos, subestaciones de transformación, plantas potabilizadoras, depuradoras, instalaciones de riego y control de aguas, etc.
- Cuando las necesidades del ancho de banda son importantes como es la alta velocidad de transmisión o gran caudal, por ejemplo en enlaces entre edificios o plantas, control visual de calidad, etc.
- Cuando los requerimientos de seguridad son altos, por ejemplo en instalaciones antideflagrantes

A estas exigencias responde la aplicación de fibra óptica, cuyas principales ventajas son:

- Total inmunidad a las interferencias electromagnéticas, al tratarse de una guía de ondas no metálica.
- Completo aislamiento eléctrico entre los diferentes nodos de comunicación o terminales.
- Posibilidad de transmisión a elevadas velocidades y a grandes distancias.

Tipos de protección

En los cables ópticos es posible distinguir una protección primaria y una protección secundaria.

Protección Primaria

El revestimiento primario es aquel que le da el color a cada fibra (coating) y sirve además como una primera protección

Protección secundaria

Se utiliza para dar a la fibra una última protección mecánica, que evite roturas en el caso de curvaturas demasiado atenuadas se consideran algunos tipos de protección secundaria como los siguientes:

- De tipo adherente o apretada (TIGHT BUFFER) (ej. pigtailed, patchcords)
- En este tipo de protección la fibra se incorpora a una estructura de elevada resistencia mecánica, construida por una cubierta termoplástico de doble capa adherida a la fibra.
- De tipo suelta (LOOSE BUFFER)

Este tipo de fibra consta de un tubo pequeño de plástico de alto módulo elástico (rígido), de diámetro superior a la fibra. Esta se adapta libremente en su interior, a fin de quedar aislada de esfuerzos externos y de las variaciones de temperatura, también puede ser con soporte (módulo) acanalado con ranuras: la fibra se coloca flojamente en la acanaladura (ranura) directamente sobre el cable.

Se consideran también las siguientes características:

Elementos tracción

- Alambre de acero latonado
- Hilado sintético Kevlar o de Aramida
- Fibras de vidrio

Relleno que impida la penetración de humedad

- Gel siliconado (silica gel)
- Cinta antífama
- Empaquetado del conjunto
- Envoltura en mylar (parecido al celuloide)
- Protección mecánica (aplastamiento) antífama, antirayosUV y contra humedad: Vaina externa tipo PALP (Polietileno-Aluminio-Polietileno)

2.3.5. Estructura de los Cables

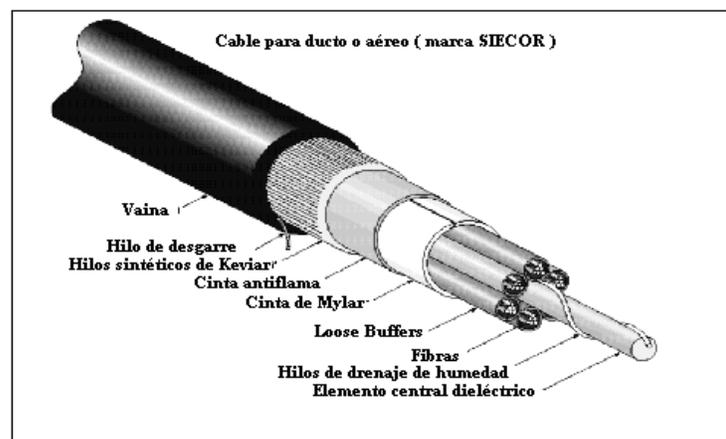


Figura. 2.16. Elementos que constituyen un cable óptico

Cables Semieléctricos y Dieléctricos

Los Cables ópticos pueden ser

- Semidieléctricos con elementos metálicos. Se utilizan para tendido subterráneo.
- Dieléctricos no contienen elementos metálicos. Se utilizan para tendido aéreo.

Trenzado De Las Fibras

Se denomina trenzado a la disposición de las fibras en el interior del cable.

Si las fibras se disponen en el cable de manera rectilínea y paralela a lo largo del elemento de soporte (elemento de suspensión), un accidental pliegue del cable, sometería a las fibras a compresión longitudinal o a un estiramiento (extensión).

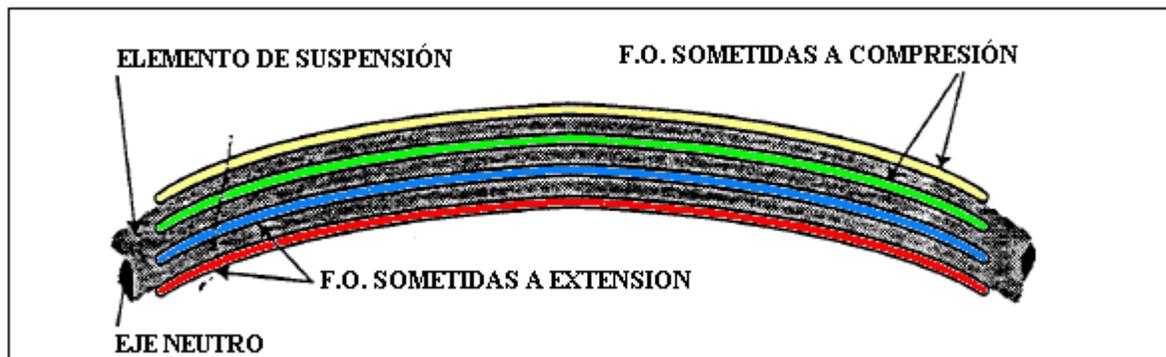


Figura. 2.17. Trenzado de fibras ópticas

Para evitar estos inconvenientes, las fibras se envuelven en espiral en torno al elemento de suspensión (en caso de cables con tubitos), o en las ranuras (cables con módulo acanalado).

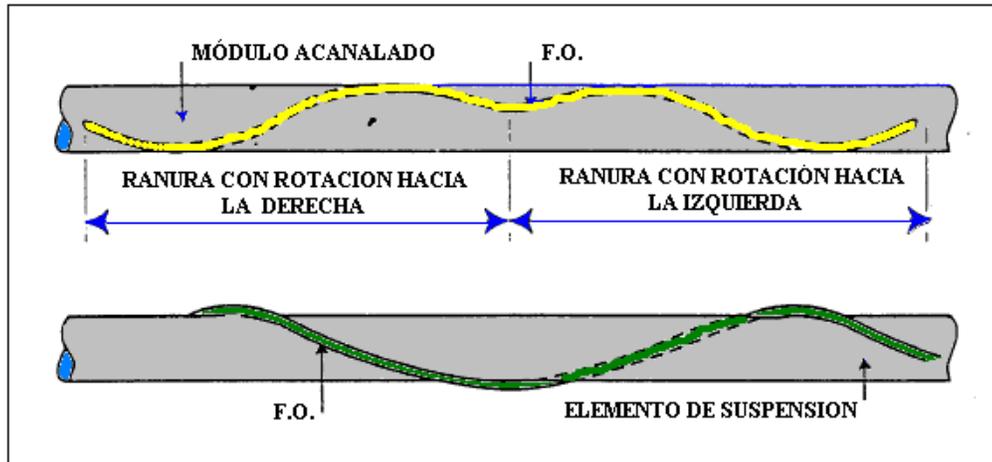


Figura. 2.18. Fibras envueltas en torno al medio de suspensión

Sistemas de coloración

Para distinguir las fibras y darles un orden de numeración, se ha convenido en colorear de distinta manera el revestimiento primario de las fibras presentes en el interior del mismo tubo o de la misma ranura. Luego se repiten los colores para los otros tubos o las otras ranuras. Para los tubos o las crestas de las ranuras, también se utilizan distintos colores para poderlos distinguir y numerar.

A continuación se muestra diferentes códigos de colores los mismos que varían de un fabricante a otro.

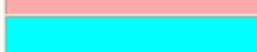
Tabla. 2.3. Cables fabricados por SIECOR (Siemens/Corning Glasses) para un solo tubo buffer

	1 = VERDE
	2 = ROJO
	3 = AZUL
	4 = AMARILLO
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA

Tabla. 2.4. Cables fabricados por SIECOR (Siemens/Corning Glasses) para dos tubos buffer

BUFFER	FIBRA Nº
VERDE	1 = VERDE
	2 = ROJA
	3 = AZUL
	4 = AMARILLA
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA
ROJO	9 = VERDE
	10 = ROJA
	11 = AZUL
	12 = AMARILLA
	13 = GRIS
	14 = VIOLETA
	15 = MARRON
	16 = NARANJA

Tabla. 2.5. Código de Colores Estándares TIA-598-A Fibra Optica, cables fabricados por PIRELLI - ALCATEL

	1 = AZUL
	2 = NARANJA
	3 = VERDE
	4 = MARRON
	5 = GRIS
	6 = BLANCO
	7 = ROJO
	8 = NEGRO
	9 = AMARILLO
	10 = VIOLETA
	11 = ROSA
	12 = CELESTE

Cables Empleados En La Red

Los cables empleados en la red se dividen en tres grupos que son:

- Cables aéreos
- Cables submarinos
- Cables subterráneos

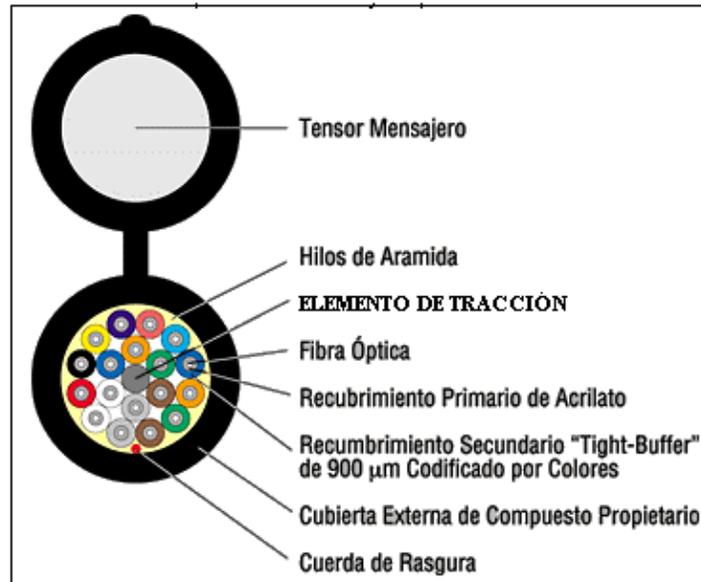


Figura. 2.19. Cable aéreo

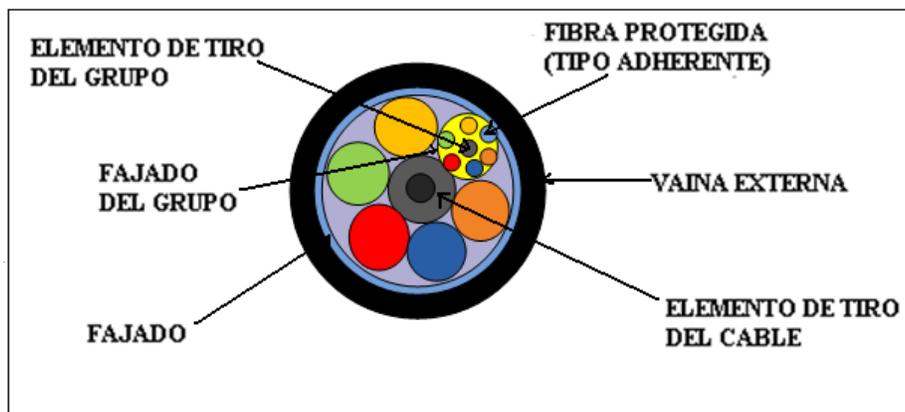


Figura. 2.20. Cable Subterráneo

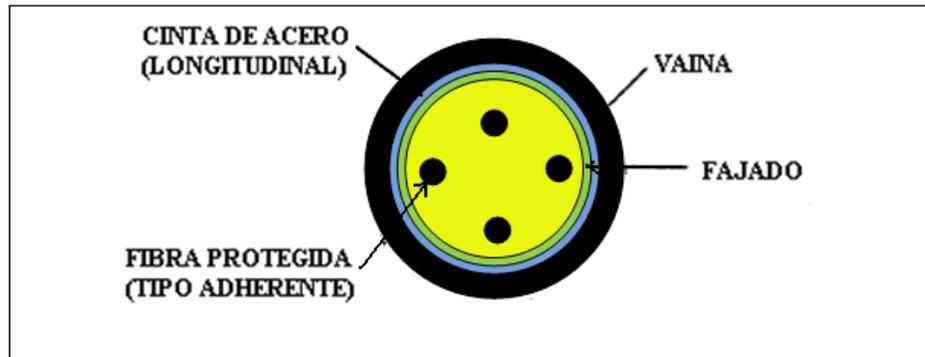


Figura. 2.21. Cable Submarino

Tipos de Cables Ópticos

Una vez determinada la fibra a emplear, se deberá fijar el tipo de cable más adecuado a la instalación concreta en la que será utilizado, con el fin de conseguir mantener sus características de transmisión al margen de las influencias del entorno. Para ello tomaremos en cuenta diversas consideraciones:

Protección individual o por grupos de fibras.

Esto conforma dos grandes grupos de cables el primero de estructura ajustada que se da cuando cada fibra es protegida individualmente contra la humedad y mecánicamente con una capa de material plástico extruida sobre ella, de aplicación en cables de hasta 24 fibras, generalmente en fibras plásticas y HCS y el segundo de estructura holgada que se da cuando las fibras se encuentran concentradas en grupos de hasta 12 ó 24, son contenidas por un tubo de PE (polietileno) en el interior del cual se introduce un gel denominado antihumedad.

Si bien en un principio fue más frecuente el empleo de las fibras plásticas y HCS, dada la sencillez de su conectorización, esta ventaja ha dejado de serlo como consecuencia del gran avance de este tipo de técnicas, y del abaratamiento de los equipos necesarios. Actualmente, el responsable de mantenimiento de cualquier

industria accede más fácilmente a un instalador de datos informáticos habituado al montaje de conectores ST o FC. Por otra parte, cualquier instalación de control planteada con fibra óptica multimodo (62,5/125 o 50/125) permitirá una fácil migración a Industrial Ethernet, o una mejor conexión con el entorno exterior (WAN) o con la red de la empresa (LAN).

Tabla. 2.6. Características de los diferentes tipos de construcción

Cables Construcción Holgada	Cables Construcción Ajustada
<ul style="list-style-type: none"> - Varias fibras por tubo - Protección antihumedad con gel hidrófugo - No flexibles - Conectorizaciones laboriosas - Densidad fibras alta 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 fibra por buffer - Protección antihumedad sin gel hidrófugo (intrínseca) - Flexibles - Conectorizaciones fáciles y seguras - Densidad fibras baja

Cubiertas de protección

Las cubiertas de protección son seleccionadas en función del entorno, para lo cual se consideran dos grupos. El primer grupo consta de Cables para interiores que cuentan con una sola cubierta y el segundo grupo consta de Cables para exteriores que cuentan con dos o más cubiertas plásticas, además de una armadura de protección (antirroedores), que podrá ser metálica (de malla trenzada o chapa de acero o aluminio) o dieléctrica (trenza o varillas de fibra de vidrio). En este paso conviene hacer notar que los cables de estructura ajustada precisarán de protecciones menos rígidas que los de forma de estructura holgada; pudiendo así ser más flexibles y con radios de curvatura más reducidos.

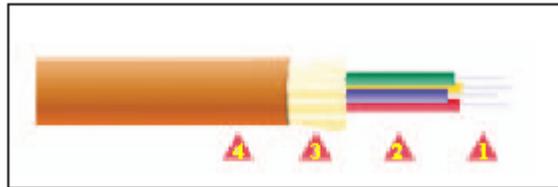


Figura 2.22. Cable óptico CDI de interior (1): fibra óptica (2):recubrimiento ajustado (3): refuerzo de aramida. (4) cubierta exterior LSZH.



Figura. 2.23. Cable óptico CDAM con protección antirroedores: (1) fibra óptica (2) recubrimiento ajustado (3) refuerzos de aramida (4) cubierta interior (5) armadura de trenza de hilos de acero (6) cubierta exterior LSZH.

Cables de fibra plástica

Los cables de fibra plástica son destinados a instalaciones de control industrial, en distancias cortas, proporcionando las ventajas de la transmisión óptica sin ningún inconveniente. Tienen aplicación para transmisión de datos, sensores lumínicos y sensores ópticos.

Tipo FOP-Duplex: Cable de transmisión de datos doble paralelo, formado por dos fibras ópticas plásticas de 1 mm de diámetro, y cubiertas exteriores individuales FRLS (no propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de halógenos) de color gris.

Tipo FOP-Simplex: Cable de transmisión de datos sencillo, formado por una fibra óptica plástica de 1 mm de diámetro, y una cubierta exterior FRLS (no propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de halógenos) de color gris.

Tipo FOP-R Simplex: Cable de transmisión de datos sencillo reforzado, formado por una fibra óptica plástica de 1 mm de diámetro, refuerzo de hilaturas de Aramida y una cubierta exterior FRLS (no propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de halógenos) de color rojo.

Tipo FOP-R Duplex: Cable de transmisión de datos doble reforzado, formado por dos fibras ópticas plásticas de 1 mm de diámetro, y cubiertas exteriores individuales FRLS (no propagador de llama, baja emisión de humos y bajo contenido de halógenos) de color gris; refuerzo de aramida, y cubierta exterior FRLS de color rojo.



Figura. 2.24. Cable FOP-R Duplex: (1): fibra plástica (2) protección individual (3) refuerzo de aramida (4) cubierta exterior FRLS.

Cables de fibra HCS

Cables de construcción ajustada, fabricados con fibras ópticas especiales 200/230 HCS1 y Tecs2. Destinados a instalaciones de control industrial, sensores médicos, sensores industriales y transmisión de datos y vídeo en cortas distancias. Utilizables a 665 nm y 820 nm, proporcionando excelentes enlaces en condiciones de baja velocidad y distancias moderadas.

Tipo FOS-CDIR-AD: Cable para transmisión de datos, dieléctrico, armado, compatible con sistemas industriales, formado por “n” fibras ópticas especiales de 200/230 μm , con recubrimiento primario de 500 μm y secundario ajustado a 2,2 mm; refuerzo de aramida cubierta interior FRLS (retardador de llama y baja emisión de humos), armadura de trenza de fibra de vidrio, y cubierta exterior FRLS.

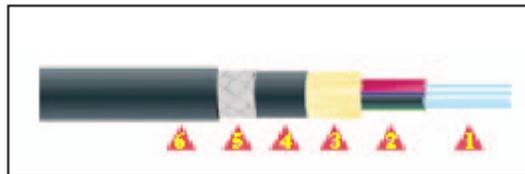


Figura. 2.25. Cable tipo FOS-CDIR-AD: (1) fibra óptica HCS (2) recubrimiento ajustado (3) refuerzo de aramida (4) cubierta interior (5) armadura de trenza de fibra de vidrio (6) cubierta exterior FRLS

Tipo FOS-CDIR: Cable para transmisión de datos, dieléctrico, compatible con sistemas industriales, formado por “n” fibras ópticas especiales de 200/230 μm , con recubrimiento primario de 500 μm y secundario ajustado a 2,2 mm; refuerzo de aramida y cubierta exterior FRLS (retardador de llama y baja emisión de humos).
Cables de fibra óptica SiO₂

Estos cables se estructuran en dos grupos: cables de estructura ajustada, destinados a terminaciones en caja, y conexión a equipos mediante latiguillos de interconexión, y cables breakout, de gran resistencia mecánica y directamente conectorizables, merced a la doble protección individual de cada fibra. Seleccionados de entre la gama general de cables ópticos de OPTRAL, los cables descritos a continuación pueden ser fabricados con fibras MM ó SM, y cumplen las características básicas siguientes:

- Flexibilidad

- Alta protección contra humedad
- Alta resistencia mecánica

Modelo CDI: cable de distribución, de interiores, antihumedad, flexible, dieléctrico, armado por “n” fibras ópticas de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 μm , libre de gel, refuerzo de aramida y cubierta exterior común LSZH.

Tipo CDAD: Cable de Distribución armado dieléctrico, antihumedad, flexible, libre de elementos rígidos, resistente a la llama, formado por “n” fibras ópticas de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 μm , libre de gel, refuerzo común de Aramida y cubierta interior, protección antirroedores mediante una armadura de trenza de fibra de vidrio y cubierta exterior LSZH.

Tipo CDAM: cable de distribución armado metálico, antihumedad, flexible, libre de elementos rígidos, forma estructurado por “n” fibras ópticas de estructura ajustada, (SM ó MM 62,5/125 ó MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 μm , libre de gel, refuerzo común de aramida y cubierta interior, protección antirroedores mediante una armadura de trenza de hilos de acero y cubierta exterior LSZH.



Figura. 2.26. Cable tipo CDAD: (1) fibra óptica (2) recubrimiento ajustado (3) refuerzo de Aramida (4) cubierta interior (5) armadura de trenza de fibra de vidrio (6) cubierta exterior LSZH

Modelo CDIR: cable de distribución, de interiores, dieléctrico, antihumedad y reforzado, tipo “breakout”, formado por “n” cordones individuales de fibra óptica de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a

900 μm , libre de gel, refuerzo de aramida y cubiertas individuales HLLSFR; todos ellos recubiertos con una protección al conjunto material LSZH.

Tipo CDIR-AD: cable de distribución armado dieléctrico, antihumedad y reforzado, tipo “breakout”, libre de elementos rígidos, formado por “n” cordones individuales de fibra óptica de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 μm , cubierta y refuerzo individuales de aramida, libre de gel, refuerzo común de aramida y cubierta individual LSZH, recubiertos por una protección interior, una armadura antirroedores formada por una trenza de hilos de fibra de vidrio, y una cubierta exterior LSZH.

Tipo CDIR-AM: Cable de distribución con armadura metálica, antihumedad y reforzado, tipo “breakout”, libre de elementos rígidos, formado por “n” cordones individuales de fibra óptica de estructura ajustada, (SM o MM 62,5/125 o MM 50/125) con recubrimiento individual a 900 μm , libre de gel, refuerzo de aramida y cubierta individual HFLSFR, recubiertos por una protección interior, una armadura antirroedores formada por una trenza de hilos de acero, y una cubierta exterior LSZH.

2.3.6. Empalmes y Conectores Ópticos

Desde el año 1970 en que se fabricaron las primeras fibras ópticas con una atenuación de 20 dB/km, los sistemas de comunicaciones ópticas se han convertido en una realidad gracias a las continuas mejoras tecnológicas que han permitido alcanzar atenuaciones de 0,2 dB/km. Ahora bien, para aprovechar las bajas pérdidas de transmisión de las fibras ópticas resulta crucial el diseño óptimo de las tecnologías de conexionado de las mismas (empalmes y conectores).

Los requisitos fundamentales que deben cumplir los distintos métodos de conexionado de fibras se pueden resumir en: reducida degradación de las

propiedades de transmisión de la fibra (bajas pérdidas de conexión y/o reflexiones), alta fiabilidad de la conexión, manejo sencillo incluso para su realización en campo por parte de operarios e instaladores y, finalmente, bajo coste. El intenso trabajo de investigación llevado a cabo hasta el momento ha permitido satisfacer todos estos requisitos.

Empalme de fibras por fusión directa

Los métodos de empalme por fusión directa utilizan una fuente de calor para fundir y unir las fibras ópticas. A diferencia de otros métodos que utilizan materiales de adaptación o adhesivos, en este caso no existe ningún otro material más que la propia fibra en la región del empalme. Por lo tanto, este método posee inherentemente bajas pérdidas por reflexión y alta fiabilidad. El procedimiento de empalme de fibras por fusión utilizando descarga eléctrica se muestra en las figuras a continuación.

En primer lugar, se quitan las cubiertas de las fibras y se cortan. Ambas fibras se sitúan con una cierta separación entre ellas en una máquina empalmadora de fibras y se pulsa un botón para comenzar el proceso. Hasta este punto el trabajo se realiza manualmente por parte de un operario. En el momento de pulsar el botón de la máquina, ésta comienza a mover las fibras para reducir la separación entre las mismas. Durante el movimiento de las fibras, se genera una descarga eléctrica que se mantiene durante un período de tiempo predeterminado. Este proceso tiene lugar de forma automática en la máquina empalmadora. Por último, la región donde se ha producido el empalme se protege para facilitar el manejo de la fibra. Actualmente existen máquinas completamente automáticas que realizan todas las acciones: desde quitar las cubiertas hasta proteger el empalme.

A continuación veremos el proceso para el empalme de fibras ópticas:

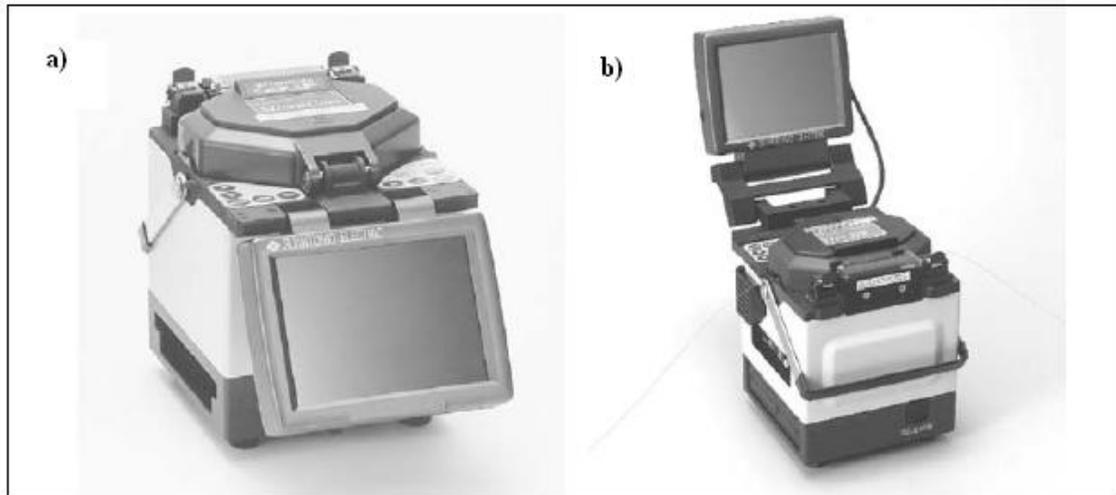


Figura. 2.27. Empalmador de fusión a) Tipo 37 b) Tipo 37 B

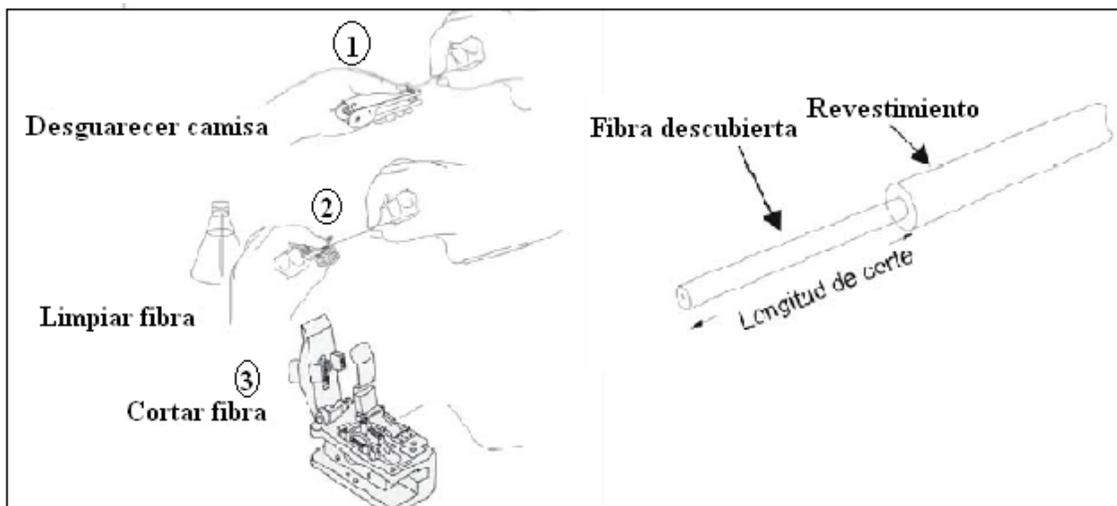


Figura. 2.28. Proceso de Preparación

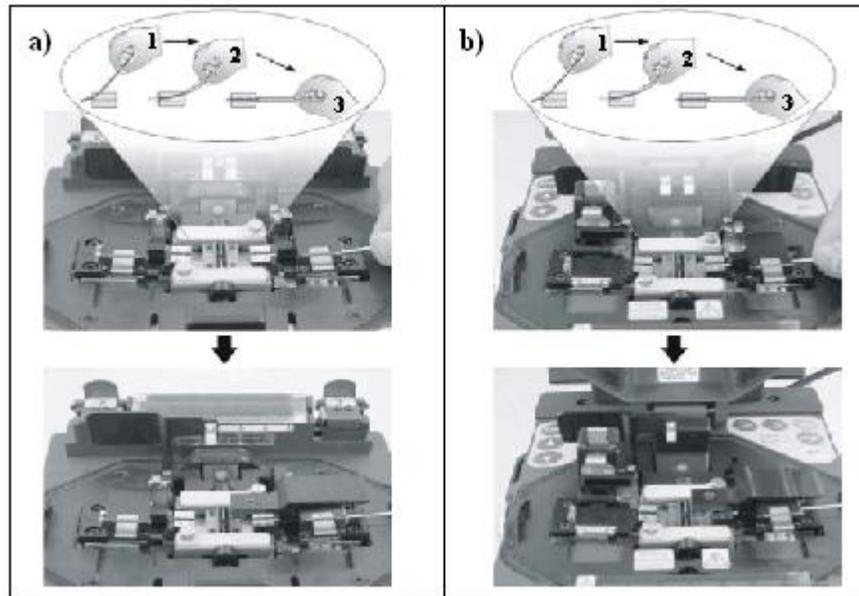


Figura. 2.29. Inserción de las fibras en las ranuras a) Tipo 37 b) Tipo 37 B

Durante el empalme automático, el empalmador moverá inmediatamente los extremos de la fibra a su posición; la imagen ampliada aparecerá en la pantalla de LCD.

El empalmador inspecciona la fibra automáticamente para asegurar un buen empalme; empalma las fibras automáticamente y ofrece estimación de pérdida de empalme.

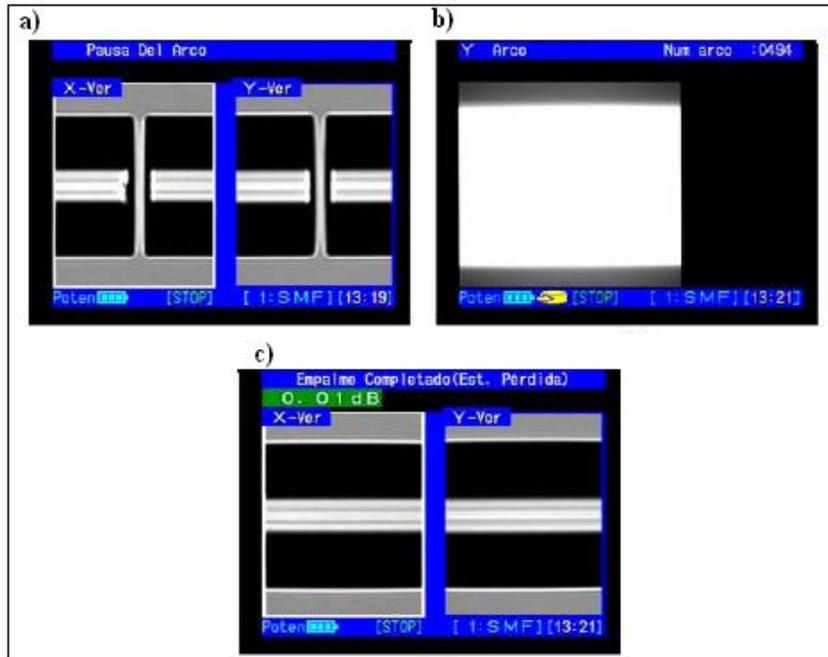


Figura. 2.30. Proceso de Empalme a) Alineación de los núcleos b) Fusión c) Empalme realizado

Corte de la fibra y método de prefusión

La calidad obtenida en el extremo de la fibra tras el corte afecta a las pérdidas del empalme posterior, resultando difícil obtener superficies pulidas mediante la técnica de empalme por fusión directa. Por este motivo, se han propuesto diversas técnicas de corte de fibras que no utilizan máquina de pulir. En cuatro de estas técnicas, a la fibra se le hace una muesca y posteriormente se dobla para realizar el corte. Entre las distintas posibilidades para producir dicha muesca se encuentran: un filo de cuchilla, una descarga eléctrica, un alambre caliente o un láser de CO₂. Incluso existe otra posibilidad que consiste en realizar una muesca y tirar posteriormente de la fibra sin doblarla. De entre todos los métodos, el más ampliamente utilizado es el basado en la muesca con cuchilla o elemento similar y posterior doblez de la fibra.

El Metodo de Prefusión consiste en situar los extremos de ambas fibras con una separación de unas micras y posteriormente prefusionarlos con una descarga eléctrica, lo que produce unas superficies lisas. Entonces éstas se desplazan y presionan bajo la descarga. Tras tocarse los extremos, ambas fibras permanecen presionadas debido al movimiento. El calentamiento, por otro lado, continúa incluso una vez que ha cesado el desplazamiento. El tiempo de descarga para la prefusión es inferior a 1 segundo. Por otro lado, el tiempo global de descarga es de unos pocos segundos y para fibras monomodo resulta relativamente pequeño en comparación con el necesario para fibras multimodo. Con este método se obtienen bajas pérdidas en la región del empalme incluso para superficies no perfectas.

Protección del empalme

La resistencia de las fibras tras realizar un empalme se reduce en un 10% aproximadamente, por lo que se hace necesaria la posterior protección de la zona tratada.

A la hora de seleccionar un método de protección se deben considerar factores tales como: fiabilidad (variación de las pérdidas de empalme y rotura), facilidad de manejo y coste. Cuando el método de protección o su diseño no es bueno, las pérdidas del empalme sufren gran variación con la temperatura. Si por el contrario se realiza de forma adecuada, las pérdidas varían tan sólo 0,02 dB para rangos de temperatura desde -30 °C hasta +60 °C. De entre los distintos métodos de protección utilizados destacan: una ranura con forma de V (V-groove) de plástico con cubierta, un par de láminas de cristal cerámico, un tubo que se contrae con el calor junto con una varilla de acero o un molde de plástico. Finalmente, para la sujeción se utilizan como adhesivos una reacción química, la fundición del material o resinas fotosensibles.

Empalme de fibras utilizando métodos mecánicos o adhesivos

Una unión mecánica utiliza una fuerza mecánica para mantener el alineamiento de las fibras, por lo que existe la posibilidad de volver a conectarse (reconfiguración). No obstante, resulta generalmente bastante difícil en comparación con un conector óptico. Por otra parte, una unión adhesiva utiliza un material adhesivo para cumplir la función de mantener alineadas las fibras. En este sentido es similar a un empalme por fusión, dado que tiene la característica de ser permanente. Así pues, un empalme mecánico es similar a un conector óptico, mientras que un empalme adhesivo es similar a un empalme por fusión. En las figuras 5, 6 y 7 se muestran algunos ejemplos de empalmes mecánicos y adhesivos realizados con diversos materiales.

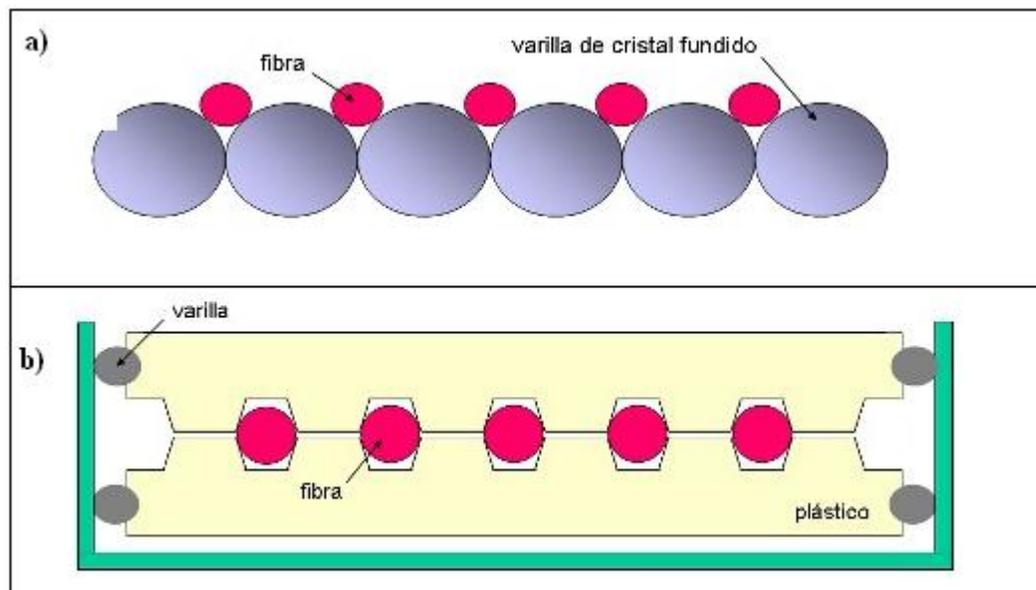


Figura. 2.31. Empalme mecánico a) mediante abrazadera y varillas b) mediante abrazadera y ranuras en plástico.

Conectores.

En la actualidad hay un buen número de conectores de fibra óptica disponibles. Debido a que el equipamiento óptico no está estandarizado con un tipo particular de conector, es importante requerir del fabricante el tipo de conector adecuado.

El conector se compone de un casquillo o férula, un cuerpo, una cápsula o corona y una manija descargadora de tensión.

El casquillo es la porción central del conector que de hecho contiene la fibra óptica. Puede estar fabricado en cerámica, acero o plástico. Para la mayoría de los conectores, el casquillo cerámico ofrece las menores pérdidas por inserción y la mejor repetitividad. La cápsula y el cuerpo pueden ser de acero o de plástico. Para hacer una conexión, la cápsula se puede atornillar, cerrar girando o ajustar con un muelle. La manija descargadora de tensión libera de tensiones a la fibra óptica. La siguiente lista describe los tipos de conectores más habituales que se utilizan para terminar una fibra óptica:

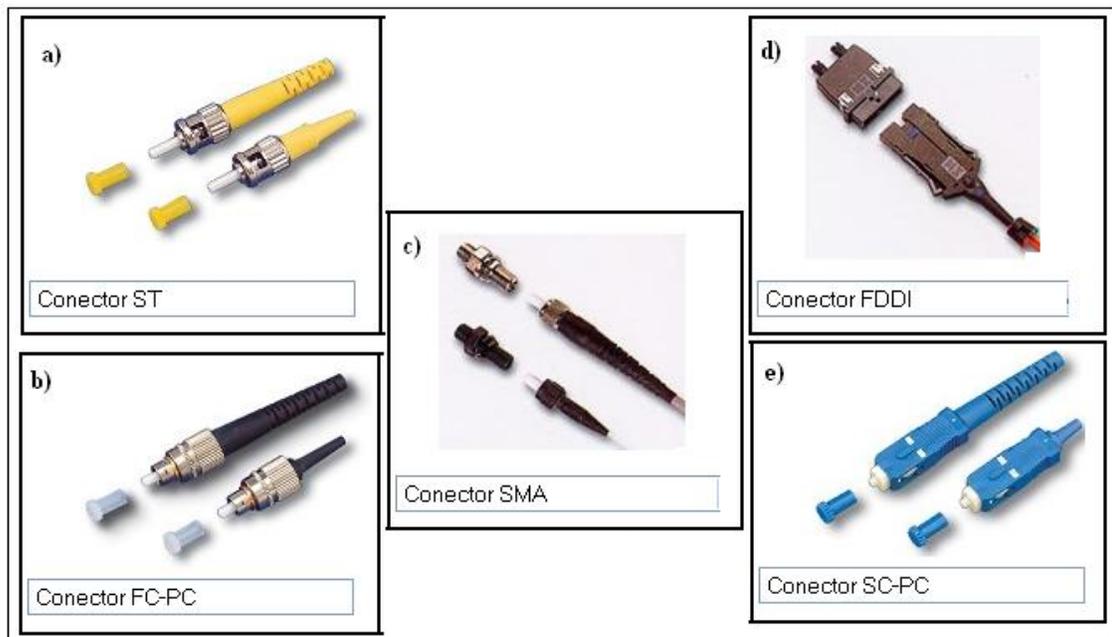


Figura. 2.32. Conectores típicos de fibra óptica

St: Es un conector que se utiliza para conexiones de fibra monomodo y multimodo, con pérdidas promedio que rodean los 0,5 dB. Tiene una conexión con cierre en giro que no se pierde en ambientes con vibraciones. Es un conector estándar para la mayoría del equipamiento RAL de fibras ópticas. Ver Figura () a.

Fc: Es un conector que se utiliza para conexiones de fibra monomodo. También conocido como FC-PC. Tiene bajas pérdidas, con un promedio aproximado de 0.4 dB. Es común en la industria de CATV. Ver Figura () b.

SMA: Es un conector antiguo pero que todavía se usa en algunos equipos. Tiene altas pérdidas, aproximadamente de 0,9 dB. Existe en el mercado dos tipos de conectores SMA, los cuales son el SMA 905 y el SMA 906. Ver Figura () c.

SC: Es un nuevo conector modular, de alta densidad. Tiene bajas pérdidas (por debajo de los 0,5 dB) y es bastante común en instalaciones monomodo. Ver Figura () e.

Fddi: Este conector es un conector estándar de fibra óptica para FDDI. Es del tipo dúplex con llave, conectando dos fibras a la vez. Ver Figura () d.

Fibra desnuda: Este conector se utiliza para conectar una fibra inacabada. Se utiliza cuando se desea una conexión temporal para probar fibras desnudas. Puede requerir un líquido adaptador de índice para conseguir una conexión de bajas pérdidas.

Un «PC» -después de la letra del conector, como en FC-PC, significa que los conectores hacen contacto físico en la conexión. Esto proporciona una conexión de bajas pérdidas. Existen también conectores que tienen sus superficies especialmente tratadas para minimizar la luz reflejada.

A menudo tienen la designación *súper*, como en Súper FC-PC. Se utilizan para aplicaciones de fibra monomodo con fuentes láser donde la potencia óptica reflejada puede causar problemas.

2.4. VOZ SOBRE IP (VOIP)

2.4.1. Introducción

Actualmente, y en todo el mundo, Internet, o más ampliamente las redes IP, junto con la telefonía móvil son los dos fenómenos que captan mayor interés dentro del mundo de las telecomunicaciones, y prueba de ello es el crecimiento experimentado en el número de usuarios que están por utilizar estos dos servicios.

La utilización de la telefonía sobre IP como sustituto de la telefonía convencional se debe, principalmente, a su reducido coste. Sin embargo, existen estudios que demuestran que el nivel de costes de los dos tipos de tecnologías (conmutación de circuitos y voz sobre IP) no es realmente determinante para la tarifa final que paga el cliente. En otras palabras, los operadores tradicionales de tráfico de larga distancia y tradicional podrían, y seguramente lo harán, bajar los precios de forma que se llegue a un nivel de coste similar para una misma calidad de voz. Se prevé por tanto que sólo durante un período de cinco años existirán argumentos económicos en favor de la voz sobre IP.

Después de este período, serán otros argumentos los que favorezcan la utilización de técnicas de telefonía sobre IP, como son la posibilidad de multimedia, control del enrutamiento por parte del PC del usuario, unificación absoluta de todos los medios de comunicación en un sólo buzón, creación de nuevos servicios, etc.

Este tipo de servicios es nuevo, en el sentido que realmente no son simples sustitutivos de servicios existentes. Por esta misma razón no es fácil predecir la

evolución del mercado en este segmento. También es impredecible la cantidad de nuevos servicios que pueden surgir cuando uno de los extremos de la llamada, al menos, es un PC que a su vez está sujeto a una evolución tremenda.

2.4.2. Comunicación PC a teléfono y PC a PC

Para establecer una comunicación telefónica, no necesariamente se requiere como terminal un teléfono, sino que se puede utilizar un terminal multimedia equipado con tarjeta de sonido, micrófono y altavoces, como pueda ser un PC.

Ejemplos de alguno de los nuevos servicios que se apoyan sobre el concepto de voz sobre IP son:

- Servicios de "FreePhone", números gratuitos 900 y 800.
- Internet Call Center. Comunicación con un Agente del Centro de Atención de Llamadas asociado al Web visitado.
- Telefonía Multimedia sobre IP. Utilización de PCs como terminales de voz, datos y vídeo.

2.4.3. Diferencias entre Internet y la RTB

Hay diferencia muy significativas entre Internet y la RTB (Red Telefónica Básica), siendo la más importante la diferente técnica de conmutación que utilizan: paquetes y circuitos, respectivamente. Otra diferencia significativa es que Internet usa un enrutamiento dinámico basado en una dirección no geográfica, mientras que en la RTB el encaminamiento es estático y basado en una numeración asociada a una localización geográfica, el número telefónico. Por otro lado Internet tiene una arquitectura descentralizada, lo que resulta en una mayor flexibilidad y permite un despliegue más árido de las aplicaciones.

Un aspecto muy importante a destacar, que no tiene que ver con los técnicos, es la diferente regulación que afecta a una y otra red. Mientras que la RTB ha estado

y sigue sujeta a una extensa regulación en todos los países, que inhibe la competencia real, Internet es una red abierta que la favorece y promueve, para facilitar la entrada en nuevos mercados, aunque últimamente se están apreciando ciertos signos en sentido contrario.

Por otra parte, en muchos países las tarifas del servicio telefónico no se corresponden con los costes del mismo, lo que hace que resulten excesivamente altas, sobre todo para las llamadas internacionales, lo que crea una gran oportunidad para los servicios de voz sobre IP, a través de Internet, al ser su coste muy inferior al no depender de la distancia y aplicarse tarifa local, o utilizando una red IP privada constituida a tal efecto.

Dado que Internet se soporta sobre una nueva infraestructura de red (no se basa en la red telefónica aunque hace cierto uso de parte de ella y la mayoría de los usuarios la acceden a través de ella), obliga a recalcular los costes del servicio, establecer una nueva manera de tasación acorde con los mismos, e implantar una regulación adecuada a la nueva modalidad; estos factores son de una importancia estratégica ya que rompen los moldes tradicionales sobre los que se han basado los monopolios de los operadores. Una infraestructura basada en routers y gateways en la que la inteligencia se deja del lado de los terminales (PCs) es mucho más barata y económica de implantar y mantener -al menos en un factor de 1 a 10- que la tradicional red de conmutación telefónica en la que los terminales (teléfonos) son tontos.

Internet se concibió como una red telefónica para interconectar ordenadores, pero puede que en el futuro sea una red de ordenadores para conectar teléfonos y proveer una verdadera telefonía. Esta afirmación quizá sea un poco aventurada pero se ve avalada por ciertos estudios recientes que predicen que el tráfico de voz sobre Internet puede superar al de datos en el plazo de unos pocos años. De hecho, ya el volumen de tráfico total sobre Internet supera al de voz sobre las redes telefónicas.

2.4.4. Telefonía de larga distancia

La VoIP es muy adecuada para dar un servicio de telefonía de larga distancia a bajo coste ya que todas las llamadas se facturan como locales. Los clientes son típicamente los carriers tradicionales, y una nueva categoría de ISP, los ITSP, nacida específicamente para este mercado.

En estos momentos, los grandes ahorros en cuanto a la telefonía sobre IP se realizan en las llamadas internacionales. La relativa falta de competencia en este segmento hace que los precios sean altos, y los mecanismos de compensación internacionales no favorecen la aparición de nuevos operadores con mejores precios, porque siempre tendrán que acordar cómo transportar el tráfico por las redes de los operadores existentes.

Además de la comunicación Teléfono a Teléfono, estos clientes demandan comunicaciones PC a Teléfono, servicios de Fax, enrutamiento en función del coste, tasación y contabilidad en tiempo real, etc.

Componentes de las redes VoIP

Las redes de voz sobre IP suelen contener tres (o cuatro) componentes fundamentales:

- Clientes H.323, PCs multimedia conectados directamente a una red IP
- Gateways de Voz/IP
- Gatekeeper, para controlar las comunicaciones de voz sobre IP
- MCU H.323, opcional, para permitir conferencias con más de dos participantes

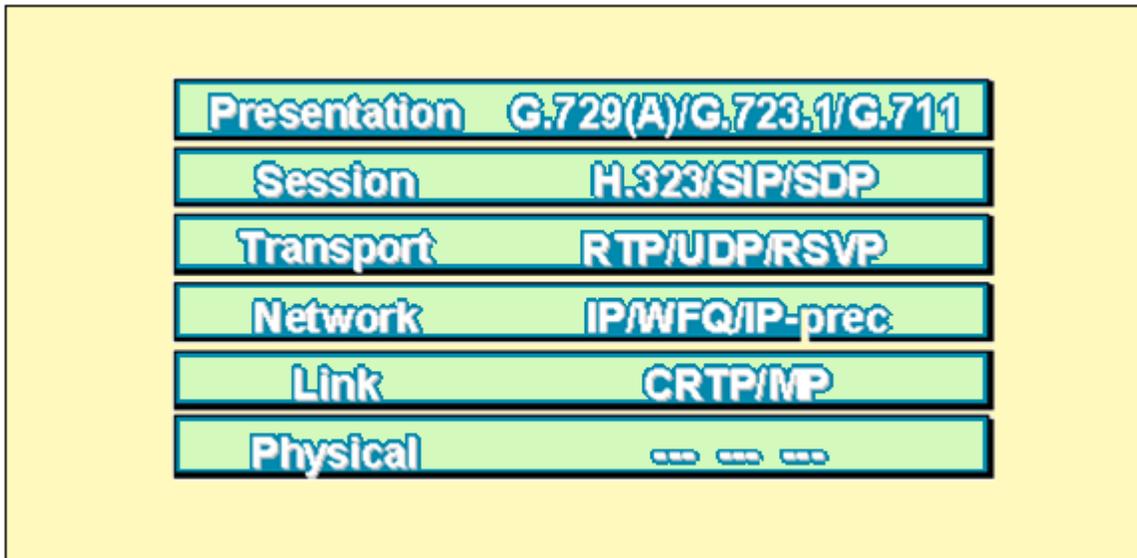


Figura. 2.33. Pila de protocolos de Voz sobre IP

Cliente Multimedia: Se trata normalmente de un PC multimedia (tarjeta de sonido, micrófono y altavoces), que opcionalmente dispone de una cámara. Se comporta como un terminal H.323 y T.120

Gateways De Voz/Ip

El Gateway de Voz/IP es el componente clave de una solución de voz sobre IP al facilitar la conversión de las llamadas telefónicas convencionales al mundo de IP. Normalmente, tienen interfaces analógicas o digitales (PRI, PUSI) a la red telefónica, y disponen de interfaces Ethernet, Frame Relay o ATM hacia la red IP.

Gateway H.323/H.320: Básicamente, realiza la conversión entre estos dos formatos de forma que los terminales H.323 se pueden comunicar con equipos RDSI de videoconferencia, que pueden formar parte de la red corporativa o están situados en la red pública.

Gateway H.323/RTB (Voz sobre IP). Posibilitan las comunicaciones de voz entre los terminales H.323 y los teléfonos convencionales, estén en la red corporativa o en la red pública.

Gatekeeper

El Gatekeeper es un punto central de control en una red H.323, proporcionando servicios de control de llamada, traducción de direcciones y control de admisión. Además facilita el control del ancho de banda utilizado y localiza los distintos gateways y MCU's cuando se necesita.

Gatekeeper H.323: Está siempre presente para controlar las llamadas en la Intranet Pública (o red corporativa). Todos los elementos de red de MMTS (terminales, Gateways, MCU) tienen que usar el Gatekeeper como punto intermedio para la señalización. De esta forma se tiene un control de los accesos, seguridad, movilidad del usuario, y tarificación si se da el caso.

2.4.5. MCU para H.323 y T.120

Se utiliza cuando han de intervenir más de dos partes en una conferencia. La MCU (Multimedia Conference Unit) es responsable de controlar las sesiones y de efectuar el mezclado de los flujos de audio, datos y video.

La norma H.323

Actualmente, las redes desplegadas para la transmisión de voz sobre IP son en su mayor parte propietarias, utilizando mecanismos de señalización, control y codificación de la voz propios de los suministradores, y con muy poca o sin ninguna interoperabilidad entre ellas. La norma H.323 de ITU viene a poner luz sobre este tema y es, a partir de ahora, prácticamente de obligado cumplimiento para los suministradores. Entre otras cosas, el hecho de que NetMeeting, un cliente H.323 desarrollado por Microsoft para Windows 95, 98, 2000 y Windows NT, se entregue de

forma gratuita, es prácticamente una garantía de que esta es la norma que hay que cumplir.

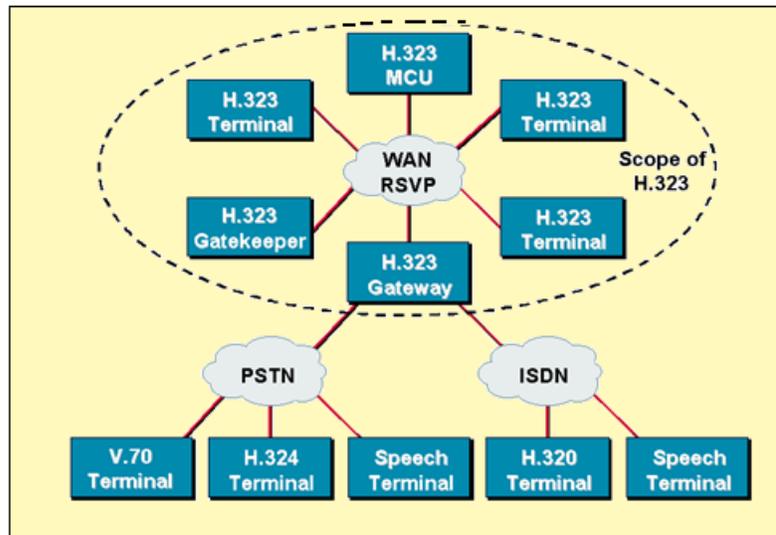


Figura. 2.34. Alcance de la norma H.323

La norma H.323 es muy compleja al integrar no sólo voz sobre IP, sino también comunicaciones multimedia. La presencia de un Gatekeeper como elemento centralizado de control de la red es uno de los aspectos fundamentales de la norma. Existen diferentes variantes de codecs en la norma, pero se acordó a mediados de 1997 en un consorcio denominado IMTC, en el que están presentes Microsoft, Cisco, HP, etc., que el codec preferido para voz sobre IP es el apoyado por Microsoft, G.723.1, que funciona a 6,4 kbit/s totales (total de ambos sentidos), más el overhead causado por cabeceras de IP y UDP (unos 10 kbit/s es el resultante). Cisco, de momento, sigue utilizando G.729a, que resulta menos exigente en cuanto a capacidad de proceso.

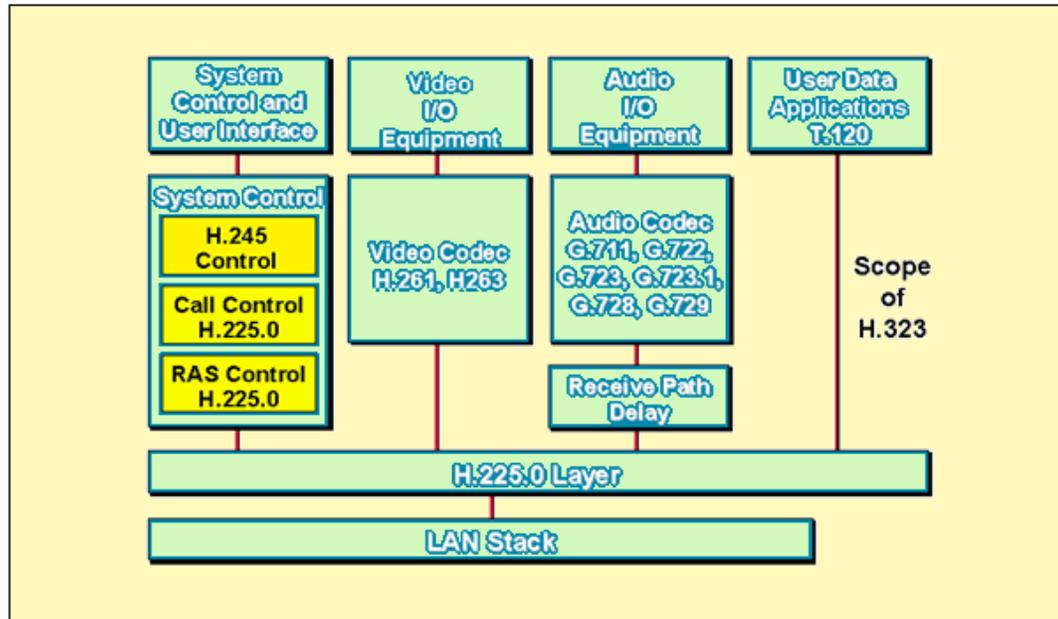


Figura. 2.35. Normas adicionales incluidas en H.323

El mayor problema, con mucho, que enfrenta la voz sobre IP, es el de los retrasos acumulados en el tránsito de los paquetes y en el propio proceso de codificación. En la Internet global, los retrasos pueden llegar a ser del orden de dos segundos, impidiendo cualquier posibilidad de una conversación normal. La causa principal de estos retrasos es la pérdida de paquetes, que en muchos casos puede llegar a un 40%. La única manera de mantener este tipo de cifras bajo control es trabajar en una red privada, dimensionada para este tipo de tráfico, o introducir conceptos de calidad de servicio (QoS) en la Internet, algo que todavía está lejano.

Esta es la razón por la que la mayor parte de proveedores de voz por Internet disponen de una red dedicada para este propósito, ya que de otra manera no se puede conseguir la calidad requerida por los usuarios, sobre todo si pertenecen al mundo empresarial.

2.5. VIDEO SOBRE DEMANDA (VOD)

2.5.1. Definición

El video sobre demanda es una operación sincronizada para alimentar, transformar, almacenar y distribuir materiales, considerando las características particulares de cada caso y las redes de distribución.

El video sobre demanda es un proceso únicamente lineal, que tiene un detallado engranaje especial que se debe mover con sumo cuidado, dado que el sistema tiene que estar perfectamente acoplado para que el resultado final sea el deseado.

Este complejo mecanismo de aplicación de los sistemas presenta diferentes problemas con diferentes soluciones. En este caso se tienen que considerar los codificadores, las máquinas, los equipos o dispositivos especialmente dedicados a convertir el video analógico en un video digital, para que pueda ser manipulado a través de una computadora.

2.5.2. Características

La codificación de video, se hace a través de una computadora tradicional que cuenta con un dispositivo especial: mediante una tarjeta se busca representar digitalmente los valores percibidos en el video, es decir, los valores de imagen, colores, densidad, percibidos de una manera externa, a los cuales se les asigna valores en bites.

Para proyectar un video se emplean procesadores altamente especializados que por medio del hardware implementan la asignación del código para ese video. Esos proyectores cuentan con tarjetas digitalizadoras que pueden enviar directamente desde la tarjeta la transmisión de video como si fueran sólo datos.

Para la codificación del video hay que saber qué hacer con los datos que se están codificando, así como conocer medios de almacenamiento eficientes. De este modo, conforme estamos recibiendo la información, podemos contar con una tarjeta de video para tener la capacidad de guardar la información. Es importante contar con los medios de distribución para el envío inmediato y evitar el retraso.

El video no genera tráfico, sino que se trata de un flujo continuo de información. Sin embargo, el generador del video tiene que tener un equipo con suficiente capacidad en su disco local para guardarlo mientras se envía, mientras que la videotransmisión la ejecutan los servidores video. Estos deben colocarlo sobre una red, debidamente etiquetados y numerados para que cuando lleguen a su destino puedan ser reconstruidos.

Es muy importante considerar la continuidad, porque aunque el envío de video es muy sencillo, hay que considerar el tiempo de retraso y tener en cuenta dos posibles mecanismos

para evitar los retrasos mayores a un tercio de segundo. Hay casos en el que es cuestión de segundos, por ejemplo cuando un usuario solicita la transmisión de un evento o una actividad que se realiza en alguna parte del mundo, y no se tiene referencia de la hora de ese lugar, entonces se pueden recibir de 1 a 5 segundos después.

El video-diálogo es una tecnología utilizada en los sistemas de videoconferencia y que ocupa la primera técnica mencionada anteriormente. Para este tipo se utilizan protocolos de H323, que si implican una velocidad directa.

Los equipos tienen que codificar la señal de video y enviarla directamente al medio de transmisión, no requieren capacidad de almacenamiento y se acoplan a las necesidades actuales.

Es importante que se describan los materiales en sus diferentes dimensiones: primero en su conjunto como si fuera un videocassette, su capacidad; después la forma como se desarrolla el video y el lugar, y en tercer lugar el contexto de su contenido, es decir, los segmentos que conforman el video.

Para ejecutar un esquema de videos bajo demanda, es necesario reconocer las fuentes de información, los relatores, el jefe de piso, el productor; que indiquen cuando tienen más de una fuente, cuál es el segmento apropiado con el que se quiere ilustrar y al mismo tiempo, tener una persona que conozca qué es lo que el cliente quiere.

Además de la persona que opere el centro de cómputo y también los servicios de información, se necesita de alguien que reconozca la importancia de tener las redes de información en buen estado, con un buen nivel y control de calidad.

Los videos bajo demanda se hacen de acuerdo al tipo de usuario, considerando diferentes perfiles: edad, actividad, entretenimiento, deportes, docencia, idiomas, etcétera.

Con Internet2 se abre un conjunto de posibilidades de aplicación, por ejemplo la conferencia que se llevó en Internet a través de 60 sitios distribuidos en todo el mundo, por medio del estándar H323. El segundo punto fue la iniciativa de video digital, que es la iniciativa de Internet2, para la transmisión de los esfuerzos de video digital a la Universidad de Tennessee. Otro caso es la iniciativa de investigación en televisión, utilizando la televisión con propósitos de investigación.

2.5.3. Modo Operativo del Video Sobre Demanda

La importancia de utilizar esta tecnología se refiere a la capacidad para optimizar la cantidad de flujos que se distribuyen a través de la red, evitando el envío de copias innecesarias; también implica el servicio de previsión de demandas, porque al conocer la petición de un video, es posible entregarlo con el tiempo suficiente, muy bien programado y con buena calidad, proceso similar a la entrega por adelantado, además de la buena administración de usuarios y la capacidad de contabilizar el uso de videos.

Cada uno de los programas de video es codificado en un formato MPEG-II y almacenado en el servidor de VOD. Cuando la señal de video MPEG-II es solicitada, antes de enviarse al suscriptor, se modula en QAM en un canal RF seleccionado dinámicamente antes de ser combinado con la señal de difusión CATV. Con el programa de video en formato digital y la transmisión en esquema digital, el sistema VOD provee una solución total con técnicas digitales que garantizan calidad de imagen y confiabilidad en la red.

Hablando de manera general, un sistema de VOD requiere invariablemente de tres componentes principales: el servidor de video, cuya función es almacenar los programas y permitir el acceso a ellos, la red que interconecta al suscriptor y la caja o "set-top box", que funciona como la interfaz entre el equipo de TV y los servicios de VOD. El video que se ofrece a través de este servicio es almacenado de manera digital en el servidor de video y se transmite en un formato comprimido y codificado, para que después de que el suscriptor haya solicitado un programa, éste sea decodificado en su hogar por el "set-top box".

Mientras que el suscriptor ve su película favorita, puede llevar a cabo funciones como pausa o detención, las cuales son seleccionadas por el usuario en su control

remoto, se procesan en el "set-top box" y se envían al servidor local, que en caso de no poder completar la solicitud, la envía al servidor de video, tratándose como un sistema jerárquico. Dependiendo del ancho de banda disponible, se pueden tener varios servidores de video corriendo simultáneamente.

Cuando se ofrecen servicios interactivos, existe además un Sistema de Televisión Interactiva responsable de proveer el servicio y de cargar el contenido en los servidores de video. Estos servidores deberán contar con una alta capacidad de almacenamiento, así como dispositivos de transferencia multimedia, responsables de conseguir una reproducción confiable y eficiente. Los servidores se conectan después a los conmutadores de la red, capaces de dirigir el contenido solicitado a los canales QAM (Modulación en Amplitud por Cuadratura, por sus siglas en inglés) correspondiente y grupos de servicio, y llevan a cabo la multicanalización estadística necesaria y la adaptación de las tasas de transferencia. Los moduladores y los dispositivos encargados de trasladar las señales a una banda superior del espectro, representan el bloque final, antes de llevar a cabo la transmisión a través de la red HFC (Híbrida Fibra-Coaxial) de banda ancha.

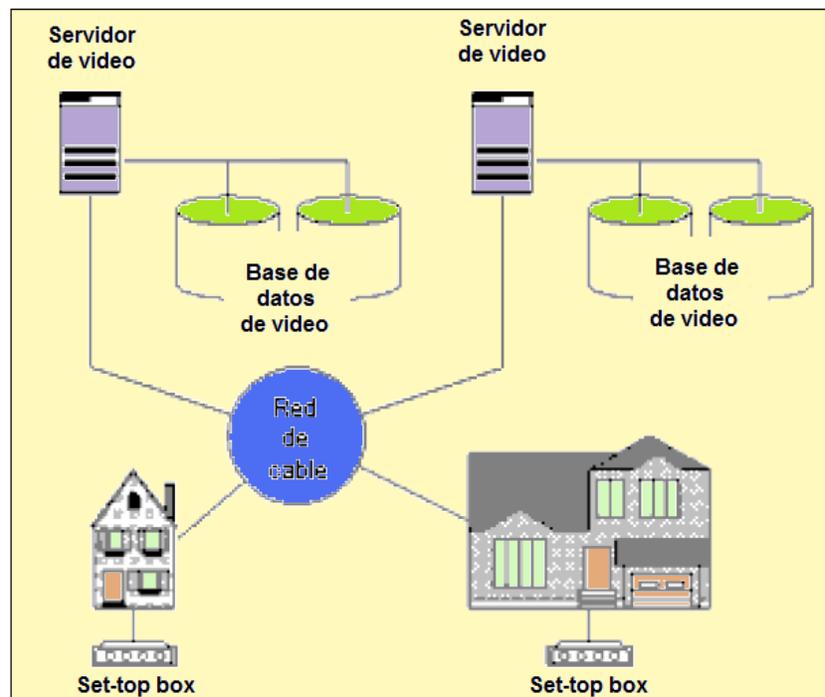


Figura. 2.36. Arquitectura básica de un sistema VOD

Actualmente se emplean dos diferentes arquitecturas para el transporte y la entrega de servicios por demanda. La decisión para elegir entre una y otra depende de diferentes consideraciones que deben tomarse en cuenta. La arquitectura centralizada coloca todos los servidores de video en el "headend" y a partir de aquí, el contenido se distribuye a los concentradores primarios y secundarios, donde posteriormente se dirige a los nodos que hacen llegar la señal a la terminal digital del usuario. Las arquitecturas distribuidas, por el contrario, emplean un sistema en el "headend" que provee el control de los servidores de video, colocados cerca de los concentradores primarios o secundarios. Estos servidores de VOD se encargan de almacenar y enviar el contenido a las áreas de servicio y finalmente, a las terminales del suscriptor.

Mientras que en la arquitectura distribuida no existen variaciones, las arquitecturas centralizadas sí las presentan. La primera de estas variaciones se conoce como "Transporte Analógico Opto-Electrónico de Señales Digitales QAM", tecnología que emplea elementos como servidores de video, moduladores QAM y

equipo opto-electrónico DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) localizado en la central. La función principal de este equipo es distribuir las señales alrededor de un anillo de fibra óptica a los concentradores primarios y secundarios. En el concentrador, los receptores y multicanalizadores DWDM separan el contenido por demanda antes de combinarlo con las otras señales transmitidas y lo distribuyen empleando fibra óptica estándar de 1310nm o 1550nm. DWDM se utiliza normalmente para minimizar el número de hilos de fibra que se encuentran entre la central y los concentradores, y para aumentar la capacidad de expansión de la red.

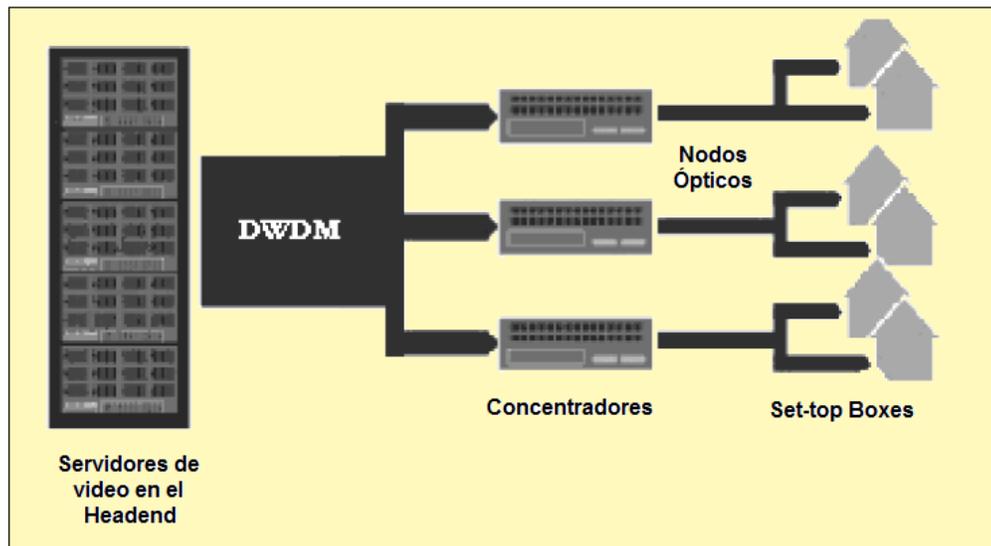


Figura. 2.37. Arquitectura Centralizada

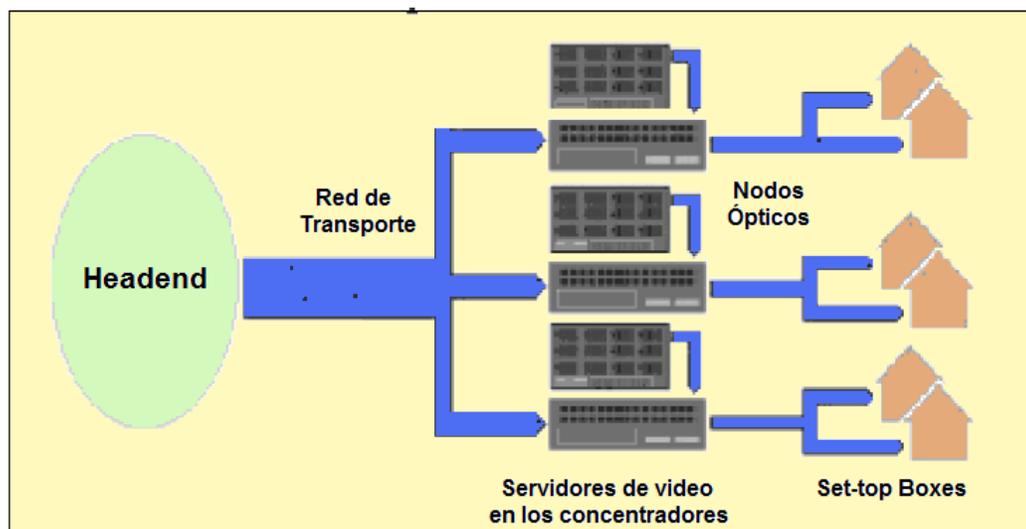


Figura. 2.38. Arquitectura distribuida

La otra metodología consiste en utilizar un transporte óptico digital para comunicar al "headend" con los concentradores primarios y secundarios. Para llevar a cabo esta tarea, los servidores de video permanecen en la central maestra junto con el equipo de transporte digital que codifica y transporta las señales. Así, en los concentradores se lleva a cabo la decodificación y se convierte a las señales en su formato original para posteriormente ser insertadas en los moduladores QAM. Las señales resultantes finalmente se combinarán con las otras señales transmitidas para poder ser distribuidas a los usuarios.

Existen diferentes variedades de equipo de transporte digital disponible para emplearse utilizando esta última metodología, entre las que destacan SONET (Red Óptica Síncrona, por sus siglas en inglés), ATM (Modo de Transferencia Asíncrono, por sus siglas en inglés) sobre SONET y otras tecnologías de transporte de paquetes o IP (Protocolo de Internet, por sus siglas en inglés) que utilizan protocolos de reciente desarrollo, tales como RPR (Resilient Packet Ring).

En un modelo de comunicación no orientado a conexión, los componentes del sistema intercambian información sin que exista una correspondencia que coordine este intercambio. Las redes no orientadas a conexión, por lo tanto, no garantizan la correcta entrega de paquetes debido a que cada conexión se establece de manera independiente entre cada par de nodos. Por el contrario, en un modelo orientado a conexión, ésta se establece antes de iniciarse el intercambio de contenido y existe cierta garantía de entrega mediante el uso de códigos de detección de errores y mecanismos de control de flujo, además de incorporar características de Calidad de Servicio (QoS, por sus siglas en inglés). VOD requiere de un modelo de comunicación orientado a conexión para satisfacer los requerimientos de entrega de contenido en formato MPEG-2, un estándar desarrollado por la "Moving Pictures Experts Group" para comprimir, codificar y transportar video con altas tasas de transferencia. Si las capas más bajas de la red no pueden proveer características

orientadas a conexión, las capas más altas, como la capa de aplicación, deberán hacerlo.

El contenido multimedia con que cuentan los servicios de video por demanda consiste de audio, video y datos. Toda esta información, que ha sido comprimida con el objeto de reducir la cantidad de contenido que se transmitirá, es posteriormente segmentada en paquetes de acuerdo con la especificación de MPEG-2. Una vez hecho esto, los paquetes son multicanalizados junto con información necesaria de sincronía en una sola cadena de transporte (SPTS, Single Program Transport Stream) que puede también combinarse con otras cadenas para formar cadenas múltiples (MPTS, Multiprogram Transport Stream). De esta forma, el contenido está listo para transmitirse en formato MPEG-2 a través de la red y ser recibido por la terminal digital del usuario final.

Como se comentó anteriormente, es necesario conocer determinados aspectos del Acceso Condicional (AC) para poder entender mejor la distribución de servicios de VOD. Existen dos conceptos muy importantes relacionados con los mensajes de administración de autorización (EMMs) y los mensajes de control de autorización (ECMs) que se encuentran ligados al AC. (Referente al direccionamiento y al encriptado)

El direccionamiento está íntimamente relacionado al AC. Hoy en día, la mayor parte de los operadores de las redes de cable implementan el direccionamiento a través de EMMs. Puesto que un suscriptor sólo puede ver el contenido por demanda al que tiene derecho, el escenario supone al usuario ordenando un programa de VOD desde su hogar, y recibiendo después un EMM. El servidor de video recibe la solicitud y la pasa al sistema de cobro de usuarios o al Sistema de Administración de Servicios (SMS, por sus siglas en inglés), el que determina si el suscriptor puede ordenar el contenido de VOD, y de ser así, envía una instrucción al AC para generar un EMM que se transmite al suscriptor para poder recibir el contenido.

El problema con este método de direccionamiento es que la respuesta depende del tiempo que tardan el SMS y el AC para habilitar al usuario, lo cual pudiera provocar un desempeño intolerable de ambos sistemas durante horas pico y generar molestia en el suscriptor debido al considerable retraso para recibir el contenido. Ante este problema, una alternativa en el direccionamiento consiste en evitar los EMMs, permitiendo al usuario utilizar la dirección del ECM.

Otra forma de direccionamiento emplea sesiones o categorías. En los servicios de VOD basados en sesiones, el contenido por demanda es direccionado y encriptado, de tal forma que un único suscriptor pueda descifrar el contenido en el momento en que lo reciba, lo cual normalmente se consigue llevando el direccionamiento a una tarjeta de identificación o caja única. Algunos operadores desean que los suscriptores pertenezcan a cierta categoría de servicio en particular, como requerimiento para poder ordenar VOD, lo cual puede verse como una restricción adicional al direccionamiento basado en sesiones, o ser completamente independiente de él.

Los operadores que restringen a ciertas categorías a sus usuarios y utilizan direccionamiento mediante EMMs, necesitan que el SMS verifique que el suscriptor pertenezca a ese grupo, antes de generar la instrucción que se enviará al AC, lo cual implica mayores retrasos y un peor desempeño de los sistemas. Una arquitectura distribuida, en la que los servidores de video se colocan en los concentradores, reducirá notablemente el tráfico de la red y permitirá manejar una mayor cantidad de suscriptores. Sin embargo, el costo del equipo es, en consecuencia, mayor al de una arquitectura centralizada.

Además de las consideraciones en cuanto al direccionamiento, los operadores de la red deben encriptar el contenido por demanda, antes de que éste sea distribuido a través de la "última milla". Lo anterior se debe a que cualquier "set-top

box" conectado a la red de cable, que cuente con la información de sintonización adecuada, podría adquirir el contenido de VOD reproduciéndose en ese momento. Existen dos formas de encriptar las señales de video por demanda: pre-encriptado y encriptado en tiempo real.

El pre-encriptado garantiza que el contenido de VOD nunca se distribuye en forma "limpia" a través de la red del operador, principalmente entre el "headend" y los servidores de video localizados en los concentradores. El pre-encriptado presenta como ventaja la reducción de equipo que realice esta tarea en el "headend" o en los concentradores. Sin embargo, el ahorro es mínimo a menos que se cuente con servidores de video que al mismo tiempo modulen y trasladen la señal a una banda más alta del espectro, ya que para llevar a cabo estas funciones, aún se requiere del mismo equipo de compresión. En consecuencia, el pre-encriptado puede implementarse únicamente en sistemas de VOD que presentan una arquitectura centralizada.

Por su parte, el encriptado en tiempo real implica que el contenido por demanda en el concentrador o "headend" se encripte al momento de la reproducción. La mayor parte de los servidores de video y equipo de multicanalización son lo suficientemente robustos para manejar grandes cargas de información para llevar a cabo el encriptado. Cabe señalar que al momento de la reproducción se genera un ECM de sesión para asegurar que únicamente el "set-top box" del suscriptor que ordena el evento podrá decodificar el contenido por el que pagó.

Como cualquier otra tecnología, VOD ha pasado por un difícil proceso para tomar el lugar en el que se encuentra actualmente. A pesar de que en un principio Bell Atlantic y Time Warner demostraron que esta tecnología era posible, los costos eran injustificables para satisfacer su modelo económico. Pero gracias a la continua disminución de los precios de banda ancha, VOD ha adquirido una inmejorable posición en cuanto a distribución de video y de contenido multimedia se refiere. Una

vez que la red de cable ha sido actualizada, los costos de operación son relativamente bajos porque el operador de la red conoce lo suficiente para implementar servicios bidireccionales y trabajar con cajas digitales.

2.6. TELEVISIÓN SOBRE IP (IPTV)

2.6.1. Definición

Internet Protocol Television (IPTV) se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. A menudo se suministra junto con el servicio de conexión a Internet, proporcionado por un operador de banda ancha sobre la misma infraestructura pero con un ancho de banda reservado.

IPTV no es un protocolo en sí mismo. El IPTV o Televisión sobre el protocolo IP, ha sido desarrollado basándose en el video-streaming. Esta tecnología transformará en un futuro próximo la televisión actual, aunque para ello son necesarias unas redes mucho más rápidas que las actuales, para poder garantizar la calidad en el servicio.

A diferencia de la situación actual, el proveedor no emitirá sus contenidos esperando que el espectador se conecte, sino que los contenidos llegarán solo cuando el cliente los solicite. La clave está en la personalización del contenido para cada cliente de manera individual. Esto permite el desarrollo del Pay per view o pago por evento o el video bajo demanda. El usuario dispondrá de un aparato receptor conectado a su ordenador o a su televisión y a través de una guía podrá seleccionar los contenidos que desea ver o descargar para almacenar en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee.

La programación que las empresas ofrecerán está basada tanto en los canales tradicionales, como en canales más específicos sobre un determinado tema, para que el cliente seleccione los de su gusto. Además se emitirán eventos deportivos o películas de estreno bajo pago por visión, es decir abonando una cantidad adicional a la tarifa del servicio para poder verlas. Se trata de comprar los contenidos que se deseen ver para confeccionar una televisión a la carta. La IPTV gracias a sus características permitirá almacenar los contenidos para verlos las veces que se desee, pero además permitirá realizar pausas, avanzar, retroceder... etc. como si de una cinta de video o DVD se tratase.

En el sector publicitario, al tratarse de información que llega a través de internet, podrían personalizar sus anuncios, para que el usuario con tan solo hacer un clic pueda acceder a la compra de sus productos...

Adicionalmente se espera dentro de los servicios, métodos de búsqueda y restricciones, es decir que los padres pueden bloquear cierto contenido en IPTV que solo puede ser mostrado previa verificación de una clave parental, así mismo puede buscar por ejemplo todos los programas, series o películas en que actúe tal o cual autor o que sean de tal o cual género.

Es aplicable en países con buena penetración de conexiones de banda ancha, aunque en algunos como en el caso de Ecuador a pesar de no existir alto nivel de usuarios con Banda Ancha, se espera para fines del 2007 ya tener operadoras prestando este servicio localmente...

2.6.2. Requerimientos para IPTV

Para que la IPTV television IP pueda desarrollarse de una manera completa es necesario aumentar la velocidad de las conexiones actuales. Podemos diferenciar

dos tipos de canal: de definición estándar SDTV o de alta definición HDTV. Para un canal del primer tipo sería necesario tener una conexión de 1.5 Mbps y para un canal del segundo tipo 8 Mbps. Si tenemos varios canales distintos (por tener varios receptores de televisión por ejemplo) necesitaremos más ancho de banda. A este ancho de banda hay que sumar el necesario para la conexión a internet. Estamos hablando de 4.5 Mbps para tres canales de SDTV u 11 Mbps para un canal HDTV y dos SDTV. En todo caso se utiliza la tecnología Mpeg-4 para la compresión/codificación del vídeo.

2.6.3. Funcionamiento

Partes de la que consta

Existen una serie de áreas interrelacionadas para poder ofrecer IPTV. Estas son:

- Adquisición de la señal de video
- Almacenamiento y servidores de video
- Distribución de contenido
- Equipo de acceso y suscriptor
- Software

Adquisición del contenido

El contenido se puede obtener a través de internet de algún proveedor de contenidos o de un distribuidor de señales de televisión. Se utilizan unos dispositivos llamados codificadores para digitalizar y comprimir el video analógico obtenido. Este dispositivo llamado codec, habilita la compresión de video digital habitualmente sin pérdidas. La elección del codec tiene mucha importancia, porque determina la calidad del video final, la tasa de bits que se enviarán, la robustez ante las pérdidas de datos y errores, el retraso por transmisión... etc.

Formatos de video empleados

Los formatos empleados por IPTV más usualmente son:

- H.261: Se utilizó para videoconferencia y video telefonía y sirve como base para otros.
- MPEG-1: Logra calidad similar a VHS y además es compatible con todos los ordenadores y casi todos los DVD.
- MPEG-2: Es el usado en los DVD y permite imagen a pantalla completa con buena calidad.
- H.263: Permite bajas tasas con una calidad aceptable. Usado en especial para videoconferencia y videotelefonía.
- MPEG-4 parte 2: Calidad mejorada respecto a MPEG-2
- MPEG-4 parte 10: Es el más usado actualmente por una gran variedad de aplicaciones.
- WMV: Se utiliza tanto para video de poca calidad a través de internet con conexiones lentas, como para video de alta definición. Puede considerarse una mejora del MPEG-4

Servidores

Los servidores realizan varias acciones como son:

- Almacenamiento y respaldo de los contenidos
- Gestión del video bajo demanda
- Streaming de alta velocidad

Se tratan de servidores IP basados en los sistemas operativos que permiten enviar distintos flujos de video a la vez. La red de transporte ha de ser de alta capacidad para permitir el flujo bidireccional de datos, controlar los datos de sesiones, la facturación de los clientes...etc. Lo más importante es la alta capacidad

de transferencia para poder ofrecer buena calidad a los clientes. En la red del proveedor del servicio se usan estándares como Gigabit Ethernet. La red de acceso es el punto donde termina la red del proveedor y comienza el equipo del usuario. En esta interfaz hay un dispositivo encargado de decodificar la información para poder verla en un televisor convencional. El software se encarga de proporcionar al usuario los servicios a través de un sistema de menús en la pantalla de su televisor. Permite la interacción entre el cliente y el sistema.

2.6.4. IPTV En el Mundo

En España, varias empresas de comunicaciones están empezando a ofrecer IPTV. Telefónica ofrece un servicio de televisión IP bajo el nombre de Imagenio. La compañía de telecomunicaciones Jazztel también se ha unido al carro de esta tecnología y ofrece el servicio con el nombre Jazztelia TV. Orange también ofrece su servicio de televisión llamada Orange Tv. Superbanda, también ofrece un servicio de televisión digital. Ya.com (Deutsche Telekom) también ofrece un servicio de IPTV, llamado YACOM TV, que utiliza la tecnología de Microsoft Tv y Alkatel. En el resto de Europa también diversas compañías empiezan a ofrecer sus servicios de IPTV.

El país pionero fue el Reino Unido y su empresa “Kingston interactive TV”. En Francia, France Telecom lanzó su primer producto de IPTV a finales de 2003. Deutsche Telecom en Alemania lanzó su apuesta por IPTV en 2004. La empresa italiana Fastweb está ofreciendo IPTV sobre redes con conexiones 20 veces mayor que la actual y es uno de los mayores referentes en Europa de estos servicios. En EE.UU. las compañías Verizon y Bellsouth están comenzando a ofrecer sus servicios en este campo y desarrollar sus infraestructuras. En múltiples ocasiones, las operadoras telefónicas ofrecen IPTV junto a servicios de telefonía y conexión de banda ancha a internet. Esta combinación se denomina “triple play”. En cuanto a compañías dedicadas a la tecnología, Microsoft ha sido la que ha mostrado una mayor intención por desarrollar su tecnología para ofrecer Televisión sobre IP. Se basa en su tecnología “windows media series” que permite descargar desde internet miles de videos, con películas o capítulos de las series televisivas. En Chile

Telefónica Chile pretende lanzar durante el 2007 su servicio de IPTV, complementando su actual servicio de Television Satelital "Telefonica TV Digital", para así ofrecer diversos servicios interactivos como IPPV y Video On Demand entre otros, incluso la empresa Telsur o Telefónica del Sur también planea lanzar próximamente este servicio para así complementar su actual oferta de Television proporcionada por DirecTV.

Otro de los conceptos que comienzan a tener furor en la red son las IPTV a la carta o televisiones por internet que permiten ofrecer contenidos a medida. Un ejemplo de estas plataformas de televisión las empresas narrowstel y Hooping televisión. Este nuevo concepto de televisión permite a las empresas, organismos o cualquier colectivo dispone de su propio canal de televisión conectado con el mundo, sin los grandes costes de los sistemas tradicionales de televisión.

2.6.5. Tendencias futuras

A medida que pase el tiempo, las compañías irán perfeccionando y mejorando los contenidos que ofrecen de televisión sobre IP. Podrán ofrecer un mayor número de canales, puesto que el límite solo lo pone la capacidad de los servidores. Se estima que en 2009 la televisión sobre IP represente un 10% del total de televisión de pago en Europa. A corto plazo a medida que se vaya difundiendo, cambiará nuestra manera de ver la televisión. Podremos ver a la hora que queramos la película o programa que deseemos y veremos solo lo que decidamos ver. Será una televisión "a la carta" confeccionada completamente al gusto de cada espectador.

Existe una compañía valenciana, que ha desarrollado un software de gestión llamado codistream único en el mundo para gestionar televisiones IP, esta compañía se llama www.hooping.tv

CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL

3.1. LEVANTAMIENTO DE LA CANALIZACIÓN

Como bien mencionamos en el Capítulo I la canalización es la infraestructura que conecta la sala del distribuidor general con los armarios de sub-distribución, para este caso será la conexión entre el armario digital (NAR) y los Armarios de distrito D20, D20A y D21, tomando en consideración las diferentes acometidas hacia los conjuntos aledaños, de los cuales algunos se encuentran aún en construcción, lo que posibilitará la instalación de cables primarios de mediana capacidad. Los tramos de canalización se interconectan por medio de pozos, para lo cual es necesario realizar el Levantamiento de Canalización en el cual se consideran los siguientes aspectos:

Determinar la canalización existente:

Este procedimiento se lo realiza para identificar por donde se enrutararán los cables de red primaria y en caso de no poseer la infraestructura necesaria para el paso del cable se deberá incrementar la infraestructura en lo que respecta a la canalización y pozos.

Destapar los pozos existentes:

Esta actividad es de suma importancia ya que la misma nos permitirá identificar de cuantas vías es el pozo y cuántas de ellas se encuentran en estado libre u ocupado, lo que permitirá establecer la factibilidad de enviar los cables de red

primaria hacia los distritos en mención o proceder conjuntamente con la zona a la descongestión de vías ocupadas.

En el proceso del Levantamiento de Canalización primero se estableció en que el lugar se instalará el armario digital (NAR), para ello se acordó con los moradores del conjunto Real Alto se entregue por parte de ellos un espacio de terreno en comodato a ANDINATEL S.A. para la instalación del mencionado armario digital y desde este servir a los Armarios de Distrito y algunos conjuntos aledaños como son el Conjunto Zaragoza y el Conjunto Villaggio.

En este proyecto el Levantamiento de Canalización se lo considera por tramos, siendo estos la distancia que existe entre pozo y pozo, además se considera a toda la canalización existente en cuatro partes como se detallan a continuación:

Tabla. 3.1. Levantamiento de Canalización en diferentes trayectos

LEVANTAMIENTO DE CANALIZACIÓN EXISTENTE			
ITEM	INICIO	FINAL	CALLE
1	D20A	D20	CERRO MARIO
2	D20	D21	MACHALILLA
3	D 20	CJTO. ZARAGOZA	TOLITA
4	CJTO. ZARAGOZA	CJTO. VILLAGGIO	DE LOS RIACHUELOS

En la Tabla. 3.1., se considera los diferentes trayectos que se contemplan en el Levantamiento de canalización, en lo que respecta a inicio es desde donde se empezó a realizar el levantamiento y final es hasta donde llega ese intervalo, como se puede apreciar todo el levantamiento consta de cuatro Items y sus respectivas ubicaciones en el sector.

A continuación se presenta una tabla en donde se detalla la cantidad de vías libres, semilibres y ocupadas de cada tramo y consecuentemente de cada intervalo descrito en la tabla anterior.

Tabla. 3.2. Cuadro general del levantamiento de canalización por Distritos

INTERVALO	VIAS	TRAMO	LIBRES	SEMILIBRES	OCUPADAS
D20A-D20	4	1	3	1	0
		2	2	2	0
		3	2	2	0
D20-D21	4	1	1	1	2
		2	1	1	2
	3	3	1	1	1
		4	1	1	1
		5	1	1	1
		6	1	1	1
		7	1	1	1
	4	8	1	3	0
		9	1	3	0
		10	1	3	0
		11	1	3	0
D20-CONJT. ZARAGOZA	4	1	0	4	0
		2	0	4	0
	2	3	0	2	0
CONJT. ZARAGOZA- CONJT. VILLAGIO	2	1	1	1	0
	1	2	0	1	0
	2	3	2	0	0
	1	4	1	0	0

En la tabla anterior se puede contemplar los intervalos por los cuales cruza la canalización existente y por donde pasará la Red Primaria hacia los armarios, también podemos apreciar la cantidad de vías libres, semilibres y ocupadas, a continuación se presenta un grafico en el que se puede visualizar de una manera más objetiva la representación de la tabla anterior.

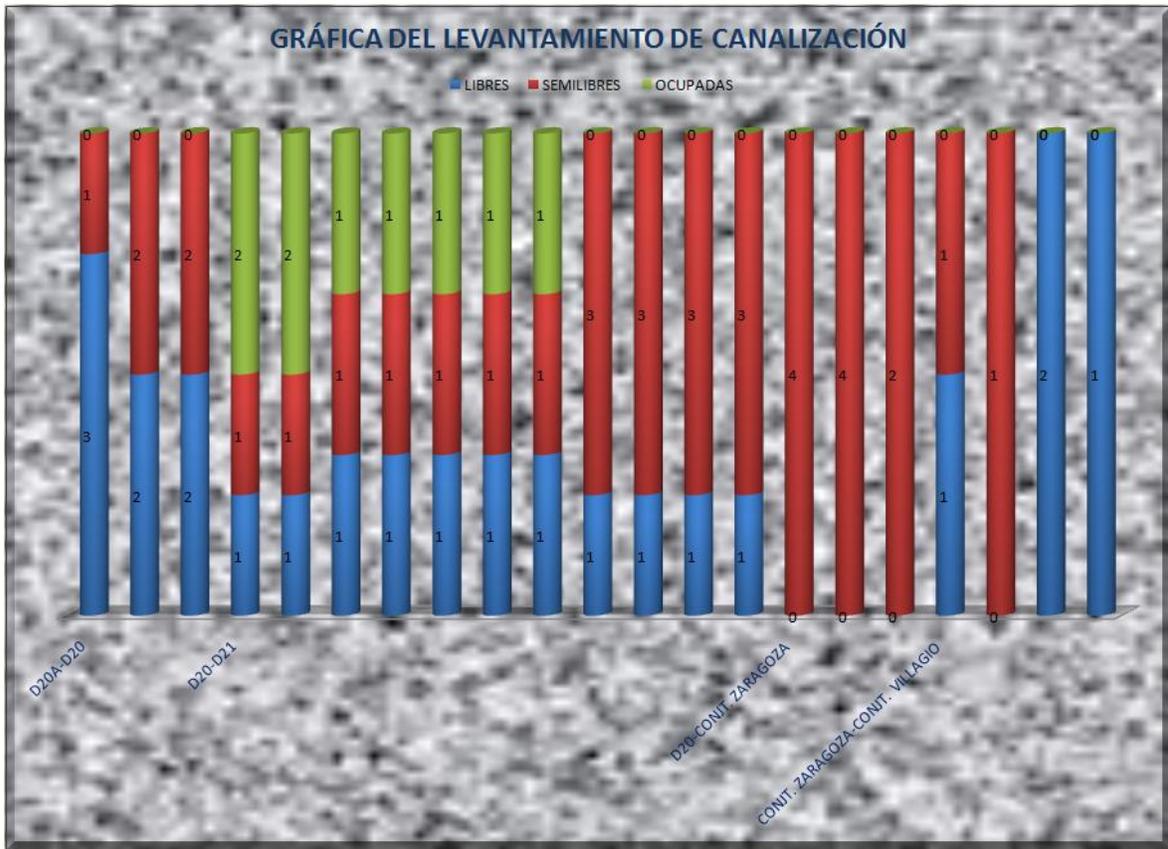


Figura. 3.1. Gráfica del Levantamiento de Canalización con enfoque de vías libres, semilibres y ocupadas.

En el gráfico anterior se puede observar los intervalos que se han predeterminado para el paso de cable primario lo cual consta en la parte inferior del gráfico, además se puede observar que existen 21 barras las mismas que pertenecen a cada intervalo de la canalización existente, a su vez éstas barras manifiestan el número de vías libres, semilibres y ocupados en cada intervalo de la canalización.

Análisis:

Como se puede apreciar en la fig (), se contempla cuatro intervalos de canalización existente los mismos que son; D-20A al D-20, D-20 al D-21, D-21 al CNJT ZARAGOZA y CNJT. ZARAGOZA AL CNJT VILLAGGIO.

En el primer intervalo se puede observar 3 columnas que representan los diferentes tramos, dichas columnas constan de tres colores que son verde rojo y celeste, las mismas que representan el número de vías libres, semilibres y ocupadas respectivamente, para este primer intervalo se puede apreciar que existen suficientes vías libres para el paso del cable canalizado en virtud de que existen en referencia dos vías libres.

En el segundo intervalo se pueden observar 11 columnas, las mismas que indican que al menos existe una vía libre, suficiente para el paso de cable canalizado.

El tercer intervalo consta de 3 columnas en las que se puede observar la carencia de vías libres, teniendo solo en consideración las vías semilibres, al realizar el levantamiento de canalización en este intervalo se consideró que es factible el paso de la red, debido a que las vías semilibres se encuentran atravesadas por cables de baja capacidad.

El cuarto intervalo consta de 4 columnas de las cuales una de ellas presenta solamente una vías semilibre y las otras indican que se tienen vías ocupadas, no es alarmante que se tenga tan solo una vía semilibre, debido a que por ella cruza un cable de baja capacidad y la red proyectada por este intervalo de canalización

también es de baja capacidad, Todo esto se lo puede apreciar en el plano de canalización existente.¹

Conclusión

Al observar que se cuentan con vías libres y semilibres a disposición se puede determinar que toda la Red Primaria hacia los Armarios de Distrito y Conjuntos aledaños como son el Zaragoza y el Villaggio se la realizará mediante la canalización existente en el sector y no se considerará red aérea, para lo cual se utilizará cable canalizado de 0.4 mm.

3.2. LEVANTAMIENTO DE RED PRIMARIA.

El Levantamiento de Red Primaria consiste en verificar que rutas llegan hacia los armarios de distrito a los cuales se acometerá con la nueva Red Primaria desde del armario digital, al realizar el levantamiento de canalización se pudo observar que a los armarios de distrito D-20, D-20A y D-21 llegan dos rutas de Red Primaria existentes, las cuales son la Ruta Los Guabos y la Ruta Inecel, las dos rutas salen desde la Central Cumbayá con cables primarios de 1200 pares cada una, las mismas que ocupan regletas del distribuidor de la central como se detalla a continuación:

Tabla. 3.3. Rutas existentes que convergen hacia la Primavera III.

RUTA EXISTENTE	PARES	REGLETAS DE DISTRIBUIDOR
LOS GUABOS	1200	149-172
INECEL	1200	313-336

¹ VER ANEXO I

Como se puede apreciar en la tabla anterior se considerarán dos rutas, cada una de 1200 pares ocupando regletas del distribuidor de la Central Cumbayá las mismas que constan de bloques de 50 pares cada una.

De cada una de estas rutas se derivan diferentes acometidas a los armarios de distrito ubicados en algunos sectores que cubren estas rutas, en tal virtud podremos observar cuantos pares primarios llegan a los distritos D-20, D-20A y D-21, a que ruta corresponden y a cuales regletas de distribuidor pertenecen, esto ayudará a realizar posteriormente el desmontaje de este cable, debido a que se procederá a acometer con nueva red a estos armarios. A continuación se detalla la distribución de cada ruta especificando los pares primarios, a que regletas de distribuidor pertenecen y a que distrito corresponden.

Tabla. 3.4. Acometida de red primaria a los diferentes distritos dentro de la Ruta Inecel.

CENTRAL CUMBAYÁ RUTA INECEL				
RUTA INECEL	1200P REG. 149-172	300P REG. 165-170 D-15 LA PRIMAVERA I	-	
		50P REG. 172 D-16	-	
		50P REG. 171 D-17	-	
		100P REG. 163-164 D-18A COLINAS DE CUMBAYÁ	-	
		100P REG. 161-162 D-18 LA PRIMAVERAII	-	
		600P REG. 149-160 LA PRIMAVERA III y LUMBISI	100P REG. 159-160 D-20 INECEL	
			100 REG. 157-158 D-20A INECEL	
			100P REG. 155-156 D-24 VALLE HERMOSO	
			150P REG. 152-154 D-22 CJT. 23 DE ABRIL	
			150P REG. 149-151 D-23 LUMBISI	

Análisis

En la tabla anterior se puede observar que desde la Central Cumbayá surge un cable de alta capacidad de 1200 pares primarios el mismo que ocupa regletas de distribuidor que van desde la regleta 149 hasta la regleta 172, cada una de estas regletas están conformadas por bloques de conexión de 50 pares cada una, en fin se cuenta con 24 regletas de 50 pares obteniendo los 1200 pares.

Como este cable de 1200 pares considerado de alta capacidad existen otros cables que salen desde esta central, para lo cual se les coloca un nombre para identificar de manera simple a que distritos pertenece, en este caso se le ha colocado el nombre de Ruta Inecel

Esta ruta contempla a la primavera I, II y III así como también algunos distritos del Limonar, en la tabla. 3.4 se pueden diferenciar dos colores, el color más claro refleja la vía que toma la ruta para llegar a los distritos D-20 y D-20A, como se puede ver existe un cable de 600 pares que va hacia la Primavera III y a Lumbisí, de igual manera podemos apreciar que se acomete al distrito D-20 con un cable de 100 pares ocupando las regletas 159 y 160, de la misma forma al distrito D-20A con un cable de 100 pares con sus respectivas regletas que son la 157 y 158, con lo cual definimos que capacidad primaria tenemos en cada distrito.

A continuación se encuentra la tabla que especifica la Ruta los Guabos que va hacia en distrito D-21

Tabla. 3.5. Acometida de red primaria a los diferentes distritos dentro de la Ruta Los Guabos.

CENTRAL CUMBAYÁ RUTA LOS GUABOS				
RUTA LOS GUABOS	1200P REG. 313-336	100P REG. 322-323	30P REG. 322(01-30) LAS HIEDRAS	-
			20P REG. 322(31-50) D-24	-
			50P REG. 323 CJT. LA CASCADA	-
		100P REG. 313-314 FIDEICOMISO	-	-
		50P REG. 315 D-13	-	-
		300P(-50) REG. 317-321	50P REG. 321 D-13C	-
			200P REG. 317-320	150P REG. 317-319 D-13D 50P REG. 320 D-13E CJT. LA HONDONADA
		50P REG. 316 D-19	-	-
		600P(-100) REG. 327-336	250P REG.327-331 D-13B	-
			300P (-50) REG. 332-336	20P REG 332(31-50) CJT. ZARAGOZA
				150P (-20) REG 334 (21-50)-336 D-23
				20P REG. 334 (01-20) D-22
		50P REG. 333 D-24		
		150P REG. 324-326	50P REG. 326 D-19	-
			100P REG. 324-325 D-21	-

Análisis

En la tabla. 3.5 se puede observar que desde la Central Cumbayá surge un cable de alta capacidad de 1200 pares primarios el mismo que ocupa regletas de distribuidor que van desde la regleta 313 hasta la regleta 336, cada una de estas regletas están conformadas por bloques de conexión de 50 pares cada una, en fin se cuenta con 24 regletas de 50 pares obteniendo los 1200 pares.

Este cable de 1200 pares lleva el nombre de Ruta Los Guabos que contempla diferentes distritos entre ellos el distrito D-21, al cual se acomete con un cable de 100 pares ocupando las regletas 324 y 325, de igual forma al Conjunto Zaragoza que se acomete con red directa con 20 pares tomados de la regleta 332 desde el par 31 la 50, todo lo citado se lo puede observar en el plano de red primaria existente.²

² VER ANEXO II

Conclusiones:

Como producto de realizar el levantamiento de red primaria se observó que dos rutas convergen hacia los diferentes distritos contemplados en este proyecto con lo cual se puede definir la capacidad primaria con la que se acomete a cada distrito.

Se ha identificado a que regletas de distribuidor pertenecen los cables que acometen a los armarios de distrito D-20, D-20A y D.21, esto es fundamental para el desmontaje de la red existente que se realizará, debido a que esto nos permitirá indentificar a estos cables ya servirán como reservas para futuros proyectos.

Los 20 pares de red directa con los que se acomete al conjunto Zaragoza serán desmontados para servir con red secundaria desde el armario D-20.

3.3. LEVANTAMIENTO DE ARMARIOS DE DISTRITO

El levantamiento de armarios de distrito consiste en verificar dentro del armario la capacidad del mismo en lo que respecta a pares primarios y secundarios, observar con cuantos pares primarios se acomete, ver la cantidad de pares secundarios libres, establecer si es necesario cambiar el armario o solo las regletas del mismo y por último ver si es necesario ampliar la capacidad secundaria en relación a la primaria existente o viceversa.

En lo que respecta a este proyecto se procedió a realizar el levantamiento de los armarios de los distritos D-20, D20A y D21, verificando su capacidad primaria y secundaria como se muestra a continuación:

Tabla. 3.6. Levantamiento de Armario de Distribución D-20

ARMARIO DE DISTRIBUCION D-20						
RED						
PRIMARIA	SECUNDARIA					
REGLETAS	BLOQUES	1	2	3	4	5
159	A	4	9	7	4	6
160	B	7	6	7	10	2
	C	8	4	10	6	6
	D	6	9	7	4	10
	E	7	2	0	0	10

Análisis:

Como se puede apreciar en la tabla (), se acomete al Armario de Distrito D-20 con 100 pares primarios los mismos que pertenecen a las regletas de distribuidor 159 y 160, además se puede observar cinco bloques de conexión de 50 pares, identificados por las letras A, B, C, D y E, lo que nos da un total de 250 pares secundarios, obteniendo una capacidad en el armario de (100/250) pares, además se puede ver que la red secundaria no está copada en su totalidad, los valores en cada una de los bloques representan el número de pares libres, sumando todos los valores de la tabla en lo que respecta a red secundaria se obtiene un valor de 151 pares secundarios libres, lo que indica que la red secundaria existente no se ampliará.

Tabla. 3.7. Levantamiento de Armario de Distribución D-20 A

ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN D-20A						
RED						
PRIMARIA	SECUNDARIA					
REGLETAS	BLOQUES	1	2	3	4	5
157	A	9	4	3	2	7
158	B	5	3	8	8	4
	C	5	7	1	9	2
	D	5	2	1	7	10

Análisis:

En ésta tabla anterior se puede apreciar que se acomete al Armario de Distrito D-20 A con 100 pares primarios los mismos que pertenecen a las regletas de distribuidor 157 y 158, además se puede observar cuatro bloques de conexión de 50 pares, identificados por las letras A, B, C y D lo que nos da un total de 200 pares secundarios, obteniendo una capacidad en el armario de (100/200) pares, además se puede ver que la red secundaria no está copada en su totalidad, los valores en cada una de los bloques representan el número de pares libres, sumando todos los valores de la tabla en lo que respecta a red secundaria se obtiene un valor de 102 pares secundarios libres, lo que indica que la red secundaria existente no se ampliará.

Tabla. 3.8. Levantamiento de Armario de Distribución D-21

ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN D-21						
RED						
PRIMARIA	SECUNDARIA					
REGLETAS	BLOQUES	1	2	3	4	5
324	A	3	8	7	8	10
325	B	8	8	7	8	7
	C	7	9	10	7	6
	D	8	7	9	6	10
	E	10	9	6	10	8
	F	10	1	8	7	4
	G	2	0	2		

Análisis:

Como se puede ver en la tabla (), se acomete al Armario de Distrito D-20 A con 100 pares primarios los mismos que pertenecen a las regletas de distribuidor 324 y 358, además se puede observar seis bloques de conexión de 50 pares y un bloque de conexión de 30 pares, los mismos que están identificados por las letras A, B, C, D, E, F y G lo que nos da un total de 330 pares secundarios, obteniendo una

capacidad en el armario de (100/330) pares, al igual que en los dos armarios anteriores se puede observar que la red secundaria no está copada en su totalidad, en tal virtud sumando todos los valores de la tabla en lo que respecta a red secundaria se obtiene un valor de 230 pares secundarios libres, lo que indica que la red secundaria existente no se ampliará.

Conclusión

En los tres análisis anteriores con respecto al Levantamiento de Armarios se determinó que la Red Secundaria Existente es suficiente para los moradores del sector que abarcan estos tres distritos, siendo así se procederá a incrementar la Red Primaria en cada distrito y un tramo de Red Secundaria hacia en Conjunto Zaragoza, el mismo que actualmente está servido con Red Directa.

3.4. ESTUDIO DE DEMANDA

En el transcurso de los últimos años la empresa operadora ha realizado un plan de mejoramiento en diferentes sectores dentro del área de cobertura de la Provincia de Pichincha, en el cual está incluido el proyecto de mejoramiento de Red Primaria en Cumbayá, sector La primavera III, para el estudio de demanda en este sector se ha tomado en consideración no solo el servicio sobre el par telefónico si no también el ofrecer servicios de Banda Ancha.

Para dicho estudio de demanda se tomarán en cuenta 3 Distritos que son: D-20, D-20A y D-21 que corresponden al sector de la Primavera III, los cuales formarán parte de un Nodo de Acceso Remoto.

Los datos sobre la Red Primaria y Secundaria existente en el sector se los constató en el Levantamiento de Canalización, Red y de Armarios, en el caso del Estudio de Demanda se verificó que en campo el posible crecimiento poblacional, en virtud de que este sector de Cumbayá en un sector exclusivo por lo cual en los pocos lotes baldíos se ha considerado al menos un servicio de telefonico, cabe destacar que se encuentran en construcción los Conjuntos Villagio, Servis I y II, por lo cual se ingresó a los determinados conjuntos en construcción y se verificó la demanda. Los datos sobre solicitudes denegadas con respecto a servicios de Banda Ancha fueron sustentados por el área de Banda Ancha ANDINANET.

En el siguiente recuadro se puede observar detenidamente los datos estipulados anteriormente:

Tabla. 3.9. Estudio de Demanda

PLAN CUMBAYÁ					
PROYECTO LA PRIMAVERA III					
ESTUDIO DE DEMADA				DATOS BANDA ANCHA	
DISTRITOS	DATOS ACTUALES	DATOS PROYECTADOS	TOTAL DE ACTUALES + PROYECTADOS	PUERTOS ADSL INSTALADOS	SERVICIO DE BANDA ANCHA
	PRIMARIOS	PRIMARIOS	PRIMARIOS		
20	100	150	250	0	19
20A	100	50	150	0	5
21	100	50	150	0	6
TOTAL	300	250	550	0	30

Para establecer estos datos se realizaron salidas de campo y se pudo constatar la demanda requerida en el sector. Los datos considerados en el cuadro anterior dan una visión global de las características que deberá tener el equipo a utilizar (NAR).

3.4.1. Proyección de Pares Primarios

Al obtener los datos tanto de capacidad actual como de la proyectada, se realiza la actualización de la planimetría y se procede a determinar el crecimiento poblacional proyectado a 10 años, considerando un incremento anual del 2%, que se rige por la siguiente fórmula:

$$D = A (1 + i)^n \quad Ecu ().....$$

Donde:

D = demanda a “n” años de extensión

A = capacidad actual (demanda proyectada)

i = incremento anual en porcentaje.

Como los Armarios de distritos D-20, D-20A y D-21 pasarán a ser parte de un nodo de acceso remoto se toma en conjunto la demanda de cada uno de ellos obteniendo un total de 250 pares proyectados más la demanda de solicitudes de Banda Ancha que son 30 ADSL's, por lo tanto se procederá al cálculo de la proyección de pares primarios con este dato como se muestra a continuación:

Datos

$$D = X$$

$$A = 250 \text{ pares}$$

$$i = 2\%$$

Desarrollo

$$D = 250 (1 + 0.02)^{10}$$

$$D = 250 (1.02)^{10}$$

$$D = 250 (1.02)^{10}$$

$$D = 305 \text{ pares primarios}$$

Con los valores obtenidos se establecerá que tipo de nodo de accesos remoto se utilizará.

CAPITULO IV

DISEÑO

4.1 Reorganización de abonados al NAR (nodo de acceso remoto)

La reorganización de abonados al nodo de acceso remoto consiste en reubicar a los abonados de los distritos D-20, D-20A y D-21 en el equipo NAR, para ello se considerará el diseño de Red Primaria desde el equipo hacia los armarios existentes, lo que significa que los nuevos números serán proporcionados por el softswitch y ya no por la Central Cumbayá, en tal virtud quedarían libres las regletas de distribuidor 157 y 159 correspondientes a la Ruta Incel y las regletas 324, 325 y 332 (31-50) correspondientes a la Ruta Los Guabos, como se explico en los capítulos anteriores esto se lo realiza debido al problema de ofrecer banda ancha a estos distritos por la alta resistencia de bucle de abonado existente, la misma que se acorta al reemplazar el cobre por fibra óptica desde la Central de Cumbayá hasta el NAR.

La reorganización de abonados consta de algunos factores como son la proyección de canalización, la proyección de Red Primaria y Secundaria, por tal motivo se establecerán el diseño de los mismos.

4.1.1 Diseño de Canalización

Al realizar el Levantamiento de Canalización se pudo constatar de que es factible realizar el cruce de red a través de las vías libres y semilibres en la canalización existente, pero hace falta construir ciertos pozos y cruces de canalización para poder enlazar al equipo de telecomunicaciones con los diferentes

armarios de distrito que se consideran para este proyecto, para lo cual se presentan las siguientes tablas:

Tabla. 4.1. Tramos de Canalización proyectadas

															
TRAMOS															
NODO DE ACCESOS REMOTO: REAL ALTO															
RUTA.....: 01															
TRAMO	CANALIZACION						ROTURA Y REPOSICION						OBSERVACIONES		
	ACERA			CALZADA			HORMIGÓN	ASFALTO			ADOQUIN				
	2V.	4V.	8V.	2V.	4V.	8V.									
1-2					13,0			9,0 x	0,6 =	5,4	5,0 x	1,0 =	5,0		
3-3a		1,5													ENTRADA ARMARIO
4-4a		1,0													ENTRADA ARMARIO
TOTAL		2,5			13,0					5,4			5,0		

Como se puede observar en la Tabla anterior se consideran 3 tramos de canalización que son; 1-2, 3-3A y 4-4A, en el plano del anexo adjunto se puede visualizar estos ítems, los mismos que señalan en el caso del primer tramo un cruce en calzada de 13 metros de longitud, que servirá para enlazar al equipo con la canalización existente tomando en cuenta tanto la rotura y reposición del asfalto y de adoquín cemento, el segundo tramo es una pequeña canalización que servirá para el ingreso al armario de distrito D-20A y por último tenemos al igual que el anterior una pequeña canalización que servirá para el ingreso hacia el armario D-20. Dentro de todos estos tramos está previsto ubicar 4 vías tanto en acera como en calzada para el paso de cable de red primaria.

Tabla. 4.2. Pozos Projectados

 POZOS														
ADWG: REAL ALTO														
RUTA.....: 01														
NO. DE POZO	POZO ACERA						POZO CALZADA						POZO DE MANO	OBSERVACIONES
	48 BLOQUES			80 BLOQUES			48 BLOQUES			80 BLOQUES				
	2 CON	3 CON	4 CON	2 CON	3 CON	4 CON	2 CON	3 CON	4 CON	2 CON	3 CON	4 CON		
1				1										
2		1												
TOTAL		1		1										

Como se puede observar en la tabla anterior se proyectan dos pozos en acera, uno se 48 bloques y otro de 80 bloques, se considera un pozo de 80 bloques de dos convergencias debido a que este se encuentra cerca del nodo de acceso remoto y es más grande para poder operar de mejor manera el cableado que sale del NAR y el pozo de 48 bloques se lo considera para empatar con la canalización existente. Estos ítems se los puede visualizar en el plano canalización proyectada⁵

4.1.2 Diseño de Red Primaria

Para el diseño de Red Primaria se considera la existencia de vías libres y semilbres de canalización por donde se llevará el par de cobre, lo que quiere decir que el cable de red primaria se lo llevará por esta canalización y por los tramos de canalización proyectada,

Al existir demanda proyectada y existente se toma en cuenta la nueva capacidad para los armarios de distribución, así como también regletas de armario, empalmes, herrajes y todas las unidades de planta necesarias para realizar el diseño.

⁵ VER ANEXO III

La red primaria a diseñar tendrá que contemplar a la demanda actual y la ampliación para la demanda proyectada, teniendo así que distribuir 550 pares primarios hacia los armarios de distribución, a los mismos que se cambiará de nomenclatura, debido a que ahora pertenecerán a otra red que es la red del NAR como se detalla a continuación:

Tabla. 4.3. Nueva nomenclatura de los armarios de distribución.

NOMENCLATURA	
ARMARIOS ANTIGUOS	ARMARIOS NUEVOS
D-20 A	D - 01
D-20	D - 02
D-21	D - 03

Como podemos observar en la tabla anterior se hace el cambio de nomenclatura a los armarios antiguos debido a que estos pertenecerán al NAR. Se toma la nomenclatura empezando por el D-01 hasta el D- 03 por que estos siguen una secuencia ascendente, con esto se quiere indicar que los distritos D-20 A, D-20 y D21 desaparecen virtualmente pero no físicamente.

Como se estableció en el Levantamiento de Demanda se incrementará la capacidad de primarios en los armarios de distribución como se muestra a continuación:

Tabla. 4.4. Capacidad primaria para los nuevos distritos

CAPACIDAD PRIMARIA	
ARMARIOS	PARES PRIMARIOS
D - 01	150
D - 02	250
D - 03	150
TOTAL	550

En la tabla anterior podemos observar las capacidades primarias para los diferentes armarios de distribución , consecuentemente prodemos definir cuantos cables saldrán desde el NAR.

Desde el NAR saldrán dos cables de baja capacidad uno de 400 pares y uno de 150 pares, como el armario está próximo al armario de distribución D-01 es lógico sacar un cable multipar que realizar un empalme si se saliera desde el equipo con cable de 600 pares, el cable de 400 pares va para el armario de distrito D-02 al cual se ingresan con 250 pares primarios y los 150 pares restantes van hacia el armario de distrito D-03, cumpliendo así con los 550 pares existentes como proyectados.

Se colocarán dos armarios de poliéster de capacidad de 1200 pares, estos se consideran debido a que al realizar el levantamiento de armarios se pudo constatar que los armarios de distrito D-01 y D-02 se encuentran en mal estado y se establece como necesidad instalarlos.

Se instalarán en los armarios de distribución cuatro regletas de armario primarias de 100 pares y tres de 50 pares, como se puede ver esto nos dan 550 pares, las regletas estarán distribuidas de la siguiente manera:

Tabla.4.5. Distribución de Regletas de Armario

DISTRIBUCIÓN DE REGLETAS DE ARMARIO		
ARMARIOS	REGLETAS	
	100 PARES	50 PARES
D-01	1	1
D-02	2	1
D-03	1	1
TOTAL	4	3

En el diseño se contemplan dos empalmes uno directo y otro numerado, el empalme numerado es de 400 pares, el mismo que servirá para el ingreso de 250 pares al armario de distrito D-02 y de 150 pares que irán al armario de distrito D-03 , se lo considera como numerado debido a que desde este se derivan dos cables y es necesario comprobar que todos los pares tengan continuidad desde el armario digital, el segundo empalme es directo y se lo considera debido a la larga distancia que se tiene desde el primer empalme que son 459 metros y este es necesario porque las bobinas de 150 pares tienen una limitada cantidad de metraje.

Como en todo enlace de red se necesita concebir protecciones para la misma y sus elementos, por lo cual se estable la instalación a tierra de los tres armarios de distrito y en los dos empalmes, se los coloca en todos estos elementos básicamente por la distancia que existe entre ellos.

Toda vez que los cables que serán canalizados pasen por los pozos de telefonía estos deberán plegarse a las paredes de los pozos para lo cual se debe colocar herrajes de pozo, estos sirven para sostener los cables dentro de los pozos, por tal motivo se instalarán 18 herrajes de pozos que se los instarán en los pozos que van hacia los conjuntos Zaragoza y Villagio, también en los pozos de ingreso a los armarios y los pozos proyectados.

Se tiene previsto como parte del diseño realizar pruebas de transmisión y numeración del cable para los 550 pares.

A continuación se presenta una tabla que resume las unidades de planta que están inmersas en este diseño de red primaria, esto se lo puede apreciar en el plano de red primaria proyectada.⁶

⁶ VER ANEXO IV

Tabla. 4.6. Unidades de Planta de Red Primaria

UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD
				RP
Armario		Poliéster 1200 pares	u	2
Regleta armario	Primaria	100P	u	4
		50 P	u	3
Cable canalizado	0.4 mm	400 P	m	301
		300 P	m	2
		150 P	m	550
Empalme subterráneo	Directo	150 P	u	1
	Numerado	400 P	u	1
Tierra	Armario		u	2
	Empalme	Subterráneo	u	2
Herraje	Pozo		u	18
Pruebas de transmisión		100 P	u	5,5
Numeración cable		100 P	u	5,5

4.1.3 Diseño de Red Secundaria

Como se explico en capítulos anteriores la red secundaria es aquella que va hacia las cajas de distribución de abonado. En el levantamiento de demanda se verifico que se necesita incrementar la red secundaria dentro del distrito D-02 debido a que se acometía al conjunto Zaragoza con red directa.

Desde el armario de distribución saldrá un cable de 100 pares que se distribuirá de la siguiente manera:

Tabla. 4.7. Distribución de Red Secundaria Proyectada

DISTRIBUCIÓN DE RED SECUNDARIA PROYECTADA			
CONJUNTO	NÚMERO DE PARES		CAJAS
	ACOMETIDAS	RESERVAS	
SERVISE I Y II		20	G4-5
ZARAGOZA	20	20	F5-G1 y G2-3
VILLAGIO	40		F1-4

En la tabla anterior se puede ver las acometidas a los diferentes conjuntos aledaños que están dentro del área de cobertura del distrito D-02 así como también las reservas que se planean dejar para los conjuntos que se están construyendo, a demás se puede ver que se incrementan regletas secundarias en el armario de distribución D-02, lógicamente también se prevé crear cajas de distribución que tendrán las series F y G, se dejan reservas debido a que algunos conjuntos se encuentran en construcción razón por la cual aún no se ingresa la acometida a los conjuntos Service I y II, la reserva que se deja en el Zaragoza es porque algunas casas no cuentan con servicio telefónico.

Al igual que en la Red Primaria se necesitan de diferentes elementos de red para el diseño como se muestra en la siguiente tabla, todo lo mencionado anteriormente se lo puede apreciar en el plano de red secundaria y esquemas de empalmes.⁷

Tabla. 4.8. Unidades de Planta de Red secundaria distrito D-02

UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD TOTAL
Regleta armario	Secundaria	100P	u	1
Cable aéreo	0.4 mm	50 P	m	242
Cable canalizado	0.4 mm	100P	m	171
		50 P	m	254
Empalme subterráneo	Directo	100P	u	1
Herraje	Terminal poste	10 P a 50 P	u	3
	Paso para poste		u	3
Pruebas de transmisión		100 P	u	1
Numeración cable		100 P	u	1
Catastros			hoja	5
Reubicación de abonado en armario			par	450

⁷ VER ANEXO V

4.1.4 Enrutamiento de red de fibra óptica

Al igual que los diseños de red primaria y secundaria es importante tener en consideración por donde se llevará la fibra óptica hacia el nodo de acceso remoto. En el presente proyecto como se mencionó en capítulos anteriores se tiene problemas en la transmisión de datos hacia la Primavera III sector Real Alto.

Se han considerado para esto dos planos uno de enrutamiento de fibra óptica y otro de enlace, en el plano de enrutamiento encontraremos que la fibra sale desde la central de Cumbayá con una capacidad de 96 hilos, los cuales servirán para dotar con fibra óptica a diferentes proyectos, para lo cual se ha dejado reservas a lo largo del paso de la fibra óptica y en el plano de enlace se considera a la fibra que va hacia el equipo.

En el plano de enrutamiento se puede observar que la primera reserva que se deja se encuentra cerca del redondel que establece la dirección de dirigirse a Lumbisí o a Tumbaco, esta reserva es de 48 hilos, posteriormente se continúa con una fibra de 48 hilos dejando una segunda reserva que es de 24 hilos de fibra óptica para la Primavera II y III, los hilos restantes se los enrutan hacia los sectores de Lumbisí y Limonar.

Como se mencionó anteriormente se tienen ya previstas dos reservas, de la segunda reserva se tomarán 6 hilos de fibra óptica para llevarlos hacia el equipo que estará instalado en la urbanización Real Alto, esto se lo puede apreciar en el plano de enlace de fibra óptica, este tramo de fibra óptica se lo ha proyectado para que vaya vía aérea hasta llegar al último poste que se encuentra cerca del equipo de allí se realizará una subida a poste y la fibra óptica se instalará en el ODF del nodo de acceso remoto.

En el siguiente cuadro se señalan las diferentes Unidades de Planta que se ha definido para la proyección de fibra óptica

Tabla. 4.9. Unidades de Planta de fibra óptica

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	UNIDAD	PRIMAVERA III >REAL ALTO
4	Suministro, tendido e instalación de cable de fibra óptica aéreo tipo ADSS 6 fibras monomodo SM G.652. para vanos de 120 mts.	m	696
7	Suministro de caja de empalme y ejecución del empalme aéreo o mural por fusión 6 fibras ópticas	u	1
9	Suministro e instalación de Herraje tipo A para cable de fibra óptica ADSS	u	12
10	Suministro e instalación de Herraje tipo B para cable de fibra óptica ADSS	u	10
13	Suministro e instalación de Tapón ciego para triducto (1/ 1/4")	u	4
14	Suministro e instalación de Tapón trifurcado para ducto	u	2
15	Suministro e instalación de Triducto	m	12
17	Suministro e instalación de Manguera corrugada	m	12
18	Suministro e instalación de Subida manguera	m	18
21	Suministro e instalación de Subida poste	u	2
24	Ejecución de Prueba de transmisión fibra óptica (por punta y por fibra)	u	6
25	Ejecución Rotura de acera y desalojo	m ²	10.8
26	Excavación de subida y desalojo	m	18
27	Ejecución de Reposición de acera y masillado	m ²	10.8

En la tabla anterior se detallan los elementos a utilizar en la proyección de red de fibra óptica hacia el equipo que se encuentra ubicado en Real Alto. El cable a instalarse será tipo ADSS (All Dielectric self-Supported), cables ópticos auto-sustentados totalmente dieléctricos, se constituyen como una excelente solución para distancias largas tal como travesías de ríos y carreteras ofreciendo ventajas en costo y facilidad de instalación. Estos cables ópticos son inmunes a interferencias de las redes eléctricas y no son susceptibles a la caída de rayos ya que carece de elementos metálicos.

El empalme de 6 fibras proyectado es la capacidad que se necesita para llegar hacia el equipo, como se mencionó anteriormente la fibra tendida desde la Central de Cumbayá hacia Lumbisí es de 96 hilos y se dejó un reserva de 24 hilos en el sector que contempla la Primavera II y III, razón por la cual desde esta reserva se realizará el mencionado empalme.

En lo respecta a la instalación de herrajes tipo A (terminales) y herrajes tipo B (de paso) se los considera igual que a los herrajes para cobre los tipo A los utilizamos cuando la fibra óptica cambie de dirección cuando se la instale en los postes y los tipos B son solo de paso.

Se considera tapones ciegos para triducto y tapones trifurcados para ducto, estos son indispensables y se los coloca dentro de los pozos en la parte por donde va la canalización, ya que dentro de esta canalización por una vía se hace pasar un triducto que está conformado de tres sub-vías, esto para el paso de la fibra óptica, dentro de este triducto a la vía por donde pasará la fibra se coloca una manguera llamada manguera corrugada, esta es para protección de la fibra y por último se coloca los tapones dos tapones ciegos para las otras dos vías libres del triducto y un tapón trifurcado el cual será atravesado por la fibra

Al llegar con cable de fibra óptica aéreamente debemos hacer que este baje hacia un pozo para dirreccionarlo hacia el equipo, para esto también consideramos rotura y reposición de acera que serán unos 18m dentro de esto se considera rotura y reposición de acera colocación de manguera de subida, la compactación de acera después de los trabajos realizados y por último se realizará las pruebas ópticas hilo a hilo por punta y por hilo, todo lo mencionado anteriormente se lo puede observar en forma general en los planos de enrutamiento y enlace de fibra óptica.⁸

4.2 EQUIPO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La solución que permitirá implementar una solución de redes de nueva generación en el sector de la Primavera III, contempla la instalación de un Nodo de Acceso Remoto de nueva generación UA5000 FO1D500 versión OUTDOOR con la siguiente configuración:

⁸ VER ANEXO VI

Tabla. 4.10. Capacidad del UA5000 FO1D500

DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD			TIPO	E1s de Voz	E1s de Datos
	LINEAS	PUERTO	PUERTOS			
	POTS	S ADSL	G. SHDSL			
PRIMAVERA III	512	32	16	OUTDOOR	16	8

El nodo de acceso remoto multiservicio del mencionado sector se integrará a la red SDH de ANDINATEL S.A. mediante la inclusión de un equipo de transmisión ADM Metro 1050 dentro del armario, el cual permitirá adaptar las señales de voz y datos sobre el enlace de fibra óptica STM-1 hasta el nodo de Cumbayá, en dicho nodo de ANDINATEL S.A., se colocará el otro equipo de transmisión ADM Metro 1050. Este esquema permite actuar a los NAR UA5000 como nodos remotos del Media Gateway de Troncales UMG8900 ubicado en la estación terrena de ANDINATEL y permite separar y discriminar el tráfico de banda ancha, como el tráfico de voz de los abonados POTS.

4.2.1 Nodo de Acceso Remoto de nueva generación

El nodo de acceso remoto para la Primavera III incluye los siguientes componentes principales:

- Nodo de accesos Multi-Servicio UA5000
- Sistema de Energía (Rectificadores +Baterías)
- Sistema de Transmisión ADM Metro 1050
- Sistemas de Distribución (MDF, ODF)

4.2.2 Ventajas del Media Gateway de Acceso UA5000 de Huawei

El UA5000 es un equipamiento carrier class, con hardware y software diseñado específicamente con el propósito de crear redes de NGN. El UA5000 soporta una misma plataforma diversos servicios de banda angosta y banda ancha, incluyendo POTS, ISDN, ADSL2+, G.SHDSL, VDSL, así como interfaces uplink tipo V5.2 para servicios de voz e IP y ATM para servicios de banda ancha y VoIP. Provee gran capacidad, alta integración y flexibilidad para la conformación de diferentes topologías de red utilizando diferentes medios y tasas de transporte.

El UA5000 permitirá brindar a los usuarios de la red de ANDINATEL S.A. servicios de comunicación de voz, datos y video (triple play). A través de puertos POTS se proveerá, y facilitando a la empresa la gestión de la red (no tendrá que dar soporte ni resolver fallas relacionadas con IP Phones o Soft Phones, los cuales son más propensos a fallas que los teléfonos convencionales). A través de puertos ADSL se proveerá el servicio de Internet de Banda Ancha Siempre en Línea. Y mediante la utilización de Video Phones conectados a CPE de Banda Ancha, los abonados de ANDINATEL podrán realizar videollamadas dentro de la red y hacia otras redes.

Mediante la incorporación de interfases de banda ancha simétricas tipo G.SHDSL el UA5000, trabajando en conjunto con los routers que conforman la red IP, permite brindar servicios de circuitos virtuales punto a punto y redes virtuales punto a multipunto y multipunto a multipunto a usuarios corporativos. Mediante la incorporación de interfases de banda ancha tipo ADSL2+, VDSL, OVDSL2 y el middleware correspondiente, el UA 5000 permite brindar servicios de IPTV basados en Distribución de Video (BTV) o Video Bajo Demanda (VOP).

4.2.3 Ventajas del nodo de acceso remoto de nueva generación (NAR) Outdoor de Huawei

El NAR outdoor permite albergar a los nodos de acceso multi-servicios UA5000 a la intemperie. El gabinete outdoor F01D500 permite al operador ahorrar en infraestructura civil y técnica, ya que requiere de que se arriende o compre un cuarto de equipos, ni adquirir los subsistemas complementarios (energía, climatización, etc.) por separado. El F01D500 es un armario compacto todo en uno, de fácil mantenimiento e instalación, con un excelente diseño contra condiciones ambientales adversas y poderosas funciones de monitoreo de variables ambientales. El F01D500 alberga al equipo de acceso, equipo de transmisión si es necesario, MDF, ODF, intercambiador de calor, rectificadores, baterías, protección contra rayos y una linterna para realizar mantenimiento nocturno o en condiciones de poca visibilidad. Cada módulo del F01D500 posee su propia compuerta y cerradura, protegiendo del polvo, ruido electromagnético, radiación solar e interferencias de ondas de radio al equipamiento electrónico que alberga en su interior. El NAR outdoor propuesto viene totalmente cableado solo quedaría insertar las tarjetas necesarias para su expansión.

Tabla. 4.11. Especificaciones Técnicas UA5000 para la primavera III

PARÁMETROS	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
Cantidad total puertos POTS	512 puertos POTS, de los cuales 32 puertos poseen polaridad
Cantidad puertos ADSL2+	32 puertos ADSL2+
Cantidad Puertos G.SHDSL	16 puertos G.SHDSL
Interfaces up-link (*)	16 E1s para voz
	8 E1s para datos
Redundancias	Solución Carrier Class, redundancia 1+1 para control y conmutación, pool o redundancia N+1 para recursos

(*) Se conectarán a la red SDH y por ende al Media Gateway UMG8900 de la red NGN y a la red ATM de ANDINATEL solamente los E1s calculados y necesarios.

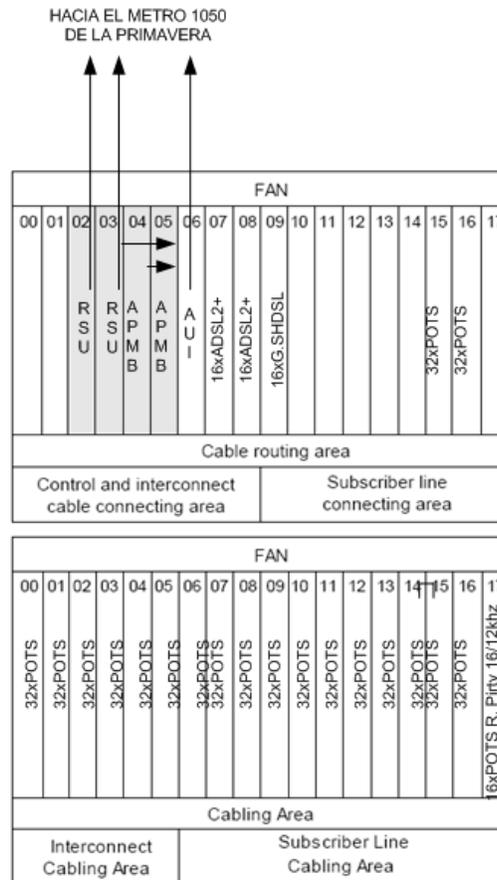


Figura. 4.1. Diagrama de tarjetería para el nodo de acceso UA5000 del nodo del sector la Primavera.

Descripción Básica de Tarjetas

- PWX: Fuente de poder
- APMB: Controladora de Banda Ancha e Interfase Uplink ATM IMA
- AIU: Tarjeta que provee interfases físicas de uplink E1 IMA jpara la tarjetería APMB activa o de respaldo.
- RSU: Controladora de Banda Angosta para Voz y abonados POTS.
- HASL: Provee 32 puertos POTS
- ASL-RP: Provee 32 puertos para la polaridad invertida
- ADMB: Provee 16 puertos ADSL2+
- SDLB: Provee 16 puertos SHDSL
- TSSB: Tarjeta de prueba de abonado.

4.2.4 Dimensionamiento de Tarjetas

APMB: Se configuran dos tarjetas APMB trabajando en configuración de redundancia activo/respaldo, a fin de garantizar la disponibilidad de servicios de banda ancha. Ambas tarjetas se comunican a través del bus interno con la tarjeta AIU que provee las interfases físicas E1 IMA para la conexión uplink

AIU: Esta tarjeta, equipada con una subtarjeta E8IA, provee 8 puertos E1 ATM IMA para uplink de servicios de banda ancha. Esta tarjeta se comunica a través del bus interno con las tarjetas APMB activa y la de respaldo. Esta configuración provee redundancia para los servicios de banda ancha y facilita la asignación de circuitos y caminos virtuales conforme a los estándares pertinentes del ATM fórum.

4.2.5 Cálculo del ancho de banda requerido para los servicios de Banda Ancha.

Para el cálculo del ancho de banda requerido para el servicio de datos, se ha considerado un ancho de banda de 64 Kbps sin bloqueo para el 80% y de 128 Kbps sin bloqueo para el 20% de los puertos xDSL requeridos.

Ancho de Banda del servicio de datos = circuitos * 64 Kbps = 48 x 80% x 64Kbps + 48 x 20% x 128Kbps

Cada E1 IMA posee 2048Kbps, por lo que la cantidad de E1s requerida es de 2 E1s.

La solución contempla la provisión de 8 E1s IMA en el UA5000.

RSU: Se coloca un par de tarjetas RSU, trabajando en redundancia activo/respaldo. Cada tarjeta RSU provee 8 E1s para uplink de voz, para un total de 16 E1s, los mismos que trabajan en configuración de redundancia de carga compartida.

4.2.6 Cálculo del ancho de banda necesario de uplink para los servicios de Banda Angosta.

De los datos proporcionados por ANDINATEL, se dispone que cada abonado genere 0.1 Erlangs.

Erlangs de una llamada Telefónica

Considerando el tiempo estándar de medición, 60 segundos, y tomando como promedio de duración de una llamada telefónica 6 minutos, se tiene que:

$$1/60 = x/6 \rightarrow x = 0.1$$

Una llamada telefónica tiene 0.1 [E] aproximadamente.

Por lo tanto, el tráfico total del sistema viene dado por.

Tráfico Total = Tráfico medio por abonado * Cantidad de Abonados

Tráfico Total = 0.1 Erl/ab * 855 abonados.

Tráfico Total = 85.5 Erlangs

En consecuencia de las tablas de Erlang, la cantidad de circuitos necesarios para el tráfico generado con un grado de servicio de 1% de pérdida es de: 102 circuitos. Cada E1 está en la capacidad de transportar 30 circuitos, por lo que necesario 3 E1s de Uplink para el sistema.

Tabla. 4.12. Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n = 101 - 151

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
102	84.225	84.849	85.419	85.946	89.910	92.774	97.289	106.30	123.13	167.58	102
103	85.155	85.783	86.357	86.888	90.880	93.765	98.314	107.40	124.38	169.25	103
104	86.086	86.718	87.296	87.830	91.850	94.756	99.339	108.50	125.63	170.91	104
105	87.017	87.653	88.235	88.773	92.821	95.747	100.36	109.60	126.87	172.58	105
106	87.948	88.589	89.175	89.716	93.791	96.738	101.39	110.70	128.12	174.25	106
107	88.880	89.525	90.115	90.660	94.763	97.730	102.42	111.79	129.36	175.91	107
108	89.812	90.462	91.055	91.604	95.734	98.722	103.44	112.89	130.61	177.58	108
109	90.745	91.399	91.996	92.548	96.706	99.715	104.47	113.99	131.86	179.24	109
110	91.678	92.336	92.937	93.493	97.678	100.71	105.49	115.09	133.10	180.91	110
111	92.612	93.274	93.879	94.438	98.651	101.70	106.52	116.19	134.35	182.58	111
112	93.546	94.212	94.821	95.384	99.624	102.69	107.55	117.29	135.59	184.24	112
113	94.481	95.151	95.764	96.330	100.60	103.69	108.57	118.39	136.84	185.91	113
114	95.416	96.090	96.707	97.277	101.57	104.68	109.60	119.49	138.09	187.57	114
115	96.352	97.030	97.650	98.223	102.54	105.68	110.63	120.58	139.33	189.24	115
116	97.287	97.970	98.594	99.171	103.52	106.67	111.66	121.68	140.58	190.91	116
117	98.224	98.910	99.538	100.12	104.49	107.66	112.69	122.78	141.83	192.57	117
118	99.160	99.851	100.48	101.07	105.47	108.66	113.71	123.88	143.07	194.24	118
119	100.10	100.79	101.43	102.01	106.44	109.66	114.74	124.98	144.32	195.91	119
120	101.04	101.73	102.37	102.96	107.42	110.65	115.77	126.08	145.57	197.57	120
121	101.97	102.68	103.32	103.91	108.39	111.65	116.80	127.18	146.81	199.24	121
122	102.91	103.62	104.26	104.86	109.37	112.64	117.83	128.28	148.06	200.90	122
123	103.85	104.56	105.21	105.81	110.35	113.64	118.86	129.38	149.31	202.57	123
124	104.79	105.50	106.16	106.76	111.32	114.64	119.89	130.48	150.55	204.24	124
125	105.73	106.45	107.10	107.71	112.30	115.63	120.92	131.58	151.80	205.90	125
126	106.67	107.39	108.05	108.66	113.28	116.63	121.95	132.68	153.05	207.57	126
127	107.61	108.34	109.00	109.61	114.25	117.63	122.98	133.78	154.29	209.23	127
128	108.55	109.28	109.95	110.57	115.23	118.62	124.01	134.88	155.54	210.90	128
129	109.49	110.22	110.90	111.52	116.21	119.62	125.04	135.99	156.79	212.57	129
130	110.43	111.17	111.85	112.47	117.19	120.62	126.07	137.09	158.03	214.23	130
131	111.37	112.12	112.79	113.42	118.17	121.62	127.10	138.19	159.28	215.90	131
132	112.31	113.06	113.74	114.38	119.15	122.62	128.13	139.29	160.53	217.57	132
133	113.26	114.01	114.69	115.33	120.12	123.61	129.16	140.39	161.77	219.23	133
134	114.20	114.95	115.64	116.28	121.10	124.61	130.19	141.49	163.02	220.90	134
135	115.14	115.90	116.59	117.24	122.08	125.61	131.22	142.59	164.27	222.56	135
136	116.09	116.85	117.54	118.19	123.06	126.61	132.25	143.69	165.52	224.23	136
137	117.03	117.80	118.50	119.14	124.04	127.61	133.28	144.80	166.76	225.90	137
138	117.97	118.74	119.45	120.10	125.02	128.61	134.32	145.90	168.01	227.56	138
139	118.92	119.69	120.40	121.05	126.00	129.61	135.35	147.00	169.26	229.23	139
140	119.86	120.64	121.35	122.01	126.98	130.61	136.38	148.10	170.50	230.90	140
141	120.81	121.59	122.30	122.96	127.97	131.61	137.41	149.20	171.75	232.56	141
142	121.75	122.54	123.26	123.92	128.95	132.61	138.44	150.30	173.00	234.23	142
143	122.70	123.49	124.21	124.88	129.93	133.61	139.48	151.41	174.25	235.89	143
144	123.64	124.44	125.16	125.83	130.91	134.61	140.51	152.51	175.49	237.56	144
145	124.59	125.39	126.11	126.79	131.89	135.61	141.54	153.61	176.74	239.23	145
146	125.54	126.34	127.07	127.75	132.87	136.61	142.57	154.71	177.99	240.89	146
147	126.48	127.29	128.02	128.70	133.86	137.61	143.61	155.82	179.24	242.56	147
148	127.43	128.24	128.98	129.66	134.84	138.61	144.64	156.92	180.48	244.23	148
149	128.38	129.19	129.93	130.62	135.82	139.62	145.67	158.02	181.73	245.89	149
150	129.32	130.14	130.88	131.58	136.80	140.62	146.71	159.12	182.98	247.56	150
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

En este caso, se tiene una densidad de 85.5 Erlangs y se quiere una probabilidad de bloqueo del 1%. Si el valor exacto existe, simplemente buscamos la fila correspondiente a la cantidad de líneas necesarias. Aquí, no tenemos ese caso y se debe interpolar. Se usa una simple interpolación lineal.

Planteando la ecuación de la recta:

$$X - X_0 = m * (Y - Y_0) \quad \text{con la pendiente } m = (Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0)$$

Luego los puntos son: 1 -> [101, 85.005] 2 -> [102, 85.946]

Luego el punto que queremos encontrar sabemos que tiene como coordenada $Y = 85.5$. Reemplazando en la fórmula de la recta queda:

$$X - 101 = (85.946 - 85.005) / (102 - 101) * (85.946 - 85.5)$$

Despejando x , da que el número de líneas es 101.88. Redondeando hacia arriba (porque evidentemente no se pueden tener 101.88 circuitos), quedan 102.

La solución contempla la provisión de $8+8=16$ E1s para voz en redundancia de carga compartida, de los cuales $5+5 = 10$ E1s se conectan hacia el equipo de transmisión.

HASL: Cada una provee 32 puertos POTS, por lo que han configurado en total 16 tarjetas

HASL para un total de 512 puertos POTS.

ASL-RP: Cada una provee 32 puertos para polaridad invertida, por lo que se han configurado en total 1 tarjeta ASL-RP para un total de 32 puertos de ese tipo.

ADMB: Cada uno provee 16 puertos ADSL2+ con spliter incorporado, por lo que se han

configurado en total 2 tarjetas ADMB para un total de 32 puertos ADSL2+

SDLB: Cada una provee 16 puertos G.SHDSL, por lo que se han configurado en total 1

tarjeta SDLB para un total de 16 puertos G.SHDSL

PWX: Se configuran 2 en cada frame principal

HWCB y HWTB: Se utilizan para comunicación física entre frames de un mismo rack.

Expansión:

La expansión del sistema se realiza mediante la adición de tarjetas y subracks. En la configuración del UA5000 del sector la primavera III hay disponibles 5 ranuras para la colocación de tarjetas de servicios adicionales.

4.2.7 Distribuidores MDF/ODF

Tabla. 4.13. Especificaciones Técnicas MDF/ODF propuesto para el NAR

DISTRIBUIDOR	ESPECIFICACION TECNICA
DIMENSIONAMIENTO MDF	768 puertos planta interna
	800 puertos planta externa
	800 fusibles de protección
	Conexión por desplazamiento de asistente IDC
DIMENSIONAMIENTO ODF	ODF de 12 puertos FC/PC para el nodo F01D500

4.2.8 Sistema de Energía

Tabla. 4.14. Especificaciones Técnicas Sistema de Energía para el NAR

SISTEMA DE ENERGIA	ESPECION TECNICA
Dimencionamiento Rectificador GEPS4860	20 A por módulo rectificador
	60 A máximo
	40 A (N+1) configurado Total 60 A
Dimencionamiento Baterias	2 bancos de baterias de 75 Ah cada uno cofigurados para 8 horas de autonomía de todo el sistema

Tabla. 4.15 Consumo de energía y disipación de calor de equipos instalados

NODO	CORRIENTE (A)
LA PRIMAVERA III	17

El sistema rectificador ha sido configurado con 3 módulos rectificadores de 20 Amperios cada uno, para proveer 40 amperios. Adicionalmente, se han configurado dos bancos de baterías de 75 Ah cada uno, para una capacidad total de 150 Ah, la cual provee 8 horas de respaldo al sistema.

4.2.9 Disposición de Racks de Equipos en el NAR

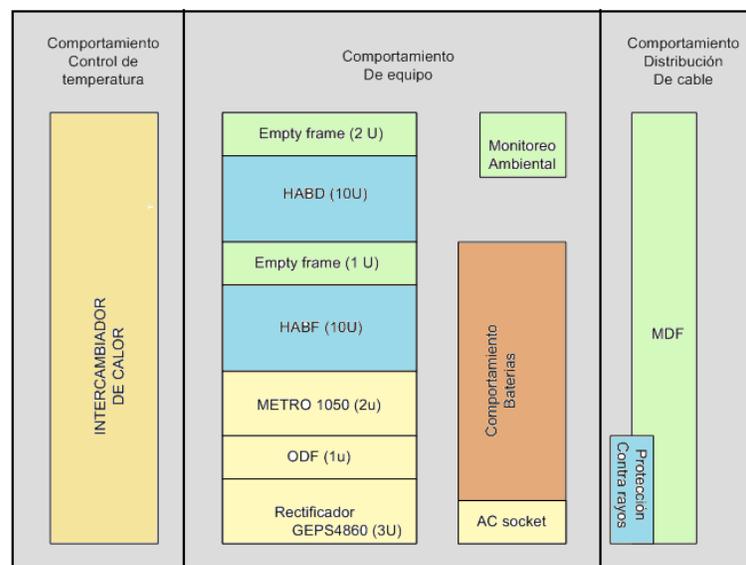


Figura. 4.2. Distribución de equipos dentro del NAR F01D500

Equipamiento de transmisión NG-SDH metro 1050 en la frontera de la red SDH de ANDINATELS.A.

La solución contempla la provisión de 2 equipos OptiX metro 1050 distribuidos de la siguiente manera:

- Un equipo ADM OptiZ Metro 1050 en el interior del NAR del sector la Primavera III
- Un ADM OptiX Metro 1050 en el nodo de Cumbayá

Equipamientos de transmisión NG-SDH METRO OPTIX MeTRO 1050

Ventajas del Equipamiento SDH Optix metro 1050

El OptiX Metro 1050, es un sistema de transmisión de nivel STM1/STM4. El equipamiento de Red Metro 1050, constituye una plataforma de transporte multi-servicio que permite transportar y procesar servicios PDH, SDH e IP. Metro 1050 es un equipo de transmisión, con múltiples servicios integrados y de bajo costo. Son equipos con capacidad de cross conexión de 20x20 vc4. De igual forma soporta esquemas de protección SDH tipo PP, MSP, SNCP, disponibles para agregados/interfases de línea STM1 y STM4.

Los equipos ofertados son por naturaleza equipamientos de transmisión óptica basados en la filosofía SDH y pueden ser configurados para actuar como multiplexores de adición / Extracción (ADM), multiplexores terminales (TM), regeneradores (REG), ADMs Múltiples (MADM), ADMs Ópticos (OADM) y Cross-Conectores Digitales (DXC). Soportan una gran variedad de interfases SDH Y PDH apropiadas para la transmisión de señales de telefonía TDM basadas en conmutación de circuitos, tales como E1/T1, E3/T3, STM-1 óptico y STM-4.

4.3 DESMONTAJE DE LA RED PRIMARIA ACTUAL

Como se pudo observar en el Capítulo III inicialmente para este diseño se tomaron en consideración los armarios de distrito D-20, D-20A y D-21, los mismos que pasaron a formar parte de una nueva red primaria, por lo cual se deja pares de cobre sin utilizar, los mismos que son necesarios desmontar como se indica a continuación.

Tabla. 4.16. Desmontaje de Red Existente

RED EXISTENTE A DESMONTAR					
RUTA LOS GUABOS			RUTA INECEL		
ARMARIO	REGLETAS	PARES	ARMARIO	REGLETAS	PARES
RED DIRECTA	332(31-50)	20	D-20	150-160	100
D-21	334-335	100	D-20A	157-158	100

Como se puede observar en la Tabla anterior se desmontará la red que van a los armarios contemplados en el diseño las mismas que quedarán como reserva en diferentes empalmes como se observa en los planos de desmontaje adjuntos, además se desmontará también dos armarios de los distritos D-20 y D-20A debido a que estos se encuentran en mal estado, los diferentes cables que se desmontarán se los puede apreciar en los planos de las rutas Inecel y Los Guabos.⁹

⁹ VER ANEXO II

CAPITULO V

ANÁLISIS COMERCIAL

5.1 TASA INTERNA DE RETORNO

En una inversión la tasa interna de retorno (TIR), está definida como la tasa de descuento con la cual el [valor actual neto](#) o [valor presente neto](#) (VAN o VPN) es igual a cero.

El TIR es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de efectivo (FE) netos esperados con el gasto inicial

5.1.1 Cálculo de TIR:

$$\text{Inversión inicial} = \frac{(\text{retorno} - \text{inversión anual})}{(1 + \text{TIR})^{\text{período}}} \quad \text{Formua 5.1}$$

En muchas ocasiones el TIR implica un proceso de prueba y error con las tablas de valor presente, por lo cual hay que realizar una interpolación, sin embargo la ayuda de la computadora o de algunas calculadoras nos permiten obtener de forma más precisa el TIR.

5.1.2 Criterio de Aceptación:

Consiste en comparar la tasa interna de rendimiento con una tasa de rendimiento requerida o más conocida como tasa de rendimiento aceptable.

Cuando la TIR es mayor que la tasa de rendimiento aceptable, el rendimiento que obtendría el inversionista realizando la inversión es mayor que el que obtendría en la mejor inversión alternativa, por lo tanto, conviene realizar la inversión.

Si la TIR es menor que la tasa de rendimiento aceptable, el proyecto debe rechazarse.

Cuando la TIR es igual a la tasa de interés tasa de rendimiento aceptable, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no.

$TIR > i \Rightarrow$ realizar el proyecto

$TIR < i \Rightarrow$ no realizar el proyecto

$TIR = i \Rightarrow$ el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

5.2 VALOR ACTUAL NETO

Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende la suma de los valores presentes de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, menos el valor de la inversión inicial.

5.2.1 Calculo del VAN

$$VAN = \frac{(\text{retorno} - \text{inversión anual})}{(1 + \text{tasa de descuento})^{\text{período}}} - \text{inversión inicial}$$

Formula 5.2

5.2.2 Criterio de Aceptación

Si tiene, el proyecto de inversión, un VAN positivo, es rentable.

Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto.

Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada.

La única dificultad para hallar el VAN consiste en fijar el valor para la tasa de interés, existiendo diferentes alternativas.

Como ejemplo de tasas de descuento (o de corte), indicamos las siguientes:

- a) Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto.
- b) Tasa de descuento ajustada al riesgo = Interés que se puede obtener del dinero en inversiones sin riesgo (deuda pública) + prima de riesgo).
- c) Coste medio ponderado del capital empleado por la empresa.
- d) Coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante préstamo o capital ajeno.
- e) Coste de oportunidad del dinero, entendiendo como tal el mejor uso alternativo, incluyendo todas sus posibles utilidades.

Este método tiene una ventaja principal que es la de homogeneizar los flujos netos de Caja a un mismo momento de tiempo ($t=0$), lo cual reduce a una unidad de medida común en cantidades de dinero generadas (o aportadas) en momentos de tiempo diferentes.

Además, permite introducir en los cálculos flujos de signo positivos y negativos (entradas y salidas) en los diferentes momentos del horizonte temporal de la inversión, sin que por ello se distorsione el significado del resultado final, como puede suceder con la T.I.R.

5.3 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El PIR es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo.

Nos permite conocer el número de años o meses, cual fuere el caso, necesarios para la recuperación de lo invertido inicialmente en base con los flujos esperados de efectivo de los proyectos.

5.3.1 Calculo del PIR

Para el calcular del periodo de recuperación se consideran los siguientes aspectos:

- Acumular los flujos de efectivo del gasto inicial en una columna de “ingresos acumulativos”
- Al Observar la columna de ingresos acumulativos identificaremos el último periodo, (en nuestro caso el último mes) el mismo que debe ser un número entero y en el cual no se rebase el gasto inicial.
- Calcularemos la fracción de ingreso del siguiente mes necesaria para recuperar el gasto inicial. Se tomará el gasto inicial, al mismo que restaremos el total acumulativo dividiendo esta cantidad para el ingreso del siguiente mes.

- En la determinación del tiempo de recuperación, se considera la cifra determinada como el total de los ingresos acumulativos, a la misma que se añadirá el valor de la fracción del mes siguiente.

5.3.2 Criterio de Aceptación

Al obtener como resultado un tiempo de recuperación menor que un tiempo máximo de recuperación aceptable, se aprobará la propuesta, caso contrario no se la aceptará.

5.4 COTIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE PROYECTO

Al tener en consideración como se calcula los tres factores importantes como son el VAN, TIR y PRI a continuación estableceremos los montos desglosados en cinco partes, las mismas que son; Red Primaria, Red Secundaria, Canalización, Fibra Óptica y Equipos.

En las siguientes tablas se encontrarán los precios unitarios y montos totales de cada una de los aspectos a construir.

Red Primaria

Tabla. 5.1 Costos de Red Primaria Proyectada

							ZONA 1
							
VOLUMENES DE OBRA							
RED PRIMARIA							
Fecha: SEPTIEMBRE/2007							
DISTRIBUIDOR: CUMBAYA							
ADNG: REAL ALTO							
RUTA: 01							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD		
					RP	ZONA 1	TOTAL
PRECIO							
4	Armario		Poliéster 1200 pares	u	2	1.188,26	2.376,52
6	Regleta distribuidor		100P	u	5	621,89	3.109,45
			50 P	u	1	315,27	315,27
7	Regleta armario	Primaria	100P	u	4	93,48	373,92
			50 P	u	3	98,28	294,84
17	Cable canalizado	0.4 mm	400 P	m	301	18,83	5.667,83
			300 P	m	2	14,47	28,94
			150 P	m	550	7,94	4.367,00
21	Empalme subterráneo	Directo	150 P	u	1	101,05	101,05
			Numerado	u	1	210,55	210,55
23	Capuchón			u		25,34	0,00
24	Tierra	Armario		u	2	133,03	266,06
		Empalme	Subterráneo	u	2	133,03	266,06
25	Herraje	Pozo		u	18	74,55	1.341,90
27	Pruebas de transmisión		100 P	u	5,5	24,22	133,21
28	Numeración cable		100 P	u	5,5	11,39	62,65
29	Descongestión abonado		1 P	u		37,54	0,00
		Armario		u	2	67,00	134,00
30	Desmontaje	Regleta	Armario	u	8	3,35	26,80
		Cable aéreo	20 P	m	277	0,38	105,26
		Cable Canalizado	100 P	m	1120	0,37	414,40
34	Catastros			hoja	1	2,96	2,96
							19.598,67

Red Secundaria

Tabla. 5.2. Costos de Red Secundaria Proyectada

 VOLUMENES DE OBRA RED SECUNDARIA							
Fecha: SEPTIEMBRE/2007							
DISTRIBUIDOR: CUMBAYA ADNG: REAL ALTO RUTA: 01							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD		
					TOTAL	ZONA 1	PRECIO TOTAL
7	Regleta armario	Secundaria	100P	u	1	99,53	99,53
15	Cable aéreo	0.4 mm	50 P	m	242	3,95	955,90
17	Cable canalizado	0.4 mm	100P	m	171	5,99	1.024,29
			50 P	m	254	3,30	838,20
21	Empalme subterráneo	Directo	100P	u	1	111,44	111,44
25	Herraje	Terminal poste	10 P a 50 P	u	3	12,18	36,54
		Paso para poste		u	3	10,28	30,84
27	Pruebas de transmisión		100 P	u	1	24,22	24,22
28	Numeración cable		100 P	u	1	11,39	11,39
34	Catastros			hoja	5	2,96	14,80
58	Reubicación de abonado en armario			par	450	2,59	1.165,50
TOTAL USD							4.312,65

Fibra Óptica

Tabla. 5.3. Costos de la Red de Fibra Óptica proyectada

 VOLUMENES DE OBRA FIBRA ÓPTICA							
Fecha: SEPTIEMBRE/2007							
DISTRIBUIDOR: CUMBAYA ADNG: REAL ALTO RUTA: 01							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD		COSTO UNITARIO TOTAL
					ZONA 1	TOTAL	
4	Suministro, tendido e instalación de cable de fibra óptica aéreo tipo ADSS 6 fibras monomodo SM G.652.			m	696	3,36	2.338,56
7	Suministro de caja de empalme y ejecución del empalme aéreo o mural por fusión 6 fibras ópticas			u	1	295,70	295,70
9	Suministro e instalación de Herraje tipo A para cable de fibra óptica ADSS			u	12	17,16	205,92
10	Suministro e instalación de Herraje tipo B para cable de fibra óptica ADSS			u	10	16,33	163,30
13	Suministro e instalación de Tapón ciego para triducto (1/ 1/4")			u	4	4,71	18,84
14	Suministro e instalación de Tapón trifurcado para ducto			u	2	43,78	87,56
15	Suministro e instalación de Triducto			m	12	6,95	83,40
17	Suministro e instalación de Manguera corrugada			m	12	9,37	112,44
18	Suministro e instalación de Subida manguera			m	18	2,56	46,08
21	Suministro e instalación de Subida poste			u	2	48,92	97,84
24	Ejecución de Prueba de transmisión fibra óptica (por punta y por fibra)			u	6	9,10	54,60
25	Ejecución Rotura de acera y desalojo			m ²	10,8	3,29	35,53
26	Excavación de subida y desalojo			m	18	1,25	22,50
27	Ejecución de Reposición de acera y masillado			m ²	10,8	11,51	124,31
TOTAL USD							3.686,58

Canalización

Tabla. 5.4. Costo de Canalización Telefónica Proyectada

							ZONA 1
VOLUMENES DE OBRA CANALIZACIÓN							
Fecha: SEPTIEMBRE/2007							
DISTRIBUIDOR: CUMBAYA					KM. Vía:	0,062	
ADNG: REAL ALTO							
RUTA: 01							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	Pozo acera	48 bloques	3 conv.	u	1	684,12	684,12
		80 bloques	2 conv.	u	1	964,94	964,94
6	Canalización	Acera	4 vías	m	2,5	30,45	76,11
		Calzada	4 vías	m	13	33,44	434,66
9	Rotura y	Asfalto		m ²	5	51,14	276,16
	Reposición	Adoquín	Cemento	m ²	5	7,74	38,70
							2.474,69

Equipo

Tabla. 5.5. Costo del Nodo de Acceso Remoto

								
EQUIPO								
Fecha: SEPTIEMBRE/2007								
DISTRIBUIDOR: CUMBAYA								
ADNG: REAL ALTO								
RUTA: 01								
NAR	CAPACIDAD INICIAL	ADSL INICIAL	TIPO	EXPANSIÓN HASTA (# DE LÍNEAS)	PRECIOS REFERENCIALES (USD)			
					BIENES	SERVICIOS	CAPACITACIÓN	TOTAL
1	550	10%	outdoor	928 puertos POTS o ADSL	59497,02	6029,1	5600	71126,12

5.5 CÁLCULO DEL VAN Y TIR DEL PROYECTO

Tabla. 5.6. Cálculo del TIR y el VAN

INVERSION			
			Inversión Inicial (una sola vez)
			CANALIZACIÓN 2.474,69
			RED PRIMARIA 19.598,67
			RED SECUNDARIA 4.312,65
			FIBRA ÓPTICA 3810,888
			EQUIPO 71126,12
			TOTAL 101323,01
INVERSION ANUAL ([total Materiales + total Insumos]*12)			0
INVERSION INICIAL			101323
RETORNO			
	Consumo	Venta de líneas	
Venta del servicio (por unidad)	\$ 29,00	\$ 67,00	RETORNO 206140
Nº de servicios a vender en 1 mes	\$ 550,00	\$ 220,00	
Nº de productos a vender en 1 año	\$ 191.400,00	\$ 14.740,00	
VAN =	82730,5615		
TIR =	103,45%		

* De no existir una inversión inicial, el valor del TIR será inexistente, y esta hoja de cálculo no lo podrá calcular.

Como se puede observar en las tablas anteriores solo consideramos una inversión inicial en las que se encuentran inmersas la red primaria, secundaria, fibra óptica, canalización y equipo, todos estos se encuentran bien detallados en el desglose considerados para cada ítem, no se toma en cuenta una inversión anual debido a que en la construcción del proyecto no se consideran materiales o insumos que deben ser presupuestados para cada mes después de su construcción.

Según las tarifas de cotización de ANDINATEL S.A., el consumo promedio en Cumbayá es de \$ 29.00 dólares y tenemos 550 clientes, lo cual nos da anualmente un ingreso de \$ 191,400.00 dólares, por otra parte como se explico en el capitulo III, se consideraba 330 descongestiones y 220 nuevos usuarios, por lo cual se deben vender 220 nuevas líneas, cada línea tiene un costo de \$ 67 dólares, lo que nos da un total \$ 14,740.00 dólares, al sumar los dos totales obtenemos un retorno de \$ 206,140.00 dólares, como sabemos el VAN indica cuanto se ganará con el proyecto en dinero actual, en el VAN calculado esta inserto varias variables dentro de una formula que la vimos anteriormente la cual da un resultado final \$ 82,230.56 dólares, como podemos observar el resultado es positivo (mayor a cero), indica que el proyecto es rentable, y que es conveniente ejecutarlo, ya que se obtendrán ganancias.

El cálculo del TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero. Al igual que el VAN, la TIR considera una serie de variables insertas dentro de una fórmula, de la que se obtendrá un resultado final para nuestro caso es de 103.45%, como el resultado es mayor a la tasa de descuento (en este caso al 12%), es recomendable ejecutar el proyecto, la tasa de descuento que se utilizó se la justifica por ser el porcentaje utilizado según la Cámara de Comercio.

5.6 CÁLCULO DEL PRI DEL PROYECTO

Taba. 5.7. Cálculo del PIR

MES	INGRESOS DE ACUMULACIÓN
1	\$ 15.950,00
2	\$ 31.900,00
3	\$ 47.850,00
4	\$ 63.800,00
5	\$ 79.750,00
6	\$ 95.700,00
7	\$ 111.650,00
8	\$ 127.600,00
9	\$ 143.550,00
10	\$ 159.500,00
11	\$ 175.450,00
12	\$ 191.400,00
PIR	SEPTIMO MES

Como podemos ver en la tabla anterior se encuentra establecido los 12 meses del año y los ingresos de acumulación mensuales, para tener en consideración desde que mes se empezaría a obtener ganancias, se considera como primer valor o valor cero a la inversión realizada la misma que tiene un costo de \$ - 191,400.00, por tanto para saber desde que periodo se obtendrán ganancias realizamos una suma entre el valor cero y los subsiguientes meses, como ejemplo sería la suma entre la inversión, la cual tiene signo negativo y los \$ 15,950.00 dólares del primer mes, realizando el mismo procedimiento se puede visualizar que en el séptimo mes se recupera la inversión y se empieza a obtener regalías, esto es simple debido a que en este periodo la suma entre la inversión inicial y los ingresos de acumulación tienen un valor positivo en el séptimo mes.

Análisis

Como se puede ver los costos de inversión son altos, pero de la misma manera de obtienen ganancias líquidas desde el séptimo mes después de la construcción del proyecto y que haya entrado en funcionamiento el nodo de accesos remoto, el proyecto es rentable de acuerdo a los índices calculados.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- Al haber concluido el proyecto de reorganización de Planta externa en Cumbayá, sector la Primavera III, en los diferentes aspectos, como son en el ámbito Social, Técnico, Tecnológico y Económico, me permito indicar las siguientes conclusiones:

- La Planta Externa ha evolucionado, si bien es cierto en un principio se consideraba solo redes de acceso vía cobre recorriendo grandes distancias, tanto aéreas como canalizadas utilizando diferentes tipos de cable multipar de cobre, en la actualidad se esta migrando a nuevas tecnologías de acceso como son la fibra óptica, redes inalámbricas como WIMAX, redes híbridas que utilizan tanto cobre como fibra óptica, lo cual esta generando que las empresas proveedoras de servicios telefónicos que en la actualidad estas puedan ofrecer servicios complementarios como son; VoIP, IPTV y VoD, lo que quiere decir que se puede ofrecer voz datos y video simultáneamente.

- El presente Proyecto se basa en la utilización de una red híbrida, la cual se conecta desde la Central de Cumbayá con hilos de fibra óptica hasta el Nodo de Acceso Remoto y desde este poder ofrecer multiservicios a su abonados, el tendido de cables de cobre salen desde el NAR hacia los Armarios que son un punto de corte entre la red primaria y la red secundaria.

- Para poder realizar el dimencionamiento requerido para el proyecto se necesito realizar diferentes levantamientos como son los de armario, red primaria existente y el levantamiento de demanda, estos factores fueron muy importante debido a que un diseño no puede hacerse solo con planos, es

factible y necesario salir al campo y revisar como se encuentra la red actual y en base a esta cuantificar la cantidad de nuevos pares, el dimensionamiento del equipo, observar si la red existente todavía tiene vida útil, en fin varios antecedentes que se deben considerar para poder aplicar los diferentes criterios de diseño.

- En todo diseño es necesario verificar que la factibilidad del tendido de red primaria sea canalizado, para lo cual se necesita confirmar que haya canalización existente y dentro de ella vías libres, se debe observar las vías de canalización de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, en caso de que no existiesen vías libres se consideraría la ampliación de la canalización y no realizar empalmes para tendido vía aérea por lo que al realizar un empalme se produce atenuación en la señal transmitida.
- En lo referente al levantamiento de armarios de bebe verificar la capacidad de los mismos en el campo, si bien es cierto ANDINATEL posee un software, mediante el cual se puede verificar la capacidad de armarios entre otras facilidades, es necesario realizar la lectura en los armarios de distribución, para esto se lee por bloques, generalmente se encuentra primero el bloque de red secundaria y consecuentemente el bloque de red primaria, cada bloque esta conformado por cincuenta pares, en regletas de 10 pares, la lectura en las regletas se la hace observando cuantos pares no se encuentran conectados y así se saca una estadística, la misma que nos indica si es necesario ampliar la red secundaria y la lectura en los bloques de red primaria nos indican a que ruta pertenece ese armario.
- Lo más importante en el levantamiento de red primaria es identificar que rutas van hacia los armarios de distribución y contemplar que regletas del distribuidor se están utilizando, esto nos ayudará a poder realizar el correcto desmontaje de este cable, se debe considerar hasta donde se puede desmontar el mencionado cable, para esto se lo debe dejar en el empalme desde donde nace este y dejarlo como reserva, la razón por la cual no se

desmonta todo el cable es simple la misma ruta sirve a otros armarios relativamente no están considerados en el proyecto a ejecutar.

- Para el levantamiento de la demanda actual en el sector, es importante analizar cuantos distritos se tomarán en cuenta y si cada uno de estos distritos tiene lotes baldíos o tiene copados todos los terrenos con viviendas, con esto conseguiremos proyectarnos realmente para un crecimiento a futuro y a demás considerar la capacidad del equipo a instalar.
- En lo que al respecta al diseño de canalización es importante considerar que existan vías libres para el paso de la red primaria, en nuestro caso se pudo identificar que las vías estaban sin obstrucciones, solo se construirá dos pozos para empatar al NAR con la canalización existente.
- La red primaria que saldrá desde el equipo serán dos cables de mediana capacidad, no salimos con un solo cable de 600 pares para evitar realizar un empalme innecesario, se seguirá la canalización existen hasta llegar a los diferentes armarios contemplados, existe un empalme directo al llegar al distrito 3 el mismo que es necesario debido a que las bobinas de cable multipar de cobre de 150 pares tienen un limitado metraje por lo tanto se realizó este empalme, la numeración en los mismos es importante ya que asegura la transmisión desde en equipo.
- Al existir reservas de hilos de fibra óptica es factible empalmarlos y llevarlos hacia el quipo se debe considerar fibra óptica tipo ADSS, debido a que esta fibra es optima para grandes enlaces, los herrajes de poste tipo A y B para fibra son indispensables los de tipo A se los utiliza cuando existe cambio de dirección de la fibra óptica, mientras los tipo son de paso.
- El quipo a considerar se lo dimensiona de acuerdo a la capacidad de red primaria que se va ampliar y la cantidad usuarios a futuro, para lo cual hemos considerado un equipo que cumple las expectativas de crecimiento poblacional, es importante tener en cuenta el tráfico telefónico que se va a utilizar es por eso que hemos utilizado las tablas de Erlang para poder calcula

el tráfico, tráfico que se lo dimensionó con la proyección de crecimiento a 10 años y el 10 % de la capacidad total para servicios de banda ancha que satisface la demanda inicial y proyectada.

- El proyecto sin duda es rentable, esta consideración se la hace por los cálculos obtenidos en lo que respecta al VAN, TIR y PIR, teniendo en consideración que la inversión inicial es única, no se producirán nuevos insumos a lo largo del año en el que se tiene la expectativa de recuperar capital y generar ingresos para la empresa, los flujos de efectivo se los considera los mismos para cada mes, debido a que se preverá el mismo servicio durante todo el año.

RECOMENDACIONES

- Es importante tener sumo cuidado en realizar los levantamientos, tantos de canalización, red primaria, red secundaria, armarios y demanda, ya que con esta información se procederá a realizar el diseño de red.
- Verificar que equipos se puede utilizar en lo que respecta a la compatibilidad con los equipos existentes.
- Tomar en consideración que tipo de fibra óptica se puede utilizar dependiendo de la longitud del enlace y el medio en que esta será instalada.
- Identificar correctamente que rutas abarcan los distritos a fin de realizar una correcta descongestión de abonados.