



“Estudio y Diseño de una Red ADSL2+ Aplicado a la Ciudad de Guayaquil”

V. Martínez¹, J. Delgado², G. Hasing³, Ing. José Escalante⁴

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Prosperina, Vía Perimetral Km 30 1/2

hmartine@fiec.espol.edu.ec, jdelgado@fiec.espol.edu.ec, ghasing@fiec.espol.edu.ec, jescalatne@ecutel.net

Resumen

Los accesos a banda ancha en nuestro país se están incrementando con el pasar de los días, trayendo consigo una proliferación de nuevos servicios y el crecimiento de requerimientos que los usuarios necesitan para las distintas aplicaciones. El acceso a banda ancha utilizando tecnología ADSL no ha sido bien explotado en Ecuador y se ha dejado de aprovechar el medio de cobre. Sin embargo son muchas las ventajas que el uso de esta tecnología puede representar para los usuarios y para las compañías proveedoras de servicios de banda ancha. En este artículo analizamos el uso de esta tecnología aplicado a las líneas que conforman la red telefónica de nuestra ciudad, en el cual a más de realizar un estudio del ADSL2+, incursionamos en los posibles servicios que una red de estas características puede brindar como lo son los servicios Triple Play. Finalmente hacemos una evaluación de los resultados obtenidos basándonos en las ventajas, desventajas y resultados en base a criterios.

Palabras Claves: ADSL, ADSL2, ADSL+, acceso a banda ancha, servicios triple play.

Abstract

Broadband access in our country are increasing with the passing of the days, bringing with it a proliferation of new services and the growth of requirements that users need for the different applications. In Ecuador, broadband access using ADSL has not been well exploited properly over existing copper telephone lines. However, there are so many advantages that the use of this technology can provide to users and broadband service providers. In this article, we analyze the use of this technology applied to telephone lines in our city, in which more than conduct a study of ADSL2+, we show the services that a network can provide these features as are the Triple Play services. Finally we make an assessment of the results based on the advantages, disadvantages and results on the basis of criteria.

Cue Words: ADSL, ADSL2, ADSL+, Broadband access, triple play services

1. Introducción.

Las distintas tendencias tecnológicas hoy se enfocan en un punto de convergencia en el que se trata de satisfacer las necesidades y requerimientos más exigentes que se presentan en el campo de las telecomunicaciones y en la vida diaria de muchas personas, empresas, corporaciones y mercados, en donde la facilidad y rapidez con que se actúe pueden significar grandes transformaciones. Al formar parte

de este mundo globalizado, en donde la tecnología se presenta día a día con distinta cara, con nuevos avances a la vista de todos; tenemos que ser observadores y capaces de elegir la mejor opción de entre muchas. Es así que disponemos actualmente de muchas tecnologías de acceso a los servicios de banda ancha. El presente artículo nos permite conocer y explorar uno de los principales medios de acceso a banda ancha, que es el servicio prestado por la tecnología ADSL, en donde su más reciente versión el

ADSL2+, se está convirtiendo en el preferido por muchas empresas de servicios de Internet alrededor del mundo.

2. Tecnologías xDSL

La primera especificación sobre la tecnología xDSL data de 1.987 y fue definida por Bell Communications Research, la misma compañía precursora de la tecnología RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). En ese momento la aplicación de la tecnología xDSL estaba dirigida a suministrar video bajo demanda y aplicaciones de televisión interactiva sobre el par de cobre.

xDSL son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad. Es una tecnología en la cual es requerido un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan flujos de datos en formato digital y lo superponen a una señal analógica de alta velocidad. Entre las más destacadas tenemos las tecnologías ADSL, HDSL, VDSL, SDSL, IDSL, CDSL, MDSL y RADSL.

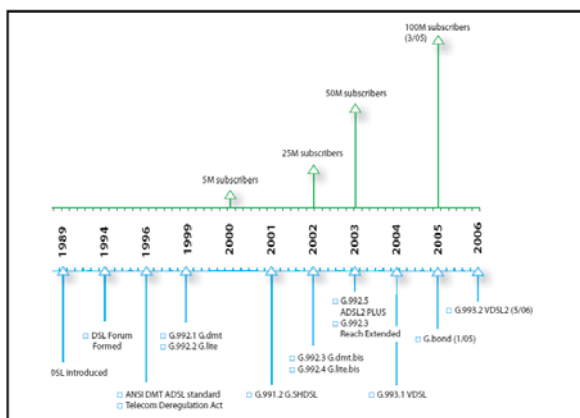


Figura 1 Historia de los estándares DSL y su impacto en el mercado DSL

2.1 Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

ADSL es una de las tecnologías de la familia xDSL que trabajan sobre la red telefónica pública. Esta tecnología se ha implementado de una manera rápida alrededor del mundo. ADSL permite conseguir velocidades de hasta 8 Mbps. Al ser asimétrica, tiene la ventaja de poder darle un mayor ancho de banda al canal de bajada de la información (de Internet al usuario) que al canal de subida (del usuario a Internet). Sus posteriores versiones como lo son ADSL y ADSL2+ permiten alcanzar mayores velocidades.

2.2 High bit-rate Digital Subscriber Line (HDSL)

La High bit-rate Digital Subscriber Line permite establecer una conexión simétrica de hasta 2.3 Mbps, las técnicas avanzadas de modulación HDSL transmiten a 1.544 Mbps ó 2.048 Mbps en anchos de banda que van de 80 Khz. a 240 Khz. Una desventaja de esta tecnología es que una vez que se instala, el par de cobre no puede ser utilizado para el servicio telefónico. Los módems HDSL permiten la transferencia de datos por un par telefónico de forma unidireccional de 1,544 Mbps (T1) ó 2,048 Mbps (E1), por lo que para la comunicación bidireccional son necesarios dos pares. En este caso por cada par se transmite y recibe un flujo de 1024 Kbps respectivamente.

2.3 Very high-bit-rate Digital Subscriber Line (VDSL)

Esta tecnología permite transmitir datos a una velocidad máxima de bajada que está entre 13 y 52 Mbps, para distancias menores a 1.3 kilómetros de la central telefónica. Para el canal de subida la velocidad varía entre 1.6 y 2.3 Mbps. Esta tecnología se la puede usar en redes de fibra óptica y trabaja en modo simétrico o asimétrico. Una ventaja de esta tecnología es la alta velocidad la cual permite ofrecer diferentes servicios.

2.4 Elementos de una red ADSL

La conexión ADSL es una conexión asimétrica, con lo que los módems situados en la central y en casa del usuario son diferentes. En la siguiente figura vemos un esquema básico de cómo es una conexión ADSL.

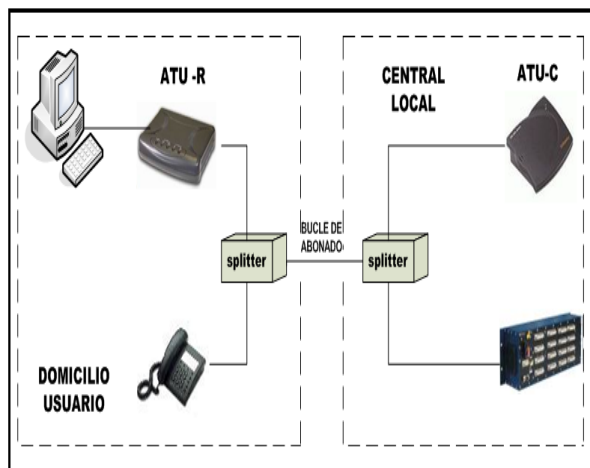


Figura 2 Conexión Adsl básica

El módem situado del lado del usuario se denomina ATU-R ó ADSL Terminal Unit-Remote y al módem situado del lado de la central se denomina ATU-C o ADSL Terminal Unit-Central. Delante de ellos se han ubicado dispositivos llamados splitters. Un splitter no

es más que un conjunto de dos filtros: un paso alto y otro paso bajo. La finalidad de cada uno de ellos es separar las señales transmitidas por el bucle de abonado; es decir separar las señales de alta frecuencia (ADSL) de las de baja frecuencia (telefonía).

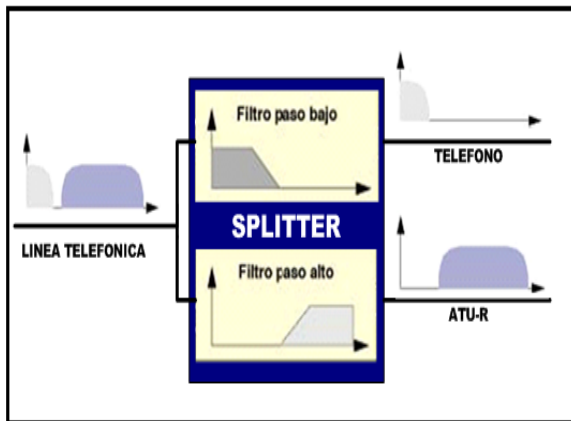


Figura 3 Funcionalidad del splitter en una red Adsl

A continuación se muestra un modelo más completo de una arquitectura ADSL, el mismo que consta de dos partes bien diferenciadas. La primera parte describe cada uno de los componentes en el lado de la Central Telefónica o conocida también como Oficina Central (CO), y la segunda parte corresponde y explica cada uno de los componentes utilizados en el lado del Usuario Local con sus respectivas interfaces.

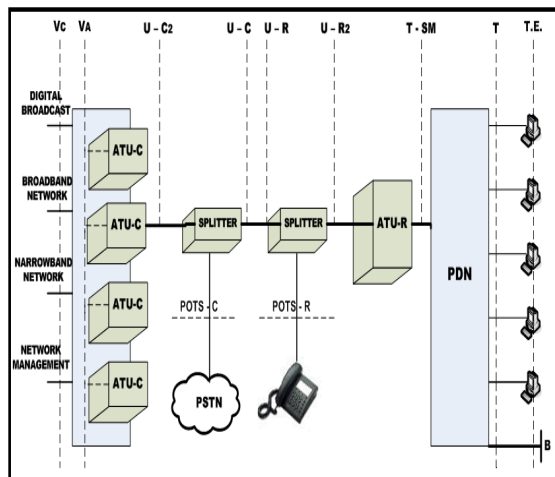


Figura 4 Modelo de Referencia ADSL

2.5 Tipos de Modulación utilizados

La señal portadora de alta frecuencia utilizada en ADSL puede ser modulada de dos formas, las cuales son: modulación CAP (Carrierless Amplitude Phase) y modulación DMT (Discrete Multi-tone Modulation), ambas basadas en la modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Aunque finalmente los

organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) optaron por la solución DMT.

2.5.1 Carrierless Amplitude Phase Modulation (CAP)

CAP es una técnica de modulación de portadora única que utiliza 3 rangos de frecuencia, 900 KHz para el canal de downstream, 75 KHz en el canal de upstream y 4 KHz para servicio telefónico.

Para mantener una proporción razonable entre los canales, las implementaciones de sistemas CAP utilizan 5 velocidades de datos en el canal downstream con 5 portadoras diferentes y constelaciones de 8 símbolos (3 bits/símbolo) a 256 símbolos (8bits/símbolo).

CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime antes de la transmisión que no contiene información y se vuelve a componer de nuevo en el módem receptor.

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 $\pi / 2$ (cuadratura). 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 aplicaciones digitales.

2.5.2 Discrete Multi-tone Modulation (DMT)

DMT divide las frecuencias disponibles en 256 subcanales, cada uno de estos subcanales llamados también subportadoras es modulado en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz.

Los datos se dividen en diversos números de bits y se distribuyen según una determinada combinación de los 256 subcanales creados, en función de su capacidad para efectuar la transmisión. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal a Ruido en la banda asignada a cada una de ellas.

Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal a Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida. Para eliminar el problema del ruido, se transportan más datos en las frecuencias inferiores y menos datos en las superiores.

Las técnicas de modulación en ambos extremos del enlace, es decir tanto en el lado de la central (ATU-C)

como del usuario (ATU-R), son las mismas. La única diferencia es que en la central se dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que del lado del usuario solo 32 subportadoras como máximo.

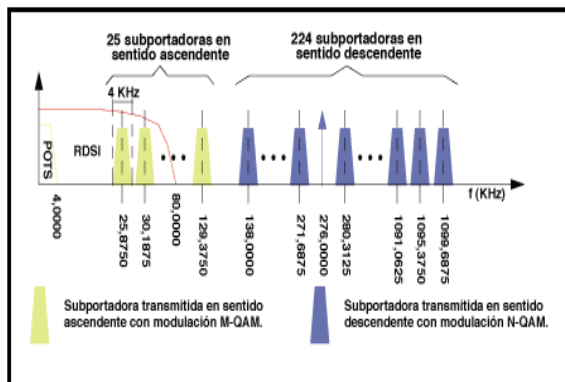


Figura 5 Modulación ADSL DMT con FDM

2.6 Integración de ATM y ADSL

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

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (PVCs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho de que en el ATM se contemplan diferentes categorías de servicio con distintos parámetros de tráfico y de calidad de servicio para cada SVC. De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, video o datos).

En los módems ADSL se definen dos canales, el canal rápido y el canal de entrelazado. El primero agrupa los PVCs ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz. El canal de entrelazado, llamado así porque en él se aplican técnicas de entrelazado para

evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los PVCs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

Los estándares y la industria han impuesto mayormente el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces, las interfaces WAN pueden ser STM-1, STM-4, E3 u otras estandarizadas, y el resto ADSL-DMT. El núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de control de parámetros y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.

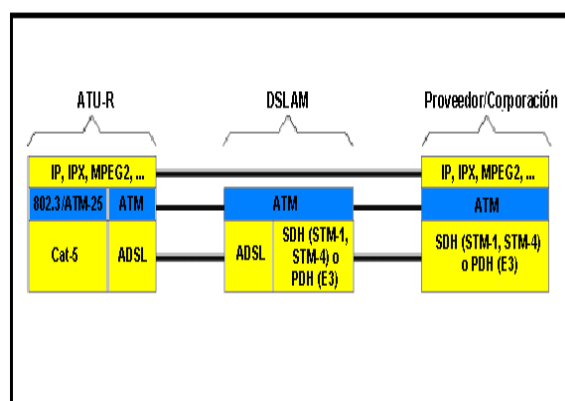


Figura 6 Protocolos de ATM sobre ADSL

3 Evolución a ADSL2 y ADSL2+

Estos estándares adoptados y desarrollados por la ITU, el ADSL2 (G.992.3) y ADSL2+ (G.992.5), son tecnologías que permiten alcanzar tasas de transferencia de datos mayores que el ADSL convencional. Además ofrecen nuevas características y funcionalidades, incluyendo soporte para nuevos servicios y aplicaciones. Entre los cambios más notables podemos encontrar adaptabilidad, tasas de transferencias mayores, diagnósticos, modos de espera e incrementos en el alcance.

Tabla 1 Familia ADSL

Tipo de DSL	Flujo descendente (Mbps)	Flujo ascendente (Mbps)	Distancia convencional (m)
ADSL	1.5 - 8	1	1.500
ADSL2	11	1.5	2.000
ADSL2+	24	2	1.500

3.1 Comportamiento dinámico de ADSL 2

En el ADSL convencional uno de los mayores problemas al momento de aumentar la tasa de transferencia era la alta diafonía producida en el tendido telefónico. Así de esta manera los cambios

producidos en los niveles de diafonía en la conexión causaban la interrupción del servicio ADSL sumado también a otras causas como las interferencias AM, cambios de temperatura o presencia de humedad.

ADSL2 mejora estos aspectos supervisando la cantidad de distorsión y ruido en el medio, variando su tasa de transferencia al máximo en tiempo real sin perder calidad en lo correspondiente a su transmisión, del mismo modo previniendo de errores a la misma. Esta clase de adaptabilidad se la hace de una forma transparente de cara al usuario usando mecanismos que permiten cambios de velocidades sin producir errores en la sincronización, en el momento mismo del procesamiento de las tramas de información.

Esta nueva innovación se la conoce como SRA (*Seamless Rate Adaptation*) y permite a los sistemas ADSL2 cambiar su tasa de transferencia de datos de una conexión mientras está operando, sin ninguna interrupción del servicio o presencia de bits erróneos.

SRA está basada en la separación de la capa de modulación y la capa de entramado en los sistemas ADSL2. Esta separación permite a la capa de modulación cambiar los parámetros de la tasa de transferencia de datos sin modificar la capa de entramado, lo que causaría que los módems perdieran la sincronización de trama y resultando en incorregibles bits erróneos o reinicio del sistema. SRA utiliza los procedimientos OLR (*Sophisticated Online Reconfiguration*) de ADSL2 para cambiar la tasa de transferencia de datos de la conexión.

El protocolo usado por SRA trabaja de la siguiente manera:

1. El receptor supervisa la SRN del canal y determina que un cambio en la tasa de transferencia de datos es necesario para compensar los cambios en las condiciones del canal.

2. El receptor envía un mensaje al transmisor para iniciar el cambio en la tasa de transferencia de datos. Este mensaje contiene todos los parámetros de transmisión necesarios para transmitir a la nueva tasa.

3. El transmisor envía una señal de sincronismo que es usada como marca para designar el tiempo exacto en el cual será usada la nueva tasa de transferencia de datos y los parámetros de transmisión.

4. La señal de sincronismo es detectada por el receptor de forma rápida y transparente, el transmisor y el receptor conmutan a la nueva tasa de transferencia.

3.2 Voz canalizada sobre ADSL2

ADSL2 permite separar el ancho de banda en diversos canales con determinadas características para cada enlace y para diferentes aplicaciones. Es decir, por ejemplo, con ADSL2 podemos utilizar distintas señales de voz en distintos canales estableciendo más de una conversación sobre una línea. Este podría ser

un servicio adicional ofertado por cualquier operadora ofreciendo una transmisión más flexible, de una mejor calidad y sobretodo de bajo costo.

La capacidad de canalización de ADSL2 provee un soporte al canal de voz sobre DSL conocido como CVoDSL (*Channelized Voice over DSL*), que es un método el cual consiste en transportar líneas derivadas de tráfico de voz TDM (*Time Division Multiplexing*) sobre anchos de banda DSL pero de una forma completamente transparente.

Lo que hace CVoDSL es reservar canales de 64Kbps de ancho de banda DSL para transmitir la voz directamente en un circuito conmutado PCM; con esto se logra eliminar la necesidad de paquetizar el tráfico de voz sobre una línea telefónica en protocolos de capa superior como ATM o IP ,desde el módem DSL al Terminal remoto u oficina central.

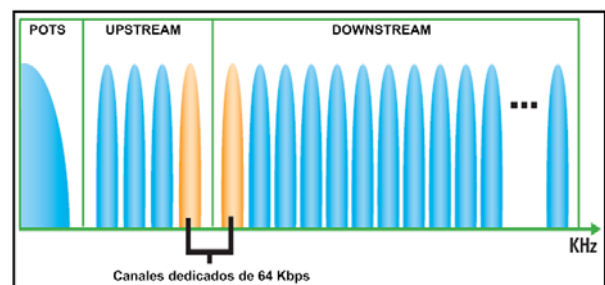


Figura 7 CVoDSL y sus canales de dedicados

3.3 Ahorro en el consumo de energía

Los primeros trancceptores ADSL que salieron al mercado se mantenían funcionando durante las 24 horas del día, incluso cuando no se los está utilizando. Esto puede causar un problema, especialmente en lugares de trabajo donde la disipación de energía es un factor primordial y se debía mantener dentro de ciertos niveles. A su vez representa un gasto innecesario de energía eléctrica, puesto que no se estaría haciendo uso del servicio.

Con el fin de resolver este inconveniente la tecnología ADSL2 permite operar en 3 niveles de energía, los cuales son:

- L0 power mode
- L2 low-power mode
- L3 low-power mode

3.3.1 L0 POWER MODE

ADSL2 trabaja en el nivel L0 power mode cuando se realizan grandes descargas de archivos que requieren que la velocidad de descarga sea maximizada. Durante este período el transceptor funciona a toda su capacidad.

3.3.2 L2 LOW-POWER MODE

Este modo permite un ahorro de energía de los trancceptores ubicados en el ATU-C llevando un registro estadístico de la conexión del usuario y el tráfico de Internet.

El nivel L2 low-power mode es una de las principales características innovadoras de los estándares ADSL. Permite a los trancceptores entrar y salir de este nivel según la cantidad de tráfico sobre la conexión ADSL. Por ejemplo, mientras el usuario se demora en leer un archivo de texto grande y no está ocupando recursos de la red, el trancceptor entra a L2 y saldrá del mismo una vez que empiece una nueva descarga de archivos o páginas por parte del usuario.

Es importante aclarar que la entrada y salida a este nivel de energía es automática e imperceptible para el cliente, puesto que no se produce interrupción del servicio ni errores en la tasa de bits.

3.3.3 L3 LOW-POWER MODE

Con este modo ADSL2+ cuenta con un ahorro en el consumo de energía tanto del lado del usuario como del proveedor cuando no se realiza uso de la conexión por un período considerable de tiempo.

Durante el nivel L3 low-power mode, los trancceptores entran a un período de descanso llamado "sleep mode", en el cual el cliente no está en línea (on line) y con esto se evita un consumo innecesario de energía. Los trancceptores requieren de aproximadamente 3 segundos para volver a su estado normal de actividad una vez que se necesite nuevamente del uso de la conexión.

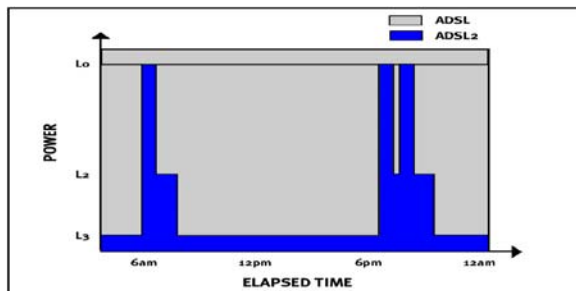


Figura 8 Comparativa de modos de energía entre ADSL Y ADSL2

3.4 Mejora en el alcance

Con el surgimiento de ADSL2 se obtuvieron varios avances en el desempeño operativo de esta clase de tecnología. Se logró mejorar la tasa de transmisión, la susceptibilidad a interferencias, y se llegó a extender un poco más el alcance hacia los usuarios.

Todo esto se produce gracias a la utilización de la codificación QAM la cual proporciona una alta tasa de transferencia en líneas de gran longitud donde la

relación Señal a Ruido (SNR) es baja lo que provoca una degradación de la señal.

Adicionalmente con la ayuda de la codificación Reed-Solomon se obtiene una mayor ganancia de codificación, debido a las mejoras en el entramado provocadas por la flexibilidad de generación de palabras de código Reed-Solomon, lo que a su vez produce un incremento en la tasa de transferencia en líneas de gran longitud.

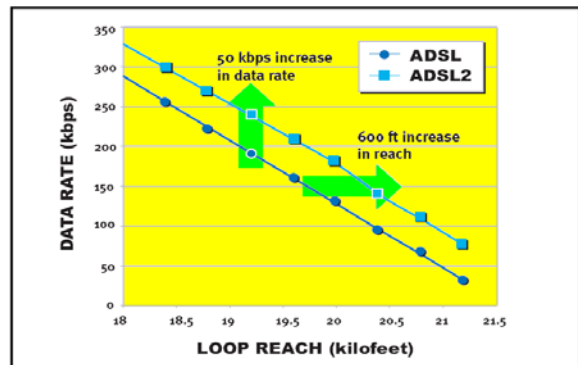


Figura 9 Alcances de sistemas ADSL y ADSL2

3.5 Monitoreo y diagnóstico del estado del enlace

ADSL2 posee herramientas capaces de diagnosticar las condiciones del enlace.

Estas capacidades de diagnóstico se encuentran en ambos extremos de la conexión, lo cual brinda una herramienta muy útil para solucionar problemas durante y después de la instalación del servicio, además de poder realizar el constante monitoreo de la línea, brindando de esta forma un mejoramiento del control de calidad del servicio.

Para poder llevar a cabo esta función, los trancceptores ubicados en los extremos del enlace toman constantemente mediciones de diversos parámetros, tales como: nivel de ruido de la línea, atenuación de la señal, relación señal a ruido (SNR), para lo cual utilizan una herramienta especial de muestreo y diagnóstico.

Dichas mediciones, tomadas en tiempo real, son analizadas e interpretadas por programas, para luego ser utilizadas por el proveedor en el monitoreo de la conexión e incluso para determinar si se puede ofrecer un mayor ancho de banda al cliente.

3.6 IMA como complemento de ATM

La multiplexación inversa para ATM se presenta como una solución intermedia entre enlaces de alta velocidad como lo son los enlaces E3/T3 y los enlaces E1/T1, puestos que los primeros pueden ser muy costosos y los segundos limitados para cubrir ciertas aplicaciones.

Un multiplexor convencional reúne el tráfico de diferentes fuentes, cada una de estas a una velocidad determinada, en un enlace de mayor velocidad con el objetivo de tener una transmisión eficiente. Mientras que el multiplexor inverso ATM (IMUX) toma el tráfico proveniente de una fuente con una relativa alta velocidad y lo distribuye por varios enlaces de menor capacidad. A través de IMA, los equipos ADSL2 pueden unir dos o más pares de cobre en un enlace ADSL. El resultado es una mucho mayor flexibilidad en las tasas de transferencia de datos en el sentido red-usuario.

El estándar IMA especifica una nueva subcapa que reside entre la capa física ADSL (PHY) y la capa ATM. En el lado del transmisor esta subcapa, llamada "subcapa IMA", toma un único flujo ATM de la capa ATM y lo distribuye entre múltiples ADSL PHYs. En el lado del receptor, la subcapa IMA toma celdas ATM de múltiples ADSL PHYs y reconstruye el flujo ATM original.

3.7 Mejoras con ADSL2+

ADSL2 Plus alcanzó consentimiento en la ITU en Enero de 2003, uniéndose a la familia de estándares ADSL2 como G.992.5.

La recomendación ADSL2 Plus dobla el ancho de banda del sentido red-usuario y en consecuencia, incrementa la tasa de transferencia de datos en este mismo sentido en líneas telefónicas de alrededor de 1,5Km.

Mientras los primeros dos miembros de la familia del estándar especifican una banda de frecuencias de hasta 1,1 MHz y 552 kHz respectivamente para el sentido red-usuario, ADSL2 Plus lo hace con hasta 2,2 MHz. El resultado es un incremento significativo en las tasas de transferencia en el sentido red-usuario en líneas telefónicas cortas. La tasa de transferencia de ADSL2 Plus en el sentido usuario-red es de cerca de 1Mbps, dependiendo de las condiciones del lazo.

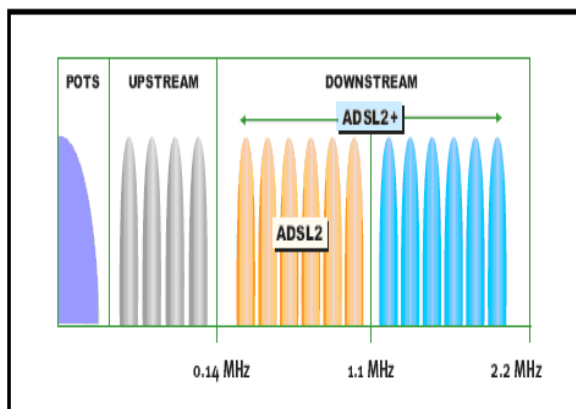


Figura 10 ADSL2+ dobla el ancho de banda de ADSL2

ADSL2 Plus también puede ser usado para reducir la diafonía. ADSL2 Plus ofrece la capacidad de usar sólo tonos entre 1,1MHz y 2,2MHz enmascarando las frecuencias usadas en sentido red-usuario que estén por debajo de 1,1MHz. Esto puede ser particularmente útil cuando los servicios ADSL de la oficina central y el terminal remoto están presentes en la misma conexión a medida que se acercan a las residencias de los clientes. La diafonía de los servicios ADSL desde el terminal remoto sobre las líneas de la oficina central, puede significativamente variar las tasas de transferencia de datos en la línea desde la oficina central.

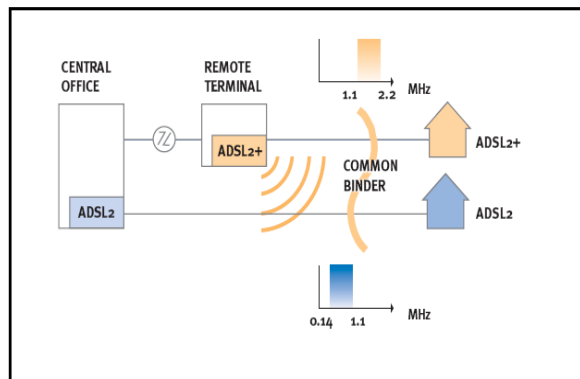


Figura 11 Reducción de crosstalk usando ADSL2+

ADSL2 Plus puede corregir este problema usando frecuencias por debajo de 1,1MHz desde la oficina central al terminal remoto, y las frecuencias entre 1,1MHz y 2,2MHz desde el terminal remoto a las cercanías del cliente. Esto eliminará la mayor parte de la diafonía entre los servicios y preserva las tasas de transferencia en la línea de la oficina central. También este estándar ofrece:

- **Interoperabilidad mejorada:** Adiciones al estado de inicialización mejoran la interoperabilidad y ofrecen un mejor desempeño cuando los transmisores y receptores se conectan equipos ADSL2 de diferentes fabricantes.
- **Inicio rápido:** ADSL2 ofrece un modo de arranque rápido que reduce el tiempo de inicialización desde más de 10 segundos (como es requerido para ADSL) a menos de 3 segundos.
- **Modo Todo-Digital:** ADSL2 permite un modo opcional que permite la transmisión de datos ADSL en el ancho de banda de voz, añadiendo 256Kbps de tasa de transferencia en sentido usuario-red. Esta es una opción atractiva para negocios que tienen sus servicios de voz y datos en diferentes líneas telefónicas.
- **Servicios basados en paquetes:** ADSL2 incluye una capa llamada PTM-TC (*Plesiochronous Transfer Mode – Transmission Convergence*), que permite transportar sobre ADSL2 servicios basados en paquetes de datos (como la *Ethernet*).

4. Situación de los actuales servicios de banda ancha en el medio

Los requerimientos de banda ancha en el Ecuador han ido aumentando a medida que los cambios y necesidades de las nuevas aplicaciones desarrolladas por las nuevas tecnologías han ido avanzando en este mundo globalizado; sin embargo los altos costos del uso de la banda ancha en el país se han vuelto una gran limitante. Aun así, en nuestro medio encontramos algunas empresas que ofrecen el servicio haciendo uso portador de distintas tecnologías.

Una de las principales limitantes del acceso a Internet en nuestro país es la carencia de salidas internacionales a la misma. En el 2004 la anchura de banda requerida fue de 0.5 Gbps y para el 2006 se superaron los 2Gbps, saturando de esta manera la única salida que se tiene a través del Cable Panamericano.

Se estima que en Ecuador existen más de 10.697 puntos de acceso hasta finales del 2006 (fuente: CEPAL) y la penetración de Internet fue del 5.2% (fuente: Internetworldstats), además se estima se alcance para el 2007 el 0,8 %. De esta manera Ecuador se situaría aun en el puesto 11 dentro de la región en lo que respecta a penetración. En una publicación hecha en Noviembre de 2006, el CONATEL según estudios llegó a la conclusión que la penetración de Internet en el país fue del 10,13 %.

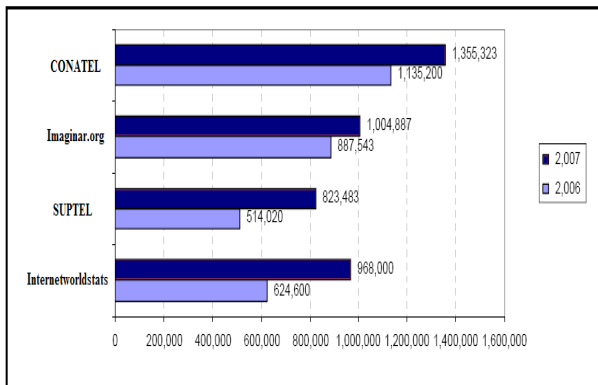


Figura 12 Número de usuarios de Internet en Ecuador

En lo que respecta a proveedores de Internet hasta Diciembre de 2006 se encontraban registrados 77 ISPs, es decir personas naturales o jurídicas que cuentan con los permisos requeridos para la prestación de servicios agregados. Esta información fue tomada de la Superintendencia de Telecomunicaciones, en la cual puede denotarse que un poco más del 50 % del total de usuarios han adquirido servicios a empresas estatales de telecomunicaciones. De los ISPs registrados claramente apenas 9 controlan el 85% del mercado.

Otro aspecto a tomar en consideración es que de los 77 ISPs, tan solo 36 están presentes en la ciudad de Guayaquil.

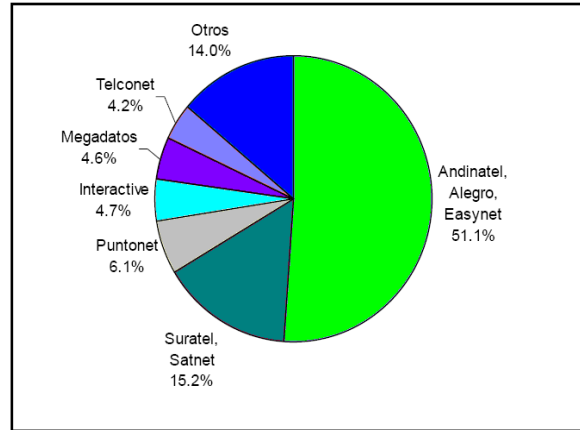


Figura 13 Participación de diferentes proveedores según número de usuarios

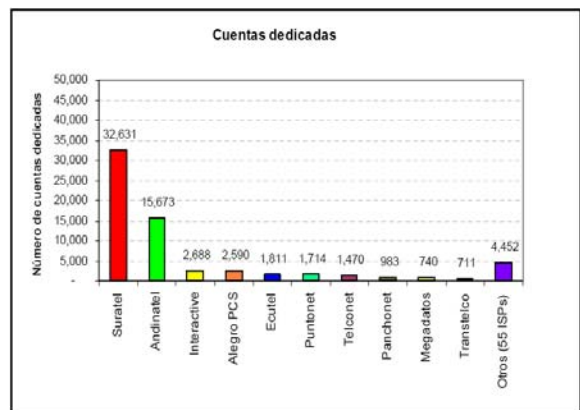


Figura 14 Número de cuentas dedicadas por proveedor

5. Situación actual de la red telefónica de la ciudad de Guayaquil

En la actualidad las distintas centrales de la red telefónica de Guayaquil pertenecientes a Pacifictel S.A. conforman una red SDH (Synchronous Digital Hierarchy ó Jerarquía Digital Sincrónica), que está compuesta por cinco anillos que cubren la ciudad, estos anillos son denominados: Central, Norte, Sur, Este y Oeste.

Cabe mencionar que hoy en día las redes SDH son consideradas junto a SONET (su equivalente norteamericano) tecnologías dominantes en la capa física de transporte de las redes actuales de fibra óptica. Esta jerarquía está basada en la existencia de una referencia temporal común (reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica.

La antigua red telefónica de Guayaquil era considerada como una red compleja, basada su mayor parte en tecnología PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy o Jerarquía Digital Plesiócrona), cuya topología era una combinación de malla y estrella. De ahí la importancia de contar actualmente con una topología conformada por anillos bien dispuestos, uno central conectado al resto en las direcciones norte, sur, este y oeste. Esto fue implementado porque si un enlace se llegase a perder o existiera un corte de fibra, habría un camino de tráfico por otro camino alternativo. Así los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red. De estos 5 anillos que conforman la red SDH, se pueden diferenciar dos características presentes en los mismos debido a sus funciones prestadas; estas funciones son de recolectar tráfico e interconectar tráfico. Los anillos que realizan funciones de recolectar tráfico para ser llevado a nodos dentro o fuera del mismo con el objeto de llegar a la central destino son el Norte, Sur, Este y Oeste, dejando al anillo Central como el dedicado a la función de interconectar y administrar mediante gestión las distintas centrales que conforman los anillos nombrados anteriormente.

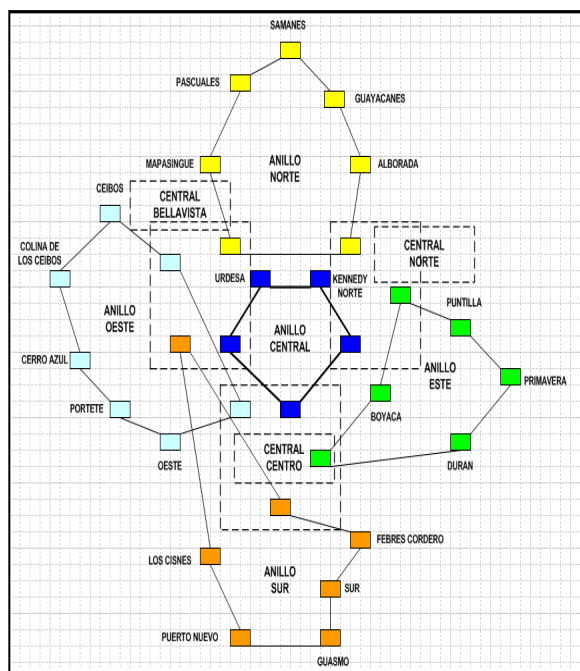


Figura 15 Red SDH de Pacifictel

De éstas centrales se pueden diferenciar 3 centrales, la central Centro, Norte y Bellavista que cumplen funciones de Tandem. La central Centro se caracteriza por recibir todo el tráfico Nacional e Internacional y además cuenta con un enlace remoto hacia la Estación Terrena de Guayaquil.

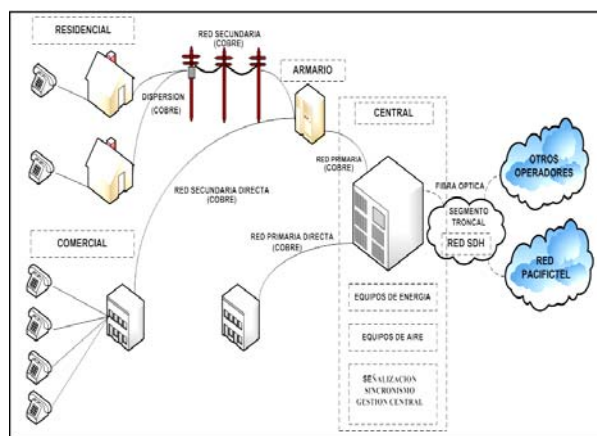


Figura 16 Diagrama esquemático de la red telefónica de Pacifictel

6 Escalabilidad de la red

La red telefónica de Pacifictel presenta una topología que la conforman anillos distribuidos en la ciudad de acuerdo a su ubicación geográfica, esta es la llamada red SDH Pacifictel; permitiéndole gestionar la red de forma transparente, brindando beneficios en cuanto a manejo de tráfico e interconexión, y ventajas como la de proveer líneas telefónicas a usuarios que lo necesiten aunque no estén conectados directamente a la central que le corresponde por situación geográfica. Para proveer de servicios ADSL es necesario que la distancia desde el abonado a la central no se exceda una distancia promedio de los 5Km. De esta manera se presenta el problema de exceder esta distancia, para lo cual se debería estar conectado preferentemente a la central e ISP más cercano posible. El problema actual radica en la falta de capacidad en algunos sectores en donde los armarios manejan entre 250 y 300 usuarios, limitándose a ofrecer el servicio ADSL a usuarios que dispongan de una línea telefónica, dejando en estudio a aquellos que deseen el servicio sin poseer una línea.

7 Diseño de una Red ADSL2+ para la ciudad de Guayaquil

Para el diseño de la red ADSL2+ se han tomado en cuenta algunas consideraciones que van desde la parte técnica hasta la localización propia de la red. Antes de realizar la descripción de la red se ponen en consideración algunos términos empleados o terminologías usadas en la descripción, para poder tener un buen entendimiento del diseño.

Servicio: Es la aplicación que se ejecuta de un extremo a otro sobre una conexión a través de una tecnología de acceso, para nuestro caso el uso de tecnología ADSL. El proveedor de servicios puede entregar acceso a Internet, TV digital o Telefonía.

Acceso: Es la conexión digital desde el Terminal del cliente, que puede ser un PC, módem, router, switch, etc, hasta el equipo DSLAM ubicado en la oficina central.

Red Local: Es la red digital que conecta el DSLAM a un equipo del proveedor de servicios que puede ser un router o un servidor.

Loop: Par de cables metálicos que va desde el cliente al DSLAM.

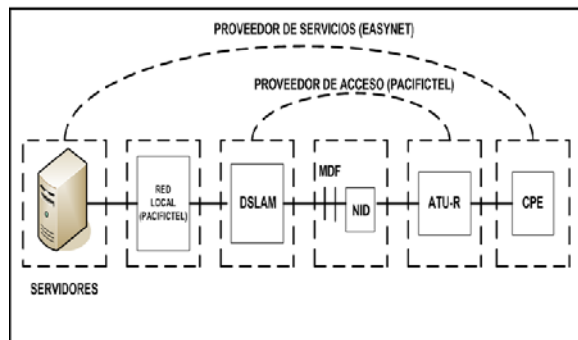


Figura 17 Modelo referencial de la futura red ADSL2+

El proveedor de servicios es aquel que entrega el servicio final ADSL2+ al cliente y es responsable del servicio completo, y de los aspectos que son independientes de la red entre el cliente y el servidor. Además provee el CPE o software (PPP, navegadores, correo, otro) que permiten entregar el servicio. Este tipo de política es aplicado a nuestro medio, puesto que por lo general la empresa facilita el equipo al cliente. Para nuestro caso Easynet, empresa filial de Pacifictel, será la encargada de entregar y ofertar el servicio a menos que se construya un nuevo proveedor, que debido a las regulaciones y del hecho de ser Pacifictel empresa del Estado, se necesitaría ser filial de dicha empresa estatal para poder hacer uso de la red telefónica pública. Esto ante la carencia de leyes que se fundamenten en la desagregación de redes. Por otro lado el proveedor de acceso, de red y loop (bucle), en nuestro caso Pacifictel S.A., es el responsable del rendimiento y reparación del equipo de transmisión de acceso, además es responsable también del mantenimiento de la red y de proveer el loop desde el cliente hasta el equipo de acceso a la red (DSLAM).

Debido a la presencia esencial de las dos partes proveedoras, deberá existir una total concordancia en todo aspecto que se necesite para la instalación del servicio, tanto el apoyo logístico de personal de planta externa, como del personal técnico especializado en este tipo de tecnología para que el cliente reciba un producto de calidad. Tanto el proveedor de servicios

como el de acceso pueden funcionar dentro de una misma infraestructura como es nuestro caso, es decir, tener los equipos del proveedor de banda ancha en la misma central telefónica.

La planificación y construcción de la red determina donde y cuando se debe instalar el equipamiento. Además considera la distribución geográfica de los potenciales clientes, considerada la demanda esperada, así como el equipamiento.

Luego de la etapa de planificación viene la etapa de construcción, la cual consiste en la instalación y prueba de equipos, lo que permite estar preparados para la entrega del servicio ADSL2+ cuando la red entre en operación. Esto quiere decir que deberán estar listos los multiplexores ADSL que tengan capacidad de autotesteo automático y un módulo administrador de elementos de red, que permita la construcción de una base de datos y pruebas de equipos.

Pero todos estos equipos tendrán que ser instalados en una base física o cuarto de telecomunicaciones, que por lo general se encontrará en las inmediaciones de una central telefónica, con el único objeto de minimizar costos; pues representaría un gasto innecesario disponer los equipos de acceso y servidores en lugares alejados.

Para el caso de la red ADSL2+ se la diseñó basada en función de las capacidades del equipamiento y distribución de clientes. En esta etapa se deberá realizar una auditoría para determinar la factibilidad de ofrecer servicios ADSL2+ a determinados clientes.

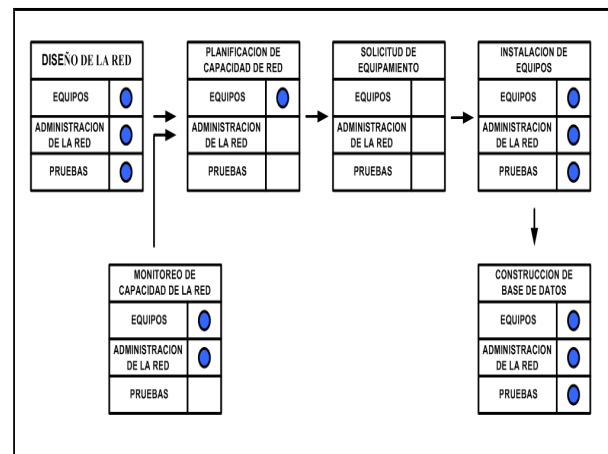


Figura 18 Norma de planificación y construcción de la red ADSL2+

Tomando en consideración aspectos de factibilidad y estudios económicos en cuanto a poder adquisitivo de los habitantes de varios sectores de la ciudad de Guayaquil, se tomó la determinación que la infraestructura del proveedor y futura base de los equipos deberán ser dispuestos en alguna central de la parte Norte de la ciudad. De esta forma ponemos en

consideración que las centrales del norte de Guayaquil y que conforman el anillo Norte SDH de Pacifictel se encuentran en perfectas condiciones de ser tomadas en cuenta para ser el centro de operaciones de un proveedor de servicios de banda ancha. Sin descartar otras centrales del norte que forman parte de otros anillos SDH.

7.1 Disposición de equipos en la central

Los equipos del proveedor de servicios deberán estar ubicados dentro de las inmediaciones de la central telefónica, esto no necesariamente debe ser así, sin embargo considerando que en las centrales se disponen de los equipos de acceso, es aconsejable tenerlos cerca de dichos equipos. Para esto se deberá construir un área segura para los servidores y demás elementos de la red ADSL, tomando en cuenta seguridades y normas generales utilizadas en empresas de comunicaciones. De igual manera los equipos tendrán su alimentación de energía de forma independiente, para que tengan un mejor desempeño y sobre todo aislados del resto de equipos, mejorando de igual manera su administración.

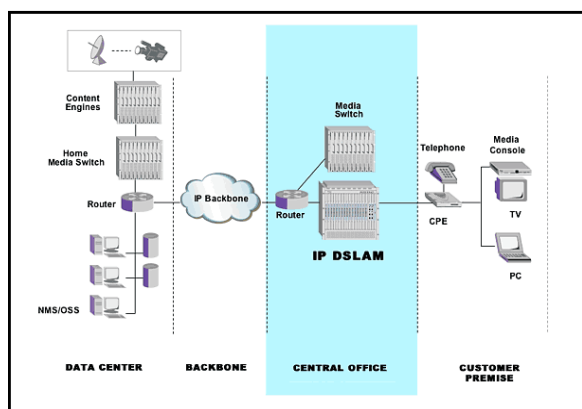


Figura 19 Equipos de una Red ADSL

El equipo principal que tenemos del lado de la central tiene nombre propio y es conocido como DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer ó Multiplexor digital de acceso a la línea de abonado). El DSLAM en pocas palabras puede definirse como un multiplexor que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre.

Muchos traen incorporados los filtros necesarios para separar la señal de voz del tráfico de datos y enrutar el servicio entre el usuario final y el ISP. Su interfaz de salida suele ser ATM aunque también algunos poseen salida Ethernet.

Una característica a resaltar del DSLAM es la capacidad de ofrecer diferentes calidades de servicio mediante perfiles para cada circuito virtual, además de gestionar el tráfico en todo momento, establece

controles sobre el ancho de banda utilizado. De esta manera se pueden asignar distintos tipos de tasa de transferencia a cada circuito virtual.

7.2 Servidores

Para poder brindar un servicio eficiente es necesario disponer de servidores que puedan cumplir a cabalidad los requerimientos del usuario, tales como disponibilidad, conectividad, intercambio de correo, seguridad y tarificación.

Por tal razón una red de esta naturaleza debe contar con servidores de correo, servidores web, servidores DNS, servidores Proxy, y un sistema de gestión y autenticación de usuarios.

7.2.1 Servidor de correo

El servidor de correo es una aplicación que permite el envío de mensajes entre usuarios de la red, independientemente de la red que se utilice. Para cumplir con esta función se definen los siguientes protocolos a continuación:

SMTP: Se utiliza para que dos servidores de correo puedan intercambiar mensajes

POP: Se utiliza para que el usuario tenga acceso a los mensajes guardados en el servidor.

IMAP: Es un protocolo similar al POP pero con diferentes funcionalidades.

Básicamente un servidor de correo consta de dos servidores, un servidor SMTP que es el encargado de enviar y recibir mensajes, y un servidor POP/IMAP que permite al usuario acceder a sus mensajes.

7.2.2 Servidor Web

El servidor web es un programa que responde a las peticiones del usuario que navega en Internet, para lo cual implementa el protocolo HTTP, el cual está diseñado para la transferencia de hipertextos de páginas web, también conocidas como páginas HTML.

7.2.3 Servidor Proxy

Cuando se menciona el término proxy, se refiere generalmente a un dispositivo o programa que realiza una acción en representación de otro, es decir un intermediario.

El objetivo de un servidor proxy es permitir el acceso a Internet a todos los equipos de una organización cuando solo se dispone de una única dirección IP, para lo cual intercepta las conexiones de red que un cliente hace a un servidor destino, lo que brinda un mejor rendimiento y control, mayor velocidad, seguridad y anonimato puesto que el

servidor proxy se encarga permitir o prohibir las peticiones de conexión que se realicen dentro de la red.

7.2.4 Servidor DNS

El Domain Name System (DNS) es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes como Internet. Un servidor DNS permite la asignación de dominios a direcciones IP y la localización de los servidores de correo electrónico de cada dominio.

De esta forma es más sencillo el acceso a los diferentes sitios de la red, puesto que resulta mucho más práctico escribir un nombre de dominio específico que su dirección IP correspondiente. El uso de este servidor es transparente para los usuarios cuando éste está bien configurado.

7.2.5 Servidor de Autenticación RADIUS

RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server) es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP.

Cuando se realiza la conexión con un ISP mediante módem, DSL, cablemódem, Ethernet o Wi-Fi, se envía una información que generalmente es un nombre de usuario y una contraseña. Esta información se transfiere a un dispositivo NAS (Servidor de Acceso a la Red) sobre el protocolo PPP, quien redirige la petición a un servidor RADIUS sobre el protocolo RADIUS. El servidor RADIUS comprueba que la información es correcta utilizando esquemas de autenticación como PAP, CHAP o EAP. Si es aceptado, el servidor autorizará el acceso al sistema del ISP y le asigna los recursos de red como una dirección IP, y otros parámetros como L2TP

7.3 Accesos a Internet

El enlace dedicado a Internet será a través de Pacifictel. Se contratará la capacidad de nE1's para el acceso a Internet, donde el factor n irá creciendo dependiendo de la posterior demanda.

Hay dos opciones para contratación de servicio de tránsito de Internet. La primera es una conexión desde la Central de Tránsito Internacional Guayaquil (PoP point of presence) hasta Chile, mediante la reservación de un circuito n x E1 a través del cable Panamericano. Segundo, conexión desde la Central de Tránsito Internacional Guayaquil hasta el NAP de las Américas, mediante la reservación de un circuito n x E1.

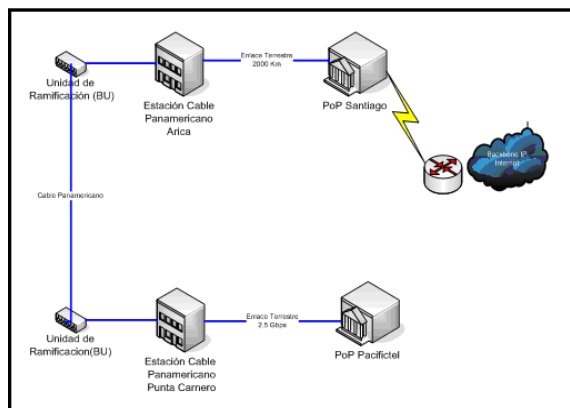


Figura 20 Conexión CTI Guayaquil – Puerto IP Chile

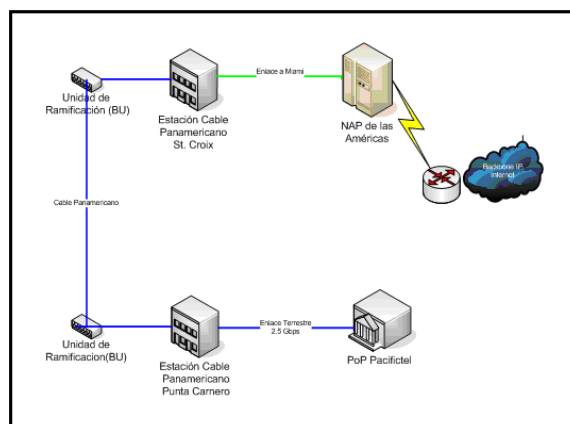


Figura 21 Conexión CTI Guayaquil – NAP Américas

7.4 Servicio Técnico

Se entiende por servicio técnico al proceso de instalación de equipamiento que permita entregar el servicio al usuario final. El cual se realiza según las siguientes etapas:

- Petición del servicio por parte del cliente
- Factibilidad del servicio, para lo cual se reservan recursos y equipos para poder ofrecerlo.
- Instalación, configuración y validación de contrato de nuevo cliente.
- Registro en la base de datos.

Cada una de estas etapas involucra pruebas de funcionalidad, administración de la red y equipamiento que puede necesitar de la atención de los distintos departamentos técnicos creados para brindar el servicio.

Una vez instalado el servicio se deberá también poder asistir al cliente en caso de alguna falla en la red, para lo cual se necesitará de la administración de las diferentes tecnologías involucradas en el servicio ADSL2+.

El servicio técnico se encargará de reestablecer el servicio en caso de alguna falla, de diagnosticar

posibles fallas en puntos determinados de la red y a su vez de identificar el origen del problema que puede ser tanto de telefonía como de la tecnología ADSL2+.

7.5 Monitoreo de la red ADSL

Consiste en determinar el rendimiento de los distintos parámetros de conexión que permitan generar informes a los clientes como a los administradores de la red. Para realizar un monitoreo de forma organizada, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- **Contacto con cliente:** Se solicita orden de servicio.
- **Extracción de datos:** Rendimiento de los circuitos y del enlace, alarmas producidas cuando se sobrepasan niveles.
- **Generación de informes:** Recopila información y genera reportes tanto para el cliente como para el sistema de administración.
- **Definición de QoS:** Tasa de fallas, rendimiento de conexiones, frecuencias de las distintas fallas, tiempo de provision de equipos.
- **Mantenimiento de reportes internos:** Se envían a roles en caso que afecten facturación del servicio.
- **Contacto con cliente:** Información de novedades en el servicio.

De esta forma se puede ofrecer una respuesta rápida y eficaz en caso de alguna queja del servicio por parte del cliente.

La red ADSL2+ a través de sus distintos equipos y programas permite llevar un análisis en tiempo real del estado de los parámetros de la conexión, lo cual es una poderosa herramienta para diagnosticar problemas de intermitencia, atenuación o corte de señal.

7.6 Esquema final de la red ADSL2+

El esquema final de la red ADSL2+ se puede apreciar en la siguiente figura, y nos detalla la conformación de la misma. La red interna es una red Ethernet que trabaja a 10, 100 y 1000 Mbps, provista por un switch capa 4 en donde se conecta un manejador de ancho de banda y un router gateway que permite enrutar y llevar el tráfico hacia y desde Internet. También se ha provisto de un servidor firewall el cual impedirá todo tipo de amenazas y ataques de intrusos externos e internos. Todos los servidores de aplicaciones y servicios también serán conectados a un equipo firewall. Un servidor DHCP se encargará de otorgar direcciones dinámicas a los equipos instalados del lado del usuario. El servidor AAA Radius se encargará de autenticar y autorizar los usuarios de la red, y así se admitirá su acceso a los distintos servicios ofrecidos. Las distintas funciones que prestan los servidores se han obviado, debido a

que fueron explicadas anteriormente, así como las interconexiones de la red ADSL2+ con la red telefónica propiamente dicho y los equipos del lado del usuario como el módem ADSL2+ y su splitter. También se cuenta con un switch para la red interna de operadores, en donde se realizarán los correspondientes monitoreos a los usuarios de la red, y el debido servicio de back office.

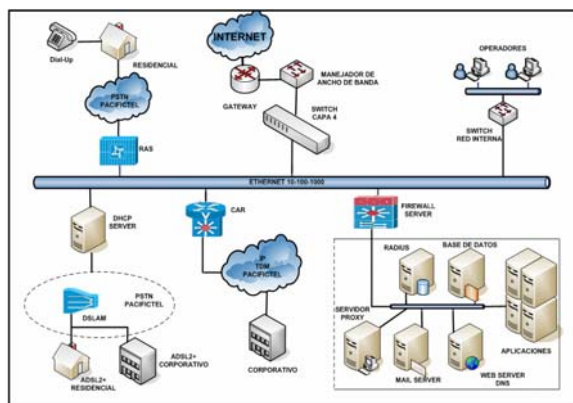


Figura 22 Esquema de la red ADSL2+

8 Ventajas y desventajas del proyecto

Una de las principales características que ADSL2+ presenta es una mayor velocidad de transmisión en sentido red-usuario, debido a que trabaja en un rango más amplio de frecuencias, esto es hasta los 2.2 Mhz, incrementando la tasa de transferencia. De esta forma ADSL2+ alcanza velocidades máximas de bajada de hasta 24 Mbps y subida de 1.2 Mbps.

Tabla 2 Características ADSL2+

CARACTERÍSTICAS	ADSL2+
Margen frecuencia de bajada (Mhz)	0,14 – 2,2
Margen frecuencia de subida (Khz)	25,8 – 138
Velocidad de subida (Mbps)	1,2
Velocidad de bajada (Mbps)	24

Al trabajar en estos rangos de frecuencia, se duplica el número de subcanales en sentido ascendente desde 256 que proveía ADSL2 hasta 512 y por ende duplicar también la capacidad.

El rendimiento de una conexión depende de factores importantes como lo son el estado de la línea, el equipo que tengamos o la distancia desde nuestro hogar hasta la central. Implícitamente aparecen dos parámetros que influyen directamente en el alcance final del servicio ADSL2+ que son la presencia de ruido en la línea afectando propiamente a la señal y la atenuación, que se traduce en pérdidas de potencia de la señal al transitar por el medio de transmisión, en nuestro caso el par de cobre.

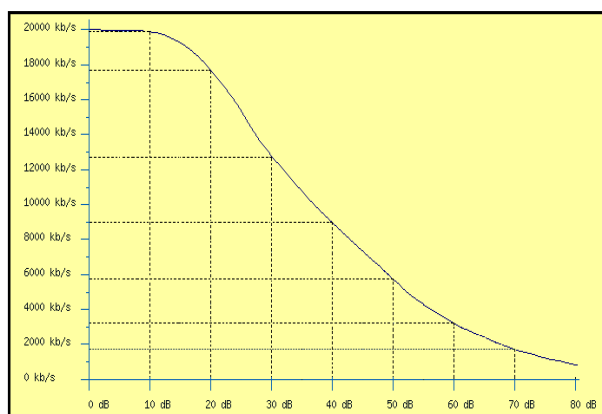


Figura 23 Gráfica de Velocidad vs Atenuación en ADSL2+

El ADSL2+ al igual que su predecesor el ADSL2 introduce una serie de mejoras encaminadas a disminuir el consumo de energía por parte de los proveedores del servicio. Esta mejora consiste en optimizar de buena manera los recursos energéticos que eran desaprovechados por el ADSL convencional.

En el ADSL común, los equipos encargados de ofrecer el servicio estaban continuamente conectados, ahora se pueden inducir con ADSL2+ unos estados de reposo o “stand by” en función de la carga que está soportando dicho dispositivo.

La mejora se basa en el uso de dos modos de energía en especial, el L2 y el L3. El modo L2 supone la principal innovación de ADSL2, el cual regula la energía en función del tráfico circundante en la conexión entre el proveedor y el cliente. El modo L3 es un estado de reposo más aletargado introducido cuando la conexión no está siendo usada durante un largo periodo de tiempo.

El modo L2 utiliza un mecanismo transparente al cliente, mientras que recobrar un estado activo a partir de L3 supone un proceso de reinicio de la comunicación de 3 segundos.

Como podemos ver, ADSL2+ ofrece una magnífica oportunidad a las empresas de ofrecer un servicio de banda ancha a costos relativamente bajos comparados con otros medios de acceso, y es que el sólo hecho de utilizar las mismas líneas telefónicas o bucles de abonados, representa un enorme ahorro para el despliegue del servicio. Además si tomamos en cuenta el plazo muy corto para ofrecer velocidades de 24 Mbps, en lo que respecta a instalación, no se podría pedir mejores facilidades. Como anteriormente fue explicado, el ADSL2+ ofrece y alcanza tasas de transferencias altas y aceptables para el ofrecimiento de servicios que requieren de mayores anchos de banda.

Una muy buena ventaja que presenta es la opción de funcionar en modo totalmente digital, prescindiendo del uso simultáneo de un teléfono clásico.

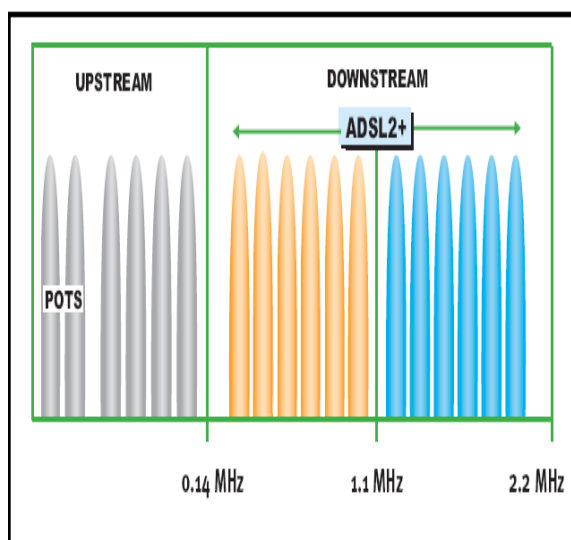


Figura 24 Aprovechamiento del canal de banda vocal

Por otro lado la ventaja que más salta a la vista, es la posibilidad de utilizar la multiplexación inversa IMA (Inverse Multiplexing over ATM), que nos permite juntar varios pares de cobre (líneas) para disponer de mayores anchos de banda, esto es velocidades superiores a los 24 Mbps. Esto quiere decir por ejemplo que si utilizamos 4 líneas estaríamos hablando de $4 \times 24 = 96$ Mbps de bajada y $4 \times 1 = 4$ Mbps de subida a menos de 2,5 Km de distancia de la central. A nivel mundial existen empresas que están ofreciendo este tipo de servicio multiplexado, el único inconveniente es el hecho de disponer de varios pares, que se ve reflejado en mayores costes.

Este tipo de servicios es muy utilizado en aplicaciones que demandan grandes tasas de transferencia como por ejemplo HDTV (High Definition Televisión) ó televisión de alta definición, la cual necesita cerca de 15 Mbps sin compresión.

ADSL2+ al igual que el resto de tecnologías DSL presenta su principal desventaja, que es la limitación de su servicio con respecto a la distancia por factores que afectan la calidad de la señal como son la interferencia, ruido y la atenuación.

De esta forma, para poder ofrecer un servicio ADSL2+ y en común cualquier servicio DSL, previamente las compañías proveedoras deben realizar un análisis del estado de las líneas, verificar la calidad del par telefónico; el nivel de ruido en la línea y la susceptibilidad a las interferencias, para mantener un margen que permita una comunicación aceptable. Todas estas recomendaciones tienen que ser tomadas en cuenta a pesar de los mecanismos que maneja el ADSL2+ para mantener una QoS alta, debido a que la parte contratista adquiere el servicio de acuerdo a la velocidad suscrita en el contrato, de modo que es importante estar seguros que las velocidades alcanzadas no crucen un rango definido en cuanto a

tasas transmitidas. De esta forma se evitan inconvenientes con el cliente en el futuro y por ende la conclusión del contrato.

De acuerdo a estudios de campo realizados, se recomienda que las distancias máximas que el usuario debe encontrarse de la central telefónica, no deben exceder los 5,5 Km. Sin embargo cabe recalcar que es hasta los 2,5Km aproximadamente, la distancia promedio en donde se alcanzan las máximas velocidades, es decir que si se quiere tener un servicio óptimo, no se deberá exceder esta distancia. Luego de este valor prácticamente no estaríamos hablando de un servicio ADSL2+, sino de un servicio ADSL2 ó ADSL normal, esto lo podemos corroborar en la siguiente figura.

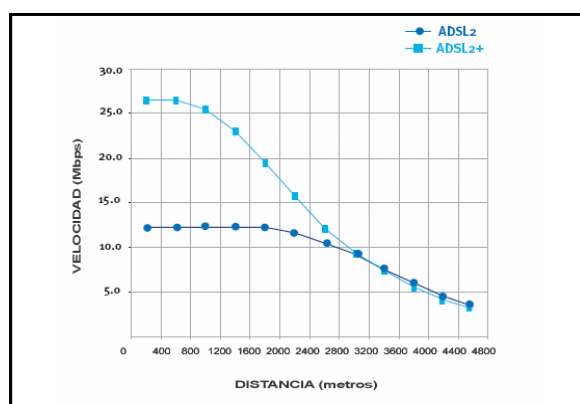


Figura 25 Relación distancia vs velocidad para ADSL2 y ADSL2+

9 Conclusiones

Como se puede apreciar en el presente estudio, la instalación y operación de una red basada en tecnología ADSL2+ no presentaría mayores obstáculos. Al gozar de redes tendidas por la empresa estatal, ya sea su red SDH como la red de cobre, se dispondría casi de inmediato de la infraestructura necesaria para proveer el servicio de ADSL2+, una vez realizadas las pruebas correspondientes de lazo local.

ADSL2+ representa una opción más que atractiva en la creciente sociedad de la información debido a los bajos costos que acarrearía el diseño de la red y el bajo precio a pagar por un bondadoso ancho de banda del que dispondría el cliente.

El cliente disfrutaría de los beneficios de una red de alta disponibilidad y rendimiento, pagando un único valor por el servicio adquirido.

Además de pagar una tarifa plana, el usuario puede disponer de un inmejorable listado de servicios como lo son Internet, Voz, Datos, Videoconferencia, Teletrabajo, servicios Triple Play.

10. Bibliografía

- [1] [Carballar, 2003] José A. Carballar, ADSL: Guía del usuario, Alfaomega, 2003.
- [2] [Goralski, 2000] Walter J. Goralski, Tecnologías ADSL y XDSL, McGraw-Hill, 2000.
- [3] [ITU-T, 2002] ITU-T Document, OJ-212, "Range Extended ADSL: Proposed Evaluation Conditions", 2002.
- [4] [ITU-T, 2003] ITU-T Document D587, "Performance Numbers fo Range Extended ADSL", 2003.
- [5] [ITU-T, 2003] ITU-T Document D588, "More results for Range Extended ADSL", 2003.
- [6] [Aware, 2004] AWARE, ADSL2 and ADSL2+: The New ADSL Standards White Paper, Revision 3, 2004.
- [7] [ITU-T, 2005] Recomendación UIT-T G.992.5, Línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2+), 2005.
- [8] [ITU-T, 2004] Recomendación UIT-T G.992.3, Línea de abonado digital asimétrica 2, 2005.
- [9] [ITU-T, 1999] Recomendación UIT-T G.992.3, Línea de abonado digital asimétrica , 1999.
- [10] [ITU-T, 2001] Recomendación UIT-T G.995.1, Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre líneas de abonado digitales, 2001.
- [11] [ITU-T, 2001] Recomendación UIT-T G.998.2, Agrupación de múltiples pares Ethernet, 2001.
- [12] [ITU-T, 2001] Recomendación UIT-T G.998.3, Agrupación multipar mediante multiplexación inversa por división en el tiempo, 2001.

