

Parcial SisTel

Guillem Hernandez Sola

15 de abril de 2008

1. Introducción a los Servicios, Redes y Sistemas de Telecomunicación de Banda Ancha

- Sistema: Toda transmisión, emisión o recepción de signos señales ...o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.
- Red: Conjunto de canales de transmisión, circuitos y, en su caso, dispositivos o centrales de conmutación, que proporcionan conexiones entre dos o más puntos definidos para facilitar la telecomunicación entre ellos.
- Red de telecomunicaciones: los sistemas de transmisión y, cuando proceda, los equipos de conmutación y demás recursos que permitan la transmisión de señales entre puntos de terminación definidos mediante cable, o medios ópticos o de otra índole.
- Red pública de telecomunicaciones: la red de telecomunicaciones que se utiliza, total o parcialmente, para la prestación de servicios de telecomunicaciones disponibles para el público.
- Red privada de telecomunicaciones: la red de telecomunicaciones que se utiliza para la prestación de servicios de telecomunicaciones no disponibles para el público.
- Red de acceso: es el conjunto de elementos que permiten conectar a cada abonado con la central local de la que depende. Está constituida por los elementos que proporcionan al abonado la disposición permanente de una conexión desde el punto de terminación de la red, hasta la central local, incluyendo los de planta exterior y los específicos.

1.1. Tipos de Acceso

- Acceso guiado: Línea/bucle de abonado digital (xDSL) o Híbrido Fibra-Cobre; Red eléctrica (PLC)
- Acceso radioeléctrico : Fijo; Inalámbrico área local; inalámbrico en áreas metropolitanas(Fijo y Móvil)

1.2. Una arquitectura esquemática de una Red de Telecomunicación clásica.Telefonía

Un Servicio de Telecomunicación es cuya prestación consiste, en su totalidad o en parte, en la transmisión y conducción de señales por las redes de telecomunicaciones con excepción de la radiodifusión y la televisión. Clasificación desde el punto de vista técnico

- Portadores
- Finales
- Difusión

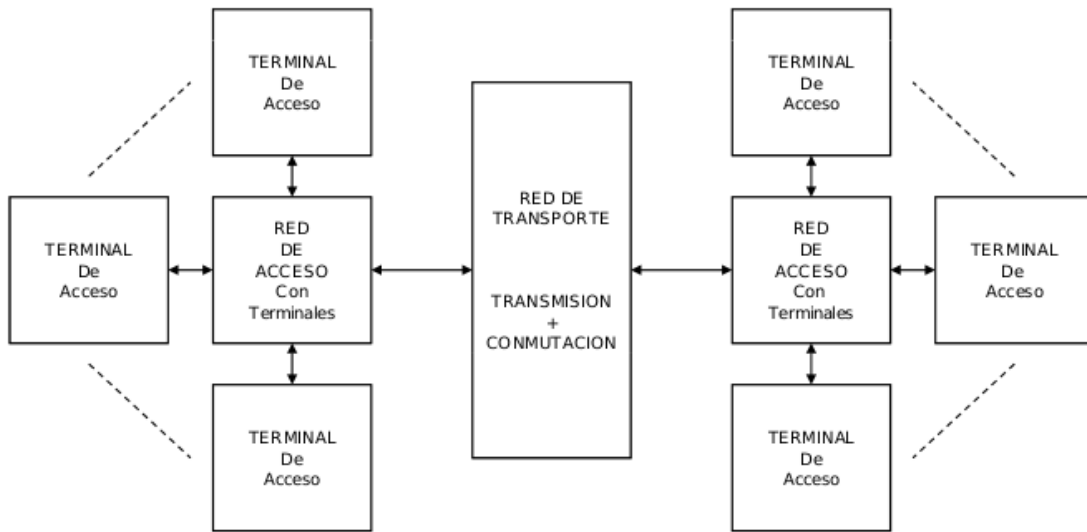


Figura 1: Una arquitectura esquemática de una Red de Telecomunicación clásica. Telefonía

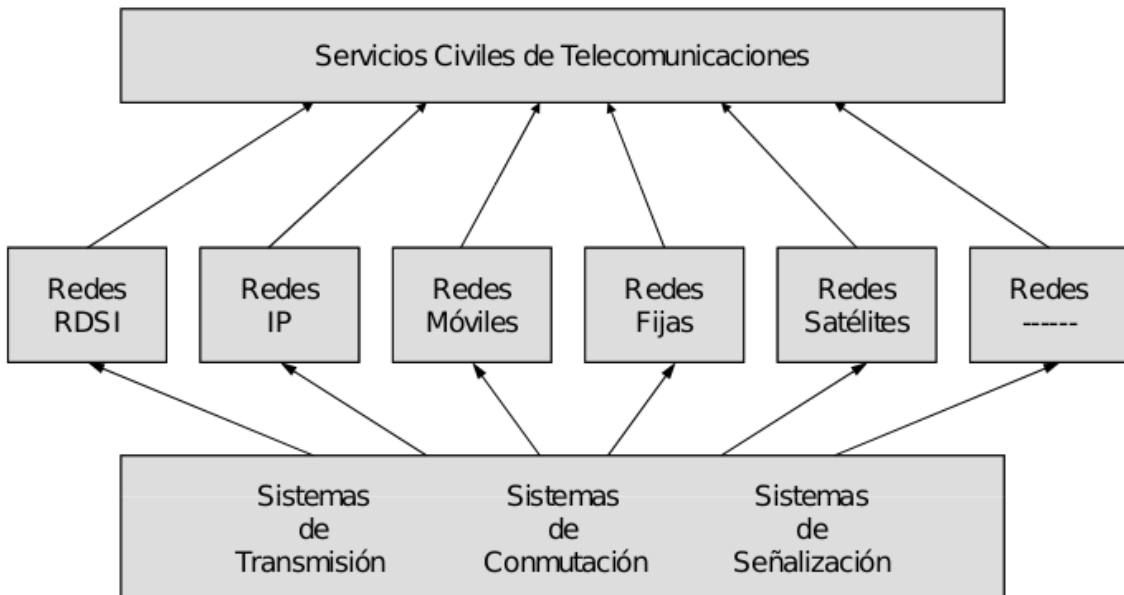


Figura 2: Esquema de Servicios de Telecomunicación, no es el ejemplo de red actual

1.3. Redes/Servicios de Banda Ancha

Los Servicios de Banda Ancha se prestan por parte de las redes de Banda Ancha, las que a su vez se construyen con sistemas de banda ancha. Aquí se van a considerar sólo Redes de Acceso que se basan en sistemas de transmisión de banda ancha. Gracias a estos sistemas es posible tener servicios denominados hoy de banda ancha. La denominación de banda ancha fue reconocida por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y también por organismos internacionales de carácter técnico-económico. La UIT-T considera banda ancha, el intervalo de frecuencias del espectro en el que se puede introducir una capacidad en bit/s. entre 1,5 y 2 Mb/s. Valores de velocidad inferiores se consideran banda estrecha. Las redes que pueden facilitar tales capacidades en el Acceso pueden ser varias. En los tipos de Acceso se han indicado varios casos. La UIT comenta que la narrowband es menor que 1,5 Mbs, la broadband esta entre 1,5 Mbs hasta 2 Mbs, y la wideband es para comunicaciones más grandes a 2 Mbs. En este curso sólo se comentarán las redes sobre soporte físico con cables de pares y aquellas que usan soporte radio. Las redes de Acceso a considerar son las siguientes:

- Redes de Acceso soportadas por técnicas de transmisión xDSL
- Redes de Acceso Radio Eléctricas Fijas LMDS
- Redes de Acceso Radio Eléctricas basadas en IEEE 802.11
- Redes de Acceso Radio Eléctricas basadas en IEEE 802.16

1.4. Servicios de Banda Ancha

- Primer grupo: Comunicaciones
- Segundo grupo: Búsqueda de información
- Tercer grupo: Producción de información
- Cuarto grupo: descargas de servidores
- Quinto grupo: Streaming
- Sexto grupo: Transacciones
- Séptimo grupo: Entretenimiento

1.5. El entorno regulador

- El conocimiento científico-técnico en Comunicaciones electrónicas está sujeto a condiciones de contorno: administrativas, normalizadoras y de homologación.
- En el campo administrativo: la LGT (Ley General de la Telecomunicación en España), Reales Decretos, Reglamentos Técnicos y Normas Legales Autonómicas
- Los escenarios de Normalización son: internacionales, nacionales, foros privados internacionales, entes internacionales, etc.
- La homologación tiene ámbitos regionales en todo el planeta: USA, Europa, Japón, etc.

1.6. Marco legal de las Telecomunicaciones en España

- Desde la liberalización (1997) de las Telecomunicaciones ha surgido en España un Derecho de las Telecomunicaciones que sigue las directivas europeas
- El marco debe tener en cuenta lo que legislan: la Organización Mundial del Comercio y la UE
- La LGT es el marco legal de Referencia y a la que se refieren los siguientes Decretos-Leyes y Reglamentos técnicos
- En 1996 se creó la denominada Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones
- El Ministerio de Comercio Industria y Turismo es el organismo competente hoy en día en temas relacionados con las Telecomunicaciones en general.
- Concretamente la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información. NO CONFUNDIR con la CMT (Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones), la CMT no es del estado. Lo que es del estado es la Agencia Estatal de Radiocomunicaciones.
- Es necesario contemplar hoy en día dos tipos de legislaciones: La Nacional, La comunitaria

1.7. Legislación Estatal

- Básica de Telecomunicaciones
- Servicios de comunicaciones Móviles
- Internet y firma electrónica
- Infraestructuras Comunes de Telecomunicación
- Radio y Televisión
- Radioaficionados y CB-27
- Tarifas
- Telecomunicaciones por Cable
- Desarrollo Legislativo del Plan Nacional de Numeración
- Referencias en el BOE a Normas UNE-TBR
- Referencias en el BOE a Especificaciones Técnicas de Equipos o Aparatos de Telecomunicaciones

1.8. Legislación Comunitaria

- Directivas Comunitarias
- Decisiones relativas a Reglamentaciones Técnicas Comunes
- Otras Decisiones
- Resoluciones
- Recomendaciones
- Otras Normas

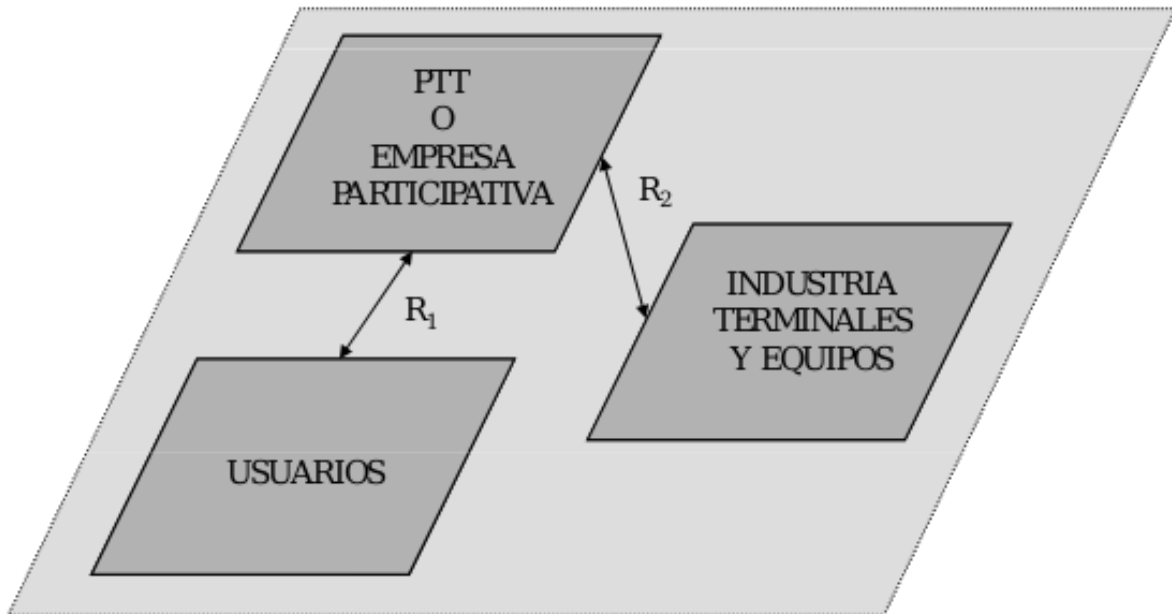


Figura 3: Agentes anteriores en el mundo de las Telecomunicaciones

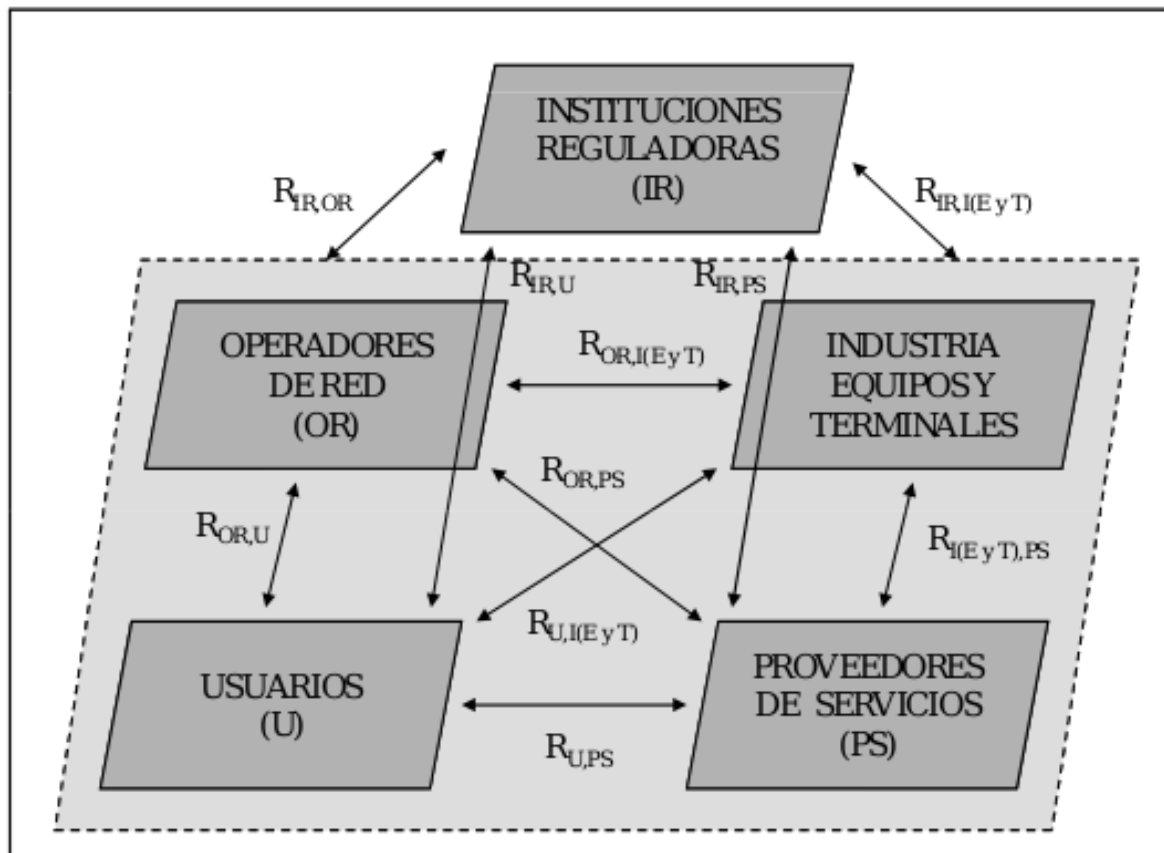


Figura 4: Agentes actuales en el mundo de las Telecomunicaciones

2. Redes de Acceso mediante soporte físico: HFC con xDSL

2.1. Incapacidad de las redes de acceso monoservicio

Las redes de TLC para datos y voz y las de teledistribución son para monoservicios. Las de TLC son:

- Bidireccionales
- Capacidad baja (lentas)
- Topología red en estrella
- Incompatibles con tráfico síncrono (tiempo real; p. ej. vídeo)

Las de Teledistribución:

- Unidireccionales
- Alta capacidad (bits/sg)
- Topología en árbol. Punto-multipunto
- Compatibles tráfico síncrono (tiempo real)

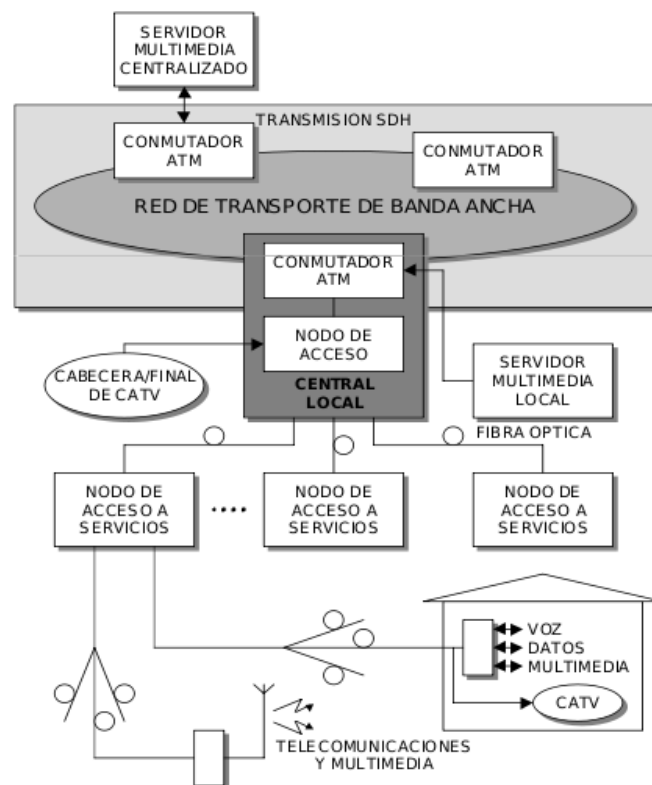


Figura 5: Esquema de Red de Transporte de banda ancha, nuevo modelo de red de telecomunicaciones.

2.2. Las 3 capas que configuran el nuevo modelo de red

2.2.1. Capa Servicios

- Infraestructura para prestar los servicios civiles de TLC
- Pertenece al proveedor de servicios
- Incluye funcionalidad de red inteligente
- Toda la gama de servicios avanzados que surjan

2.2.2. Capa control

- Debe asegurar el interfuncionamiento de las 2 capas
- Debe interpretar señalización de la capa de transporte para desencadenar las tareas que lleven a cabo la provisión de servicios.
- Debe ocuparse de la traducción de protocolos en el sentido de conmutación de circuitos a paquetes debido a una etapa de migración entre ambas conmutaciones
- En esta capa se incluyen las funcionalidades de conmutación, encaminamiento y transmisión de paquetes por la red.

2.2.3. Capa de transporte

- Se incluyen las funcionalidades de conmutación, encaminamiento y transmisión de paquetes por la red.
- Partes componentes: subcapa de acceso, subcapa de tránsito, subcapa de red de cliente.
- Subcapa de acceso, se refiere a la red a través de la cual acceden los usuarios a los servicios. Esta red es el cuello de botella por 2 motivos:
 1. bucle de abonado diseñado para tráfico telefónico de banda estrecha y muy extendido entre operadores.
 2. Dentro del marco de la legislación existente la controversia entre operadores dominantes y los recién llegados al mercado.
- Subcapa de tránsito
 1. Se trata del núcleo en sí de la red encargado de la interconexión entre sí de las redes de acceso
- Subcapa de red al cliente
 1. Contiene los elementos de red, interconectados entre sí, que están en casa del cliente, permitiendo servicios más avanzados.

2.3. Soluciones al problema de las redes monoservicio

- Los Servicios de Infocomunicaciones necesitan: Transmisión digital de alta capacidad, Interactividad (bidireccional)
- Soluciones: Red de acceso nueva, Sistemas de transmisión digital avanzados
- Posible alternativa: HFC con xDSL (FTT con xDSL)

2.4. Anchos de banda y velocidades para la voz

- voz va a 64 Kbps
- voz ocupa 8 kHz
- voz se muestra a 8000 muestras por segundo que dan 8 bits, una MIC 30 + 2, que genera una señal a 2048 Kbps, que se mete en una E1 a 2312 Kbps.

2.5. Diferentes tipos de redes HFC

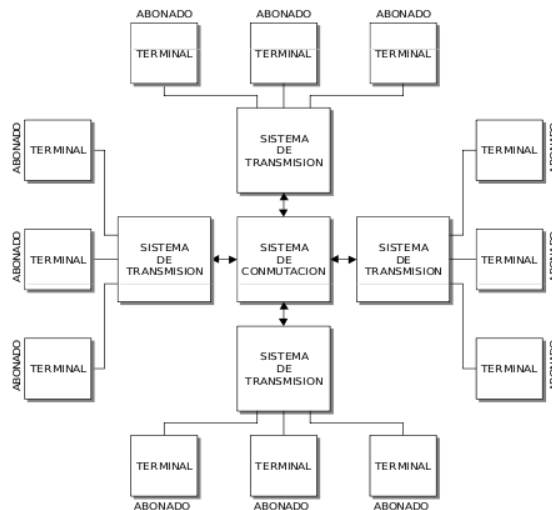


Figura 6: Red de acceso conmutado de circuitos

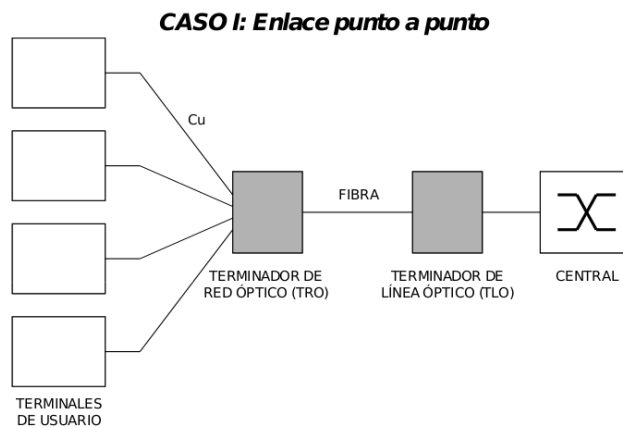


Figura 7: Esquema de enlace punto a punto

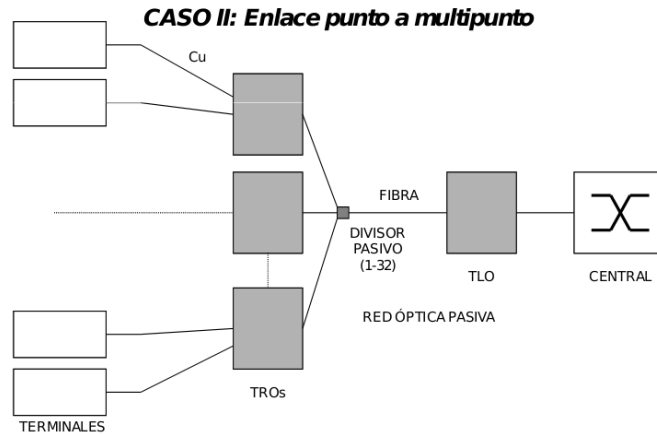


Figura 8: Esquema de enlace punto a multipunto, para distancias menores a 500 m

2.6. Modems xDSL para el bucle de abonado metálico

- El uso de las tecnologías en la red de acceso conduce a rentabilizar los pares de cobre hasta la casa del usuario
- Facilitan: capacidad en bits/sg y bidireccionalidad
- xDSL son las siglas de diversas técnicas de transmisión en dicho bucle
- DSL indica Bucle de abonado digital (Digital Subscriber Loop/Line)
- xDSL son las siglas de diversas técnicas de transmisión en dicho bucle
 1. x=A: Asymmetric
 2. x=H: High bit-rate
 3. x= SH: Single-pair High-speed
 4. x= V: Very high-speed
- Los modem xDSL pueden llegar a capacidades de 100 Mbit/sg con distancias de decenas de metros en la parte de la red que se usan líneas de dos hilos y siempre en redes HFC.
- Estos modems usan cables de pares agrupados de diversas maneras:
 1. trenzados
 2. apantallados
 3. agrupados de 12 en 12 pares; 24 en 24; 50 en 50 etc
- Su funcionamiento utiliza banda base (HDSL, SHDSL) o una banda trasladada que considera desde 3400 Hz en adelante hasta 20 Mhz (ADSL, VDSL)
- Facilitan al usuario, servicios como: videoconferencia, vídeo bajo demanda, televisión interactiva, etc

2.7. HDSL (High bit-rate Digital Subscriber Line).1a generación

- Es una forma de transmitir a 2312 Kb/sg (Europa) o a 1544 Kb/sg (USA) sobre pares metálicos trenzados
- Se transmite/recibe en dúplex y no se requieren repetidores regenerativos. Mismo ancho de banda de subida y bajada disponible.
- Se pueden necesitar 2 (USA o Europa) líneas de pares trenzados según sea la Norma ITU o ANSI (USA), en banda base
- La capacidad (bit/sg) se divide entre las líneas de pares
- Con cables de 24 pares (calibre de 24 American Wire Gauge, AWG) se pueden cubrir distancias de hasta 4 Km entre usuario y centro local de acceso según capacidades
- La bobina hibrida, se usa para el Full Duplex, ya que tiene una estructura T-mágica.
- El cancelador de ECO, destruye en teoría, las diafonias

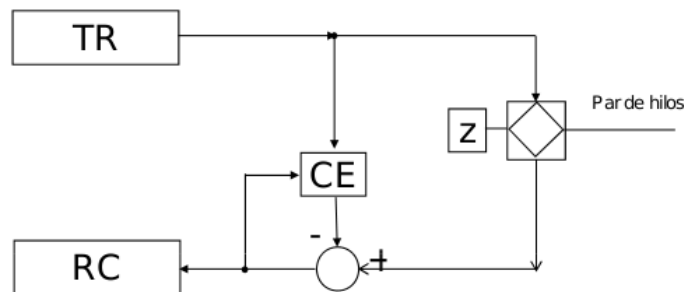


Figura 9: Esquema general de transmisión en línea en banda base para las soluciones HDSL y SHDSL

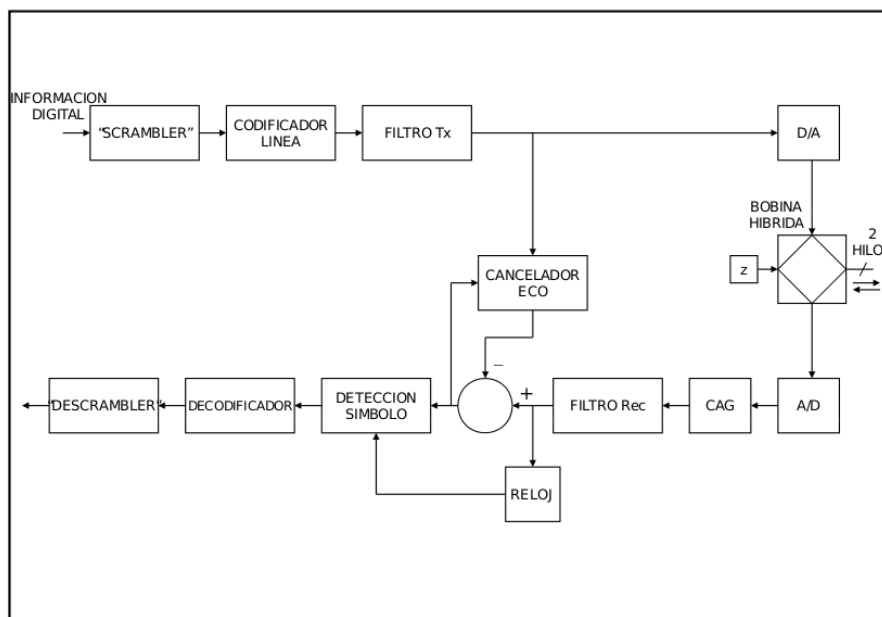


Figura 10: Esquema general de transmisión en línea en banda base para las soluciones HDSL y SHDSL

2.8. HDSL 2

- Formato de señal: modulada /codificada en banda base TC-16 PAM (TC: Trellis Coding), vinculado a la banda base
- Cancelación de eco sobre un par, para combatir las diafonías.
- Anchos de banda diferentes (pero próximos) para subida (uplink) y bajada (downlink), de manera casi simétrica.
- Subida: 0-300 kHz. Bajada: 0-400 kHz, 1544 o 2048 o 2312 kb/s, según norma

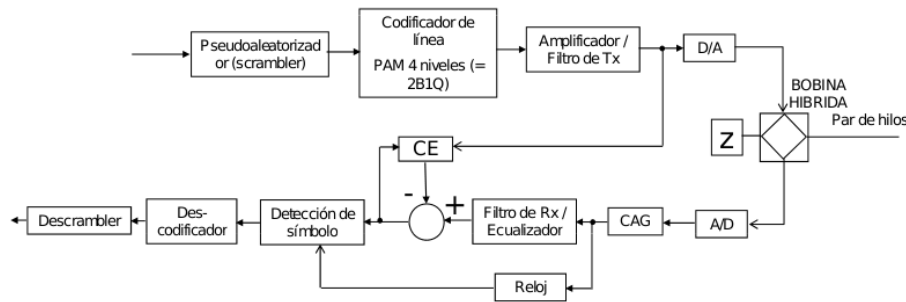


Figura 11: Esquema general de transmisión en línea HDSL

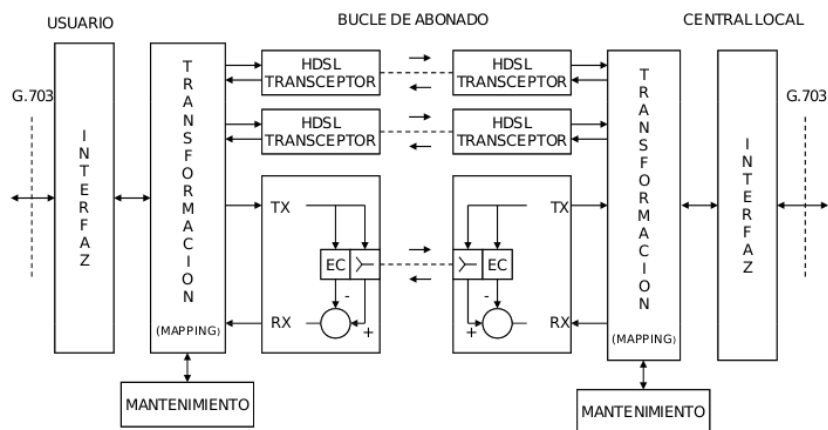


Figura 12: Esquema general de transmisión en línea del bucle del abonado para HDSL

2.9. SHDSL

- SHDSL (Single-pair High-speed DSL), que se transmite en línea de banda base.
- Primer estándar G.991.2
- Diferentes capacidades y velocidades simétricas sobre 1 o 2 pares
 1. par 192-2312 Kb/s
 2. pares 384-4624 Kb/s
- Sistema de transmisión TC- 16 PAM
- Alcances diferentes según capacidades desde 3,2 Km hasta 6,4 Km
- TC-16PAM, PAM de 16 niveles, Trellis coding, Decodificador convolucional Viterbi, Precodificador de Tomlinson-Harashima (TH) (preecualización).
- El Ecualizador TH, facilita las velocidades altas, ya que busca mejorar las formas de onda.
- El Codificador de línea
 1. Protege la información enviada respecto el canal
 2. Hace que tenga una buena DEP sobre señal TX
 3. El Scrambler(Pseudoaleatorizador) facilita el sincronismo al receptor
- Mejor capacidad y alcance frente a otros xDSL. Hasta 35 Km con repetidores para operadores de TLC.
- Eficiente en ámbitos ruidosos
- Velocidad variable según la calidad del medio
- Servicios de tipo simétrico (SOHO): voz ,trafico entre LAN, suplencia de líneas digitales E1(estándar europeo) o T1(estándar americano)

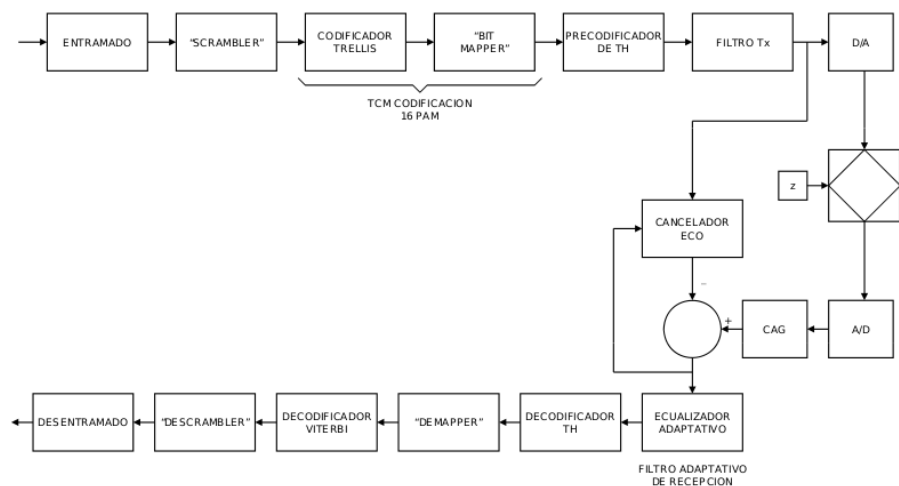


Figura 13: Esquema general del modem para la Solución SHDSL

2.10. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

- Estos equipos utilizan transmisión digital con diferentes capacidades según sean los sentidos: usuario-nodo o nodo-usuario. Es una modulación en banda trasladada
- Las capacidades también son diferentes en función de la distancia entre modems
- El ancho de banda en sentido descendente (nodo-usuario) es mucho mayor que el ocupado en sentido ascendente (usuario-nodo)
- El ancho de banda disponible se suele repartir en tres subbandas en la primera generación ADSL
 1. Un canal de alta velocidad que podría soportar (nodo-usuario) entre 1,5 Mb/sg y 8 Mb/sg (Downstream)
 2. Un canal de velocidad media (usuario-nodo) que puede contener entre 64 y 640 Kb/sg (Upstream)
 3. Un canal telefónico convencional (analógico) de 3.1 KHz
- Para distancias entre usuario y nodo de 5,5 Km se puede tener una capacidad de 1,5 Mb/sg
- De nuevo, las capacidades son función de: distancia, diámetro de pares y configuración de los cables de pares
- Siempre tenemos capacidades de entre un 30 por ciento hasta un 50 por ciento

2.10.1. Ventajas / Desventajas ADSL

- Permite a los usuarios simultanear una llamada telefónica o el envío de un Fax con acceso a Internet en un bucle de abonado
- No hay degradación en el rendimiento
- Proporciona un acceso y conectividad continua a Internet a alta velocidad
- Puede presentar interferencias con otros servicios
- Puede frenar el desarrollo de otras redes de cable

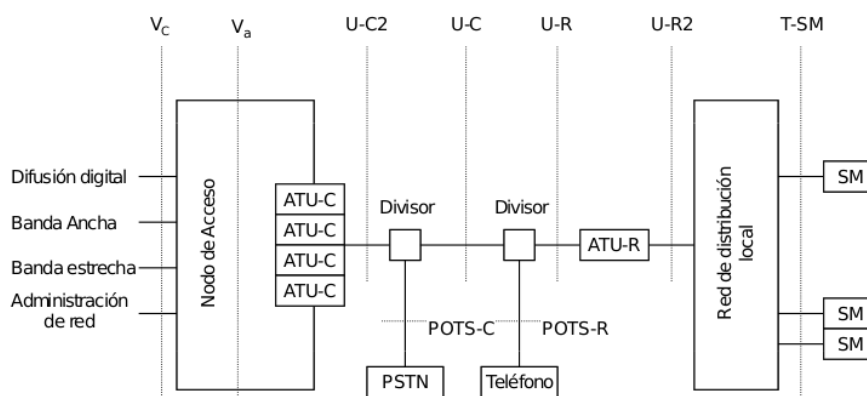


Figura 14: Modelo de referencia ADSL

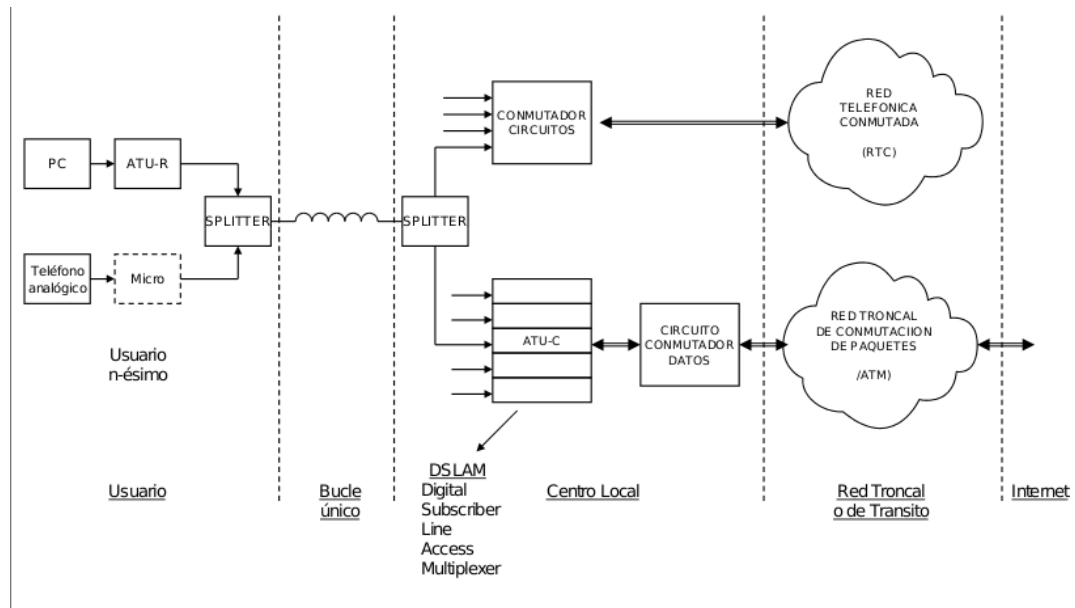


Figura 15: Modelo de referencia de red de acceso ADSL

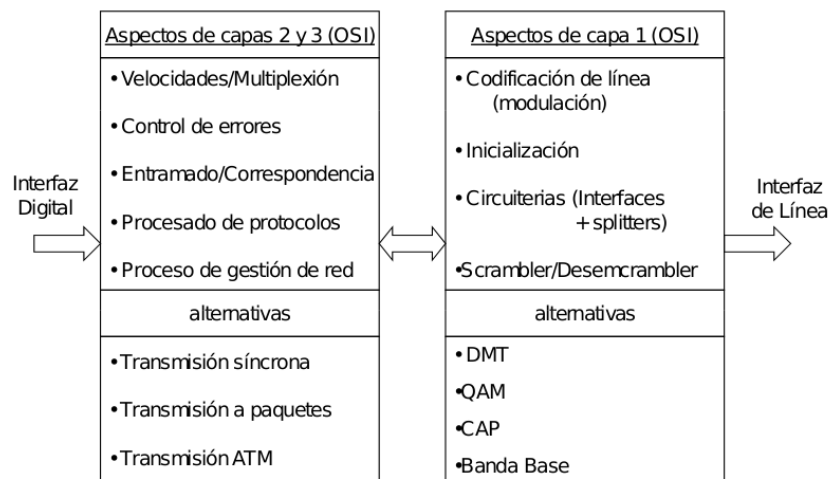


Figura 16: Funciones de un MODEM ADSL

2.10.2. Esquemas de transceptores DMT más utilizados

- El objetivo de esta transmisión asimétrica es hacer rentable la bidireccionalidad del par de hilos
- La técnica utilizada mayoritariamente es conocida como Discrete Multitone Técnica de transmisión de multiportadoras ortogonales
- Es la mejor de las posibles para combatir los fenómenos de diafonía (interferencias entre pares)
- Existe otra alternativa como la denominada:
 - CAP (Carrierless Amplitude-Phase)
 - DWMT (Discrete Wavelet MultiTone)
- El esquema de transmisión/recepción puede ser el que sigue

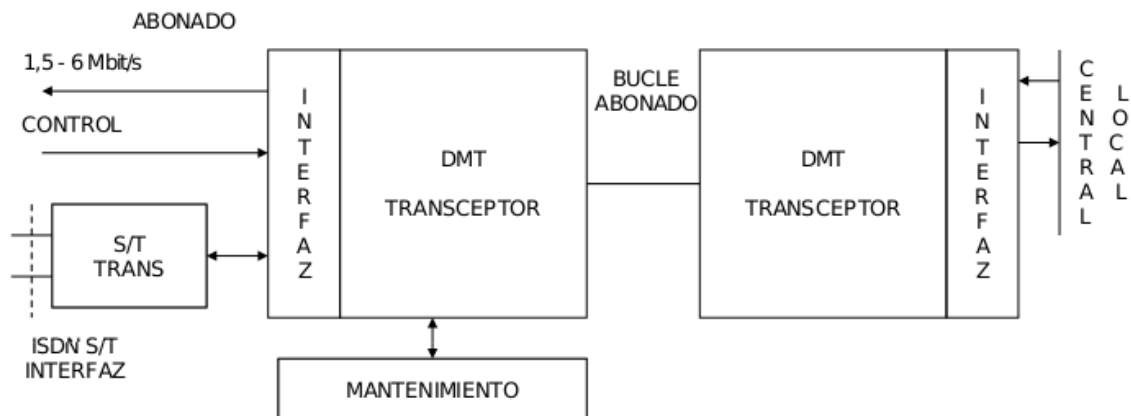


Figura 17: Transceptor DMT

2.10.3. Estándares actuales de la ITU-T

- ADSL (g.dmt) - G.992.1
- Splitterless ADSL (g.lite) - G. 992.2
- ADSL2 (g.dmt.bis) - G. 992.3
- Splitterless ADSL2 - G. 992.4
- ADSL2+ (g.adsl.plus) - G. 992.5

2.10.4. ADSL – 1a generación

- G.992.1 y 2
- Sobre POTS: Anchos de banda de 25 KHz hasta 1104 KHz (1,1 MHz)
- Sobre RDSI-BE (Acceso Básico): desde 138 KHz hasta 1104 KHz (1,1 MHz)
- Posibilidades de cancelación de Eco con superposición de bandas. Máxima velocidad de bajada
- Posibilidades con reparto espectral de banda. Menor capacidad de bajada
- Capacidades de bajada: 8 Mb/s Capacidades de subida: 1 Mb/s desde Mayo 2002
- Las velocidades reales están muy por debajo de estos valores en general
- La información se envía sobre 256 sub portadoras posibles con BW de 4,3 KHz cada una y modulación codificada y concatenada (DMT)
- En ADSL sobre POTS se usan las sub portadoras desde la número 32 en adelante (downstream)
- En ADSL sobre RDSI se usan a partir de la sub portadora número 64 (downstream) en adelante
- Los sistemas DMT reales sondean primero en canal. Dependiendo de los cocientes de la S/N en cada subbanda asociada a una subportadora modulada, el numero de bits/segundo varian de subbanda a subbanda. Por tanto, diferentes valores de bits/sg en funcion de la S/N asociada a cada subbanda, esto se conoce como bit loading en sistemas DMT o OFDM reales.

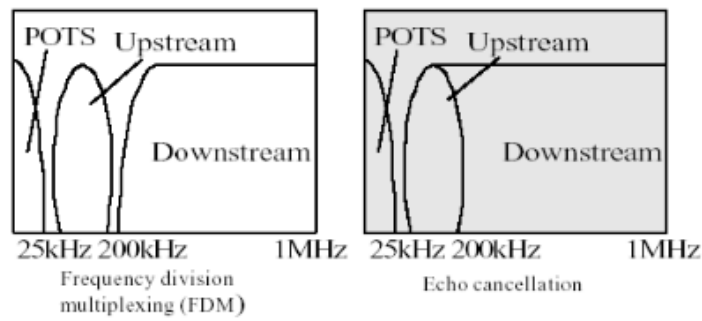


Figura 18: Esquema de ocupación espectral ADSL primera generación



Figura 19: Esquema de ocupación espectral ADSL primera generación (canalillos)

2.10.5. Modulación/demodulación DMT codificada

- La técnica de modulación/demodulación DMT divide el ancho de banda disponible en un número de subcanales independientes y disjuntos espectralmente
- En la figura que sigue se presenta un diagrama de bloques de un sistema DMT que combate la diafonía y las distorsiones lineales de amplitud y fase
- Tiene una parte de protección de la información (codificación de canal FEC) y de protección de señal (cancelación de eco, igualaciones en tiempo y frecuencia) respectivamente

2.10.6. Cancelación de ECO y su motivo

- Se usa en ADSL 1a generación y en los que comparten banda.
- Este caso sucede cuando la densidad espectral de potencia de la señal usuario/red coincide con parte de las señales red/usuario. Con la cancelación de eco se contribuye a facilitar la transmisión duplex sin perjuicio de que empeore la tasa de error de bit.

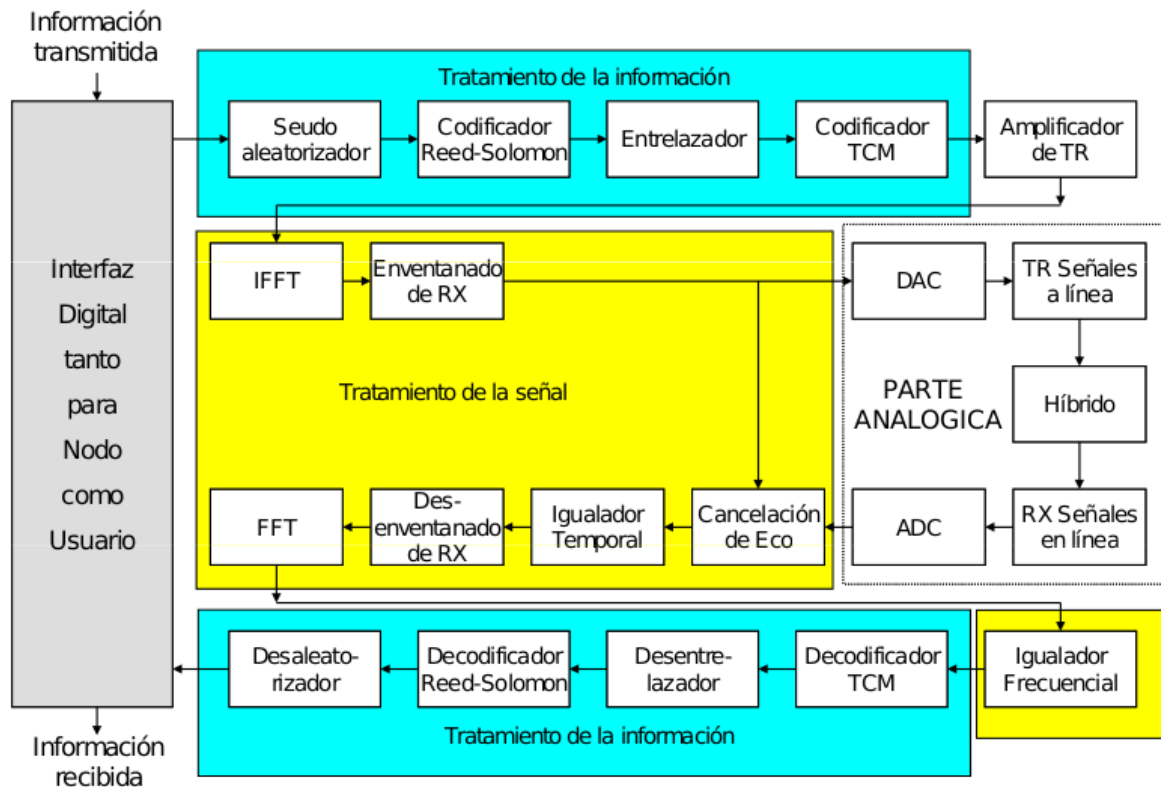


Figura 20: Esquema general de la DMT (Modem ADSL)

Partes del esquema a saber de manera separada

- Tratamiento de la información: Pseudoaleatorizador - Codificador Reed Solomon - Entrelazador - Codificador TCM; Desaleatorizador - Decodificador Reed Solomon - Desentrelazador - Decodificador TCM
- Tratamiento de la señal: IFFT - Enventanado RX; FFT - Desventanado RX - Igualador Temporal - Cancelación de ECO - Igualador Frecuencial
- Parte Analógica: DAC - TR señal línea - Híbrida - RX señales línea - ADC

2.10.7. Subsistema DMT de control de errores para el medio físico

1. Codificador bloque R-S: Combate errores a rafagas y aleatorios
2. Entrelazador: subsistema idoneo para canales dispersivos(rompe la memoria del canal), que producen los errores a rafagas.
3. Codificador convolucional: combate errores aleatorios pero introduce rafagas de error.
4. Decodificador convolucional: forma pareja con el tercero y combate bien los errores aleatorios.
5. Desentrelazador: con su pareja combate bien errores a rafagas que introduce el canal dispersivo en t y en f.
6. Decodificador R-S: Potente decodificador y su para para eliminar errores a rafagas y aleatorios.

2.10.8. DMT segun la ITU-T y ETSI sobre RTC, RDSI para ADSL 1a generacion

- RTC: entre 4 kHz y 25 kHz no hay tx. Entre 25 kHz y 1104 kHz existen posibilidades de traficos de subida y bajada.
- RDSI-BE: Entre 0 y 138 kHz existen posibilidades de transmision ADSL. Limite superior alrededor de 1104 kHz.
- Cada subportadora modulada dispone de 4,3 kHz. Separacion entre tonos de 4,3 kHz.
- Capacidades para la primera generacion. Aproximadamente 640 kb/s y 8 Mb/s (subida y bajada).

2.10.9. Utilización de técnicas de procesado para transmitir señales DMT

- DMT son las siglas de “Discrete MultiTone”
- Es una técnica multiportadora que hace un uso eficiente de la banda de un canal, dividiéndolo en subbandas
- Es una técnica que como principio tiene el mismo que la OFDM; pero difiere en el “bit loading”
- Se puede considerar que un canal de banda ancha, con esta técnica se divide en un número de subcanales de igual anchura de banda. La ventaja que ofrece es clara cuando se trata de canales dispersivos.
- Con DMT o OFDM, un canal de estas características, se convierte en un conjunto de canales en paralelo que se pueden considerar cada uno con fading plano (Rice o Rayleigh)
- El DMT hace por tanto un uso eficiente del canal de banda ancha en estas circunstancias
- Junto con el bit loading maximiza el uso de la capacidad enviando un número diferente de bits en cada subbanda asociada a cada tono modulado.
- Dicho número depende de la S/N que supere o iguale un determinado umbral de recepción en cada subbanda. Esto depende de un sondeo inicial.

2.10.10. Utilización de técnicas de procesado para transmitir señales DMT

- El esquema ideal de este proceso de modulación y demodulación mediante la FFT implica que la transmisión recepción se verifica en un canal ideal
- Aquí no es el caso, por lo que se necesita una Ayuda al sistema
- En condiciones ideales, la DEP generada debería ser plana, esto es función de la ortogonalidad entre los tonos. Casi imposible. El principio de ortogonalidad se puede observar gráficamente en lo que sigue
- Una forma de atenuar el efecto ISI consiste en crear lo que se denomina intervalo de guarda cíclico: Cada símbolo DMT se precede por un intervalo de tiempo que se repite periódicamente (figura 21)
- La duración total del símbolo pasa a ser: $T_{\text{símbolo}} + T_{\text{guarda}}$
- Se puede eliminar la ISI; pero el precio es una disminución de eficiencia (data throughput)

2.10.11. Intervalo de guarda

- La ortogonalidad de los tonos DMT puede mantenerse si no existen: ISI (entre símbolos) e ICI (interferencia entre tonos relativos al canal)
- Pero ambas distorsiones son ineludibles y actúan sobre señales que no son de banda limitada estrictamente $[\text{sinc}(f)]$
- Solución parcial del problema: incrementar la duración del símbolo, el número de tonos con lo que teóricamente la distorsión puede reducir sus efectos
- Esta última solución presenta a su vez problemas: dificultad de tener buena estabilidad de los tonos; tamaño del transformador FFT; desplazamiento Doppler; etc,...

Pasos a seguir para combatir la ISI

1. Se entra un sufijo para la ISI, que puede ser un octavo del tiempo de símbolo, y después le enviamos una secuencia de entrenamiento.
2. Se envía una señal pseudoaleatoria
3. Se observa la respuesta al impulso en un tiempo menor a 10 minutos
4. Se fija un umbral de decisión, con una SNR mínima
5. En cada subbanda posible se carga con b/s/Hz diferentes, si se tiene bit loading, con una M-QAM

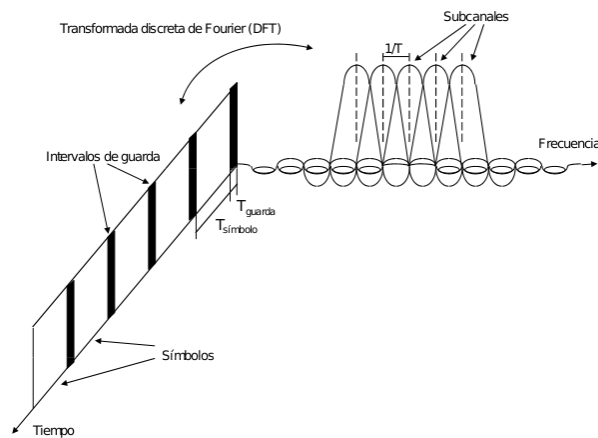


Figura 21: Intervalo de guarda al símbolo DMT

2.10.12. Adición/remoción del intervalo de guarda al símbolo DMT

- La finalidad de la inserción de un intervalo de guarda entre símbolos DMT en la trama transmitida persigue combatir los efectos de interferencia intersimbólica que origina la propagación multitrayecto en el medio.
- La presencia del intervalo, separa los símbolos DMT entre sí de manera que si las señales que proceden de diferentes reflexiones tienen un retardo inferior o igual a dicho intervalo de guarda no habrá ISI en recepción
- Satisfechas las premisas de: BW del canal dispersivo, Intervalo de guarda, Eficiencia Restan tres posibles especificaciones técnicas a considerar:
 1. Duración útil del símbolo. Afecta a la separación entre subportadoras y a la latencia del proceso de codificación de canal. La duración útil del símbolo debe elegirse para que el canal sea estable durante dicha duración
 2. Numero de tonos Los tonos están separadas por el inverso de la duración del símbolo útil. Este número es el que indica el número de puntos complejos que procesará el transformador FFT
 3. El esquema de premodulación. La selección suele recaer en esquemas bidimensionales con buenas características espectrales (multinivel y eficientes). Ello implica el uso de números complejos: $a_n + j b_n$ con valores usuales los que se conocen: ± 1 ; ± 3 ; etc (o aquellos de la norma)

2.10.13. Análisis del tratamiento digital de la información: entramado y scrambling

- La información procedente de las fuentes de :Voz, audio/música ,imágenes y datos debe organizarse en tramas
- El scrambling/descrambling facilita una incorrelación de los dígitos binarios y reparte la energía del tren de dígitos de manera uniforme. Su finalidad es pseudoaleatorizar la información.
- Son subsistemas basados en circuitería lógica con realimentaciones establecidas según reglas propias de codificación de la información
- Se eliminan secuencias largas de ceros y se asegura también el sincronismo en general.
- Utilizan secuencias muy útiles en comunicaciones digitales (MLSR-Maximum-length shift register)

2.10.14. Análisis del control de errores en transmisión

Codificación de canal Reed-Solomon,Entrelazado, Codificación convolucional:

- En la transmisión a través del canal DSL se generan errores en recepción debido a la naturaleza dispersiva del canal (dispersivo en tiempo y frecuencia).
- La forma de combatir estas distorsiones y perturbaciones en el sistema de transmisión es mediante las técnicas de procesado de señal y la codificación de canal muy robusta.
- En este caso se usan: los códigos R-S, el entrelazador y, formando parte de la modulación DMT codificada , los códigos convolucionales.
- Estos códigos son códigos bloque cíclicos que usan la redundancia sobre las palabras compuestas de bits y a codificar.
- Los bits procedentes del Scrambler se dividen en agrupaciones que se llaman símbolos y cada símbolo se codifica o descodifica como un todo.
- Tienen una representación formal (en términos matemáticos)
- Detectan y corrigen bien los errores a ráfagas y los aleatorios.
- En este campo y según las capacidades se usan códigos desde RS(15,9) hasta RS (210,194)

2.10.15. Entrelazado/desentrelazado

- La mayoría de los esquemas de codificación de canal se optimizan para corregir errores aleatorios. Pero no es el caso aquí.
- El entrelazado (interleaving) es una técnica que reordena los datos codificados de tal manera que se pueda evitar una concentración de errores en pocas palabras. O lo que es lo mismo se distribuyen los errores en mas palabras a transmitir y así el resultado será que los errores se distribuyen mas aleatoriamente.
- Es una fuerte protección contra los errores a ráfagas
- Los errores a ráfagas poseen una fuerte correlación temporal y el entrelazado rompe esa correlación. Esto se conoce como diversidad temporal en codificación de canal.
- Existen dos familias de entrelazadores: periódicos y convolucionales

2.10.16. Codificación convolucional

- La codificación convolucional es la alternativa a la codificación de bloques
- Es una técnica que mejora el control de errores que puede realizar un código bloque; pero puede generar errores a ráfagas.
- Se utiliza aquí junto con modulaciones digitales multinivel (QAM).
- Si se considera solamente en el aspecto de tratamiento de la información, se podría decir, que el conjunto código RS, entrelazador y código convolucional forman un código concatenado muy útil en situaciones de canales horribles como son los DSL.

2.10.17. Técnica TCM (Trellis Code Modulation) para ADSL

- La técnica TCM combina codificación de canal+modulación multinivel al objeto de obtener una ganancia de codificación
- El uso de esta técnica en este lugar junto con el DMT lleva a cambios estructurales que son diferentes al caso de usar solamente códigos R-S.
- La modulación TCM puede introducirse en el DMT de diferentes maneras.
- Una forma sería utilizar un TCM para cada subportadora. Esto llevaría a un sistema muy complicado. Quizás 256 TCM para un ADSL de 1a generación.
- La solución usual es la de un único sistema TCM con una modulación QAM multinivel y multidimensional.
- Es la mejor modulación codificada para canales con fading plano o codificado

2.10.18. Técnica TCM (Generalidades)

- TCM (Trellis Code Modulation). Es una técnica de modulación codificada que ofrece mejores prestaciones que si se consideran la codificación y la modulación separadas.
- Es la más utilizada cuando hay perturbaciones multiplicativas en un canal de transmisión y cuando hay un canal con dispersión en tiempo y frecuencia.
- Es una modulación que se utiliza cuando se tiene un canal limitado en banda
- Con el TCM ni se aumenta la banda de transmisión ni la potencia transmitida. Esta aparente contradicción es lo que llevó a la invención del TCM.
- En efecto: un código trellis (convolucional) aumenta el número de bits a transmitir por su redundancia lo que implica que se debería aumentar la redundancia, banda; pero para reducir este aumento se usa una señal que sea densa en puntos en el espacio de la señal o lo que es lo mismo una modulación multinivel (QAM).
- Resultado. La banda permanece inmutable y no se ensancha frecuencialmente.
- El truco de tal cosa: Ser capaces de reducir la nueva constelación de señal que hay que construir para que no se pierda en comportamiento, mediante lo que se conoce como Partición del espacio de la señal (División en dos o tres espacios) haciendo un Set Partitioning.
- Una buena decodificación implica un Hamming grande, el mayor número de encuentros, con distancia euclídea aumenta el número de puntos del espacio de señal de la QAM.

2.10.19. Señales DMT

- DMT son las siglas de “Discrete MultiTone”
- Es una técnica multiportadora que hace un uso eficiente de la banda de un canal, dividiéndolo en subbandas
- Técnica con mismo principio OFDM; pero difiere en el “bit loading”, la carga de bits por canalillo.
- Se puede considerar que un canal de banda ancha, con esta técnica se divide en un número de subcanales de igual anchura de banda. La ventaja que ofrece es clara cuando se trata de canales dispersivos.
- Con DMT o OFDM, un canal de estas características, se convierte en un conjunto de canales en paralelo que se pueden considerar cada uno con fading plano y no dispersivo
- El DMT hace por tanto un uso eficiente del canal en estas circunstancias del DSL
- Junto con el bit loading maximiza el uso de la capacidad enviando un número diferente de bits en cada subbanda
- Dicho número depende de la S/N que supere o iguale un determinado umbral de recepción en cada subbanda. Esto depende de un sondeo inicial.
- En este sistema DMT, se transmite información codificada previamente y en paralelo
- Si se quiere una señal de bajada en un ADSL de 1a generación, se debería utilizar una señal QAM de 256 niveles
- En un espacio de la señal son 256 puntos (en el supuesto de constelación bidimensional)
- Tales puntos se pueden representar por números complejos que llevan asociados la información codificada a cada uno de ellos.
- En este planteamiento, los 256 símbolos complejos que pueden salir del codificador TCM forman un símbolo DMT
- En el paso intermedio hacia lo que se conoce como modulación codificada, dichos símbolos complejos son transformados en 2×256 muestras en el dominio del tiempo utilizando una transformación inversa de Fourier (IFFT)
- Es este transformador de Fourier el que facilita el paso a la señal DMT codificada

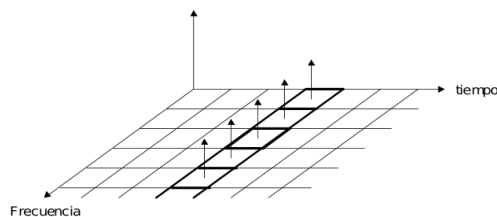


Figura 22: Esquema OFDM de la DMT

2.10.20. Modulaciones codificadas de los tonos: “Trellis code y Mapping” (QAM codificado) y formación del símbolo DMT

- En los sistemas ADSL el uso de la codificación Trellis va acompañada de una preparación de las palabras binarias que van a ser adjudicadas a un punto del espacio de la señal.
- Con lo anterior se quiere indicar, que de alguna forma la modulación multinivel se adapta al tamaño del símbolo codificado.
- Lo anterior está relacionado con el hecho de que no todas las subbandas que emplearán el sistema DMT tendrán el mismo número de bits por tono modulado
- Esto solo es posible utilizando una modulación multinivel y multidimensional
- A esto se llega utilizando lo que se conoce como “bit loading”
- Las palabras codificadas RS ,entrelazadas y codificadas convolucionalmente, se pasan a través de un subsistema que tiene información del canal y que hace que el tamaño de la palabra código a enviar por cada tono sea de longitud diferente.

2.11. Velocidad de transmisión ADSL

Situación ideal, portadora que trate por igual todas las frecuencias y número bits por canal Máximo y plano.

- A altas frecuencias dominan efectos atenuación (distancia)
- A bajas frecuencias dominan efectos ruido y diafonía
- Rango de frecuencias intermedias de 25kHz a 1.1MHz, ganancia disminuye progresivamente
- Los dispositivos DMT miden la ganancia de cada subportadora y ajustan el número de bits de cada subcanal para reflejar la atenuación y la SNR instantánea de la línea.
- El número de bits transmitidos respecto de la SNR es del orden de 1 bit cada 6dB de margen dinámico de la señal sobre el ruido. Ejemplo: 1 canal con una SNR de 18 dB podría acomodar alrededor de 3 bits
- Incluso pueden desactivarse algunos canales
- DMT ofrece un alto nivel de flexibilidad en la velocidad. Granularidad podría llegar a ser de 32kbps (normalmente se definen unas velocidades estandarizadas múltiplos de 32kbps).

2.12. ADSL – 2a generación

- ADSL2 y 2+ forman la segunda generación
- ADSL2 utiliza la misma banda que ADSL es decir, 25 KHz hasta 1104 KHz
- Mejoran las prestaciones: velocidades mayores y alcances mayores debido a:
 1. Mayor eficiencia espectral de las modulaciones codificadas de los tonos.
 2. Mejor codificación del canal
 3. Mejor empaquetado de las tramas
 4. Adaptación de la velocidad en función de: Potencias de ruido e interferencias y distorsiones
 5. Se reduce la potencia emitida cuando no se transmite en línea y así se evitan diafonías entre pares del mismo cable.

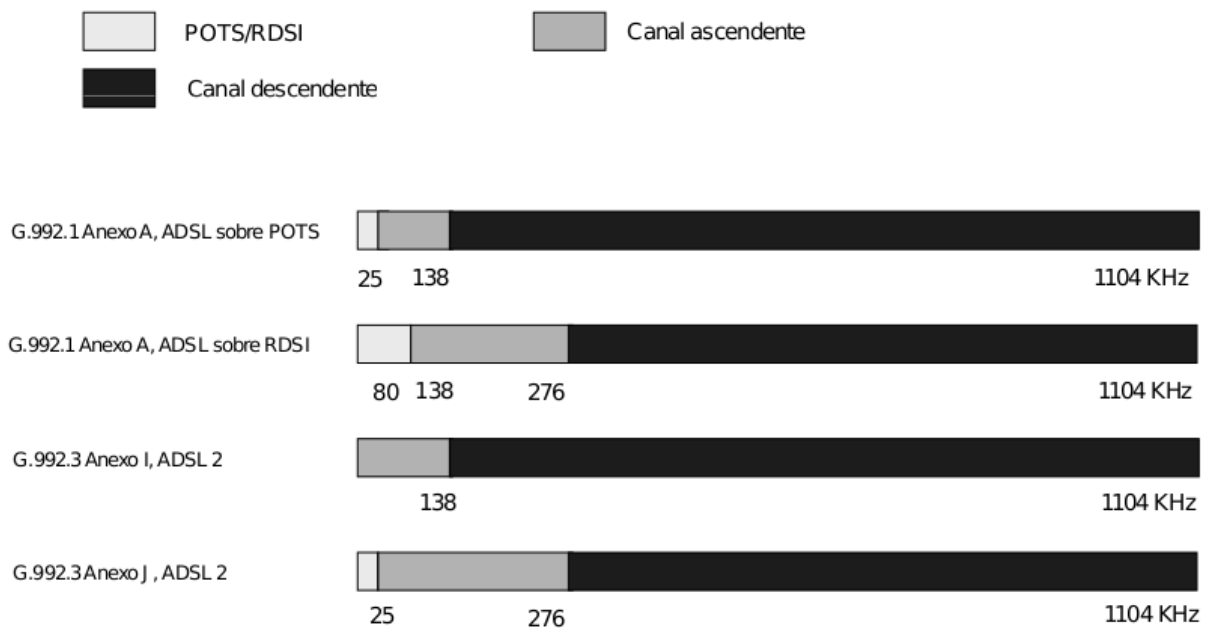


Figura 23: Espectro utilizado por ADSL 2

2.12.1. ADSL2 europea

(ETSI ADSL / ITU-T ADSL2)

- Asignaciones de Espectro (Dens. Esp. de Potencia) (dbm/Hz)
- Anexo I: “Canal ascendente” (up) : hasta 138 KHz “Canal descendente” (down) : desde 138 a 1104 KHz
- Anexo J: “Canal ascendente” (up) : 25 a 276 KHz “Canal descendente” (down) : 276 a 1104 KHz

2.12.2. ADSL2+

- Permite coberturas (alcances) de red mayores que otras familias de ADSL
- Se pueden dar más servicios a clientes (según alcance) que los posibles con ADSL (1a generación), ejemplos:
 - TV sobre ADSL
 - Videoconferencia
 - Accesos a servidores multimedia
- Permite reducir los efectos de la diafonía e interferencias
- Adapta la velocidad en tiempo real según las condiciones del “canal de transmisión” (SRA; Seamless Rate Adaptation)
- Alternativas de capacidades según Anexos G.992.5
 - Anexo A: 25 a 138 KHz; 800 Kb/s (upload), 138 a 2208 KHz 24 Mb/s (download)
 - Anexo L: 25 a 276 KHz; 2,5 Mb/s (upload), 276 a 2208 KHz 20 Mb/s (download)
 - Anexo J: 0 a 276 KHz; 2,5 Mb/s (upload), 276 a 2208 KHz 20 Mb/s (download)
 - Red/usuario 20/24 Mbps
 - Usuario/red 2,5/0,8 Mbps
- Se utilizan señales OFDM con subportadoras. Que son moduladas de forma adaptativa por señales TCM con modulaciones multinivel (M-QAM) de forma adaptativa.

2.12.3. Diferencia entre ADSL2 y ADSL2+

- Difieren en los anchos de banda permitidos para los traficos descendentes (red/usuario)
- El ancho de banda esta limitado superiormente de forma diferente en ADSL-2 a 1104 kHz y ADSL2+ a 2208 kHz.
- Para traficos ascendentes, las frecuencias de corte son de 138 kHz a 276 kHz. Se refleja en anexos ITU-T que las bandas pueden ser de 25 a 276 kHz. o de 25 a 138 kHz.

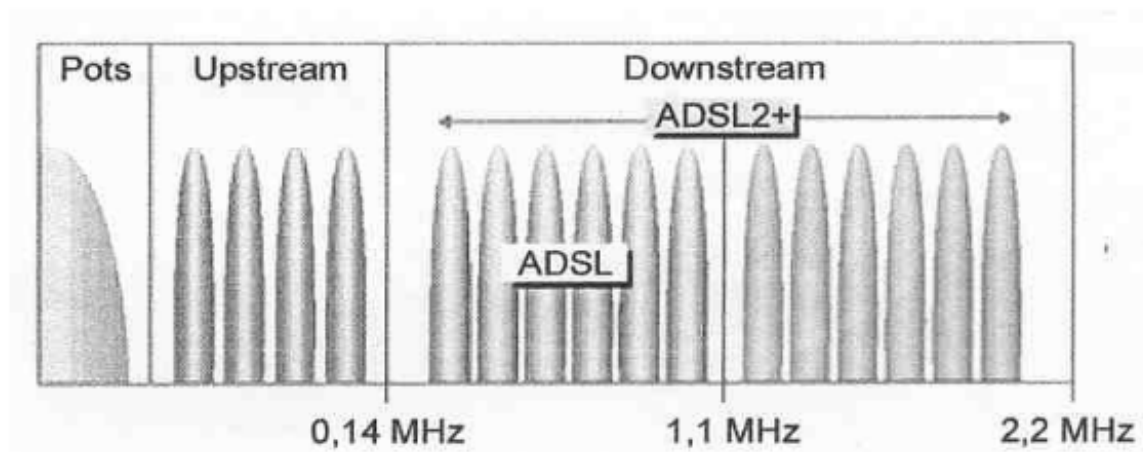


Figura 24: Espectro utilizado por ADSL 2+

2.13. VDSL (Very high bit-rate Digital Subscriber Line)

- Esta solución fue conocida como V-ADSL a causa de que utiliza todavía transmisión asimétrica; pero desde Junio 2005 también simétrica.
- Permitía llegar hasta 55 Mbit/sg. También reparte de manera disjunta la banda de uso
- Es muy buena solución para el último tramo a casa del usuario (solución de la “última milla”) en el contexto de redes HFC
- Buena solución para redes de Infocomunicación
- Las capacidades son función de: distancias entre modems y configuración de los cables de pares
- Desde junio 2005 nueva norma sobre DSL2.Recomd. ITU-T G.993.2
- Transmisión simétrica hasta 100 Mbit/s
- Los modems VDSL son compatibles con los ADSL.
- El numero de tonos es 2048 (subportadoras) en total, y con reparto de los mismos para diversas funciones de transmision (Pilotos, guarda, utiles,...)
- $T_{\text{simbolo util}} = 1 / (\text{Separacion tonos modulados})$
- Separacion entre tonos y ancho de los tonos modulados, la misma que en ADSL que son 4,3 kHz.
- Tiempo de guarda segun circunstancias del canal: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 del tiempo de simbolo OFDM.
- Para los Servicios de:

- HDTV
- Video bajo Demanda
- Videoconferencia y VoIP
- Las previsiones (VDSL 1a generación) para el sentido nodo-usuario
 - 12,96 - 13,8 Mb/sg para distancias de 1,5 Km
 - 25,92 - 27,6 Mb/sg para distancias de 1 Km
 - 51,84 - 55,2 Mb/sg para distancias de 300 m
- En sentido contrario y para las mismas distancias los márgenes son:
 - 1,6 - 2,3 Mb/sg para distancias de 1,5 Km
 - 19,2 Mb/sg para distancias de 1 Km
 - 51,84 - 55,2 Mb/sg en este último caso se está ante una transmisión simétrica para distancias de 300 m

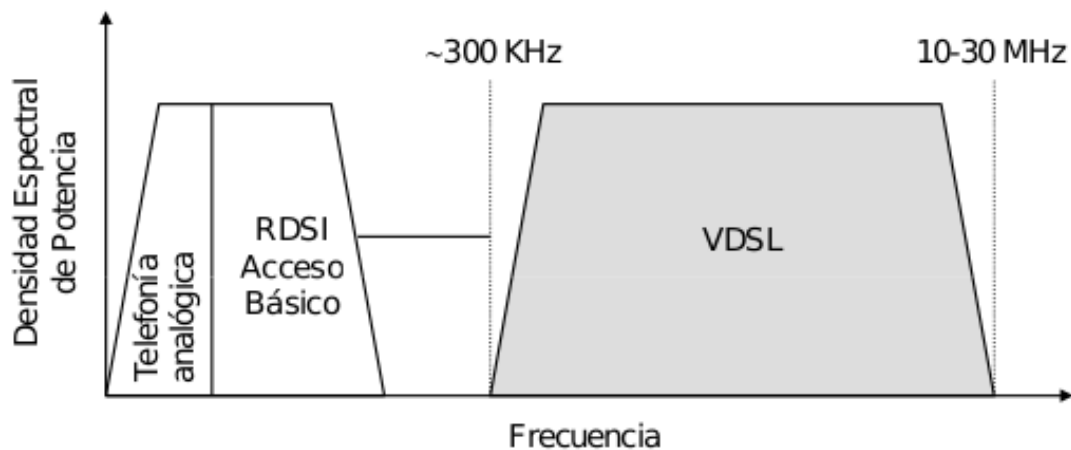


Figura 25: Reparto de bandas VDSL

2.14. Cálculo de velocidades ADSL

2.14.1. Primera version

Velocidad Máxima Downstream si consideramos todo el espectro:

- Consideremos el caso de ocupar todo el rango máximo de frecuencias .(Normalmente sólo las 224 subportadoras ocupando banda 138kHz a 1104kHz
- Subportadoras desde 32 a 255: No máximo de subportadoras 255
- Subportadora 256 (Frecuencia de Nyquist)
- Subportadora 64 (frecuencia piloto downstream)
- No máximo subportadoras 254
- Cada subportadora puede soportar de 0 a 15 bits
- Velocidad de trama ADSL 4000 tramas/sg

- Máximo teórico: $254 \text{ subportadoras/trama} \times 15 \text{ bits/portadorax } 4000 \text{ tramas/sg} = 15.24 \text{ Mbps}$
- Debido a limitaciones del sistema el tamaño máximo de la palabra código RS es 255 bytes, por tanto $255 \text{ bytes/trama} \times 8 \text{ bits/byte} \times 4000 \text{ tramas/sg} = 8.16 \text{ Mbps}$. Es una velocidad más restrictiva, que la anterior.

Para mejorar esta limitación máxima del tamaño palabra código RS se utiliza el entrelazado (mejora la corrección de errores por ráfagas de bits). Con una $S=1/2$, 2 palabras códigos se mapean en una única trama de datos de salida con FEC: Máximo tamaño palabra código: 510 bytes. Ahora velocidad máxima 16 Mbps. Por tanto, más restrictivo los 15.24 Mbps debido a las portadoras: limitación a considerar.

2.14.2. Segunda version

- Por eficiencia en la implementación del DMT el orden del QAM es el mismo que el número de subportadoras “formales” en cada canal
- Así, en el canal descendente se utiliza 256-QAM, con una eficiencia espectral de $8 \text{ bit s}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$ ($8 = \log_2 256$)
- Con un ancho de banda de 4 kHz por cada portadora, la capacidad por portadora en el canal descendente es $r_{sd} = 8 \times 4 \times 10^3 \text{ bit s}^{-1} = 32 \times 10^3 \text{ bit s}^{-1}$
- Asimismo en el canal ascendente se utiliza 32-QAM, con una eficiencia espectral de $5 \text{ bit s}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$ ($5 = \log_2 32$)
- Con un ancho de banda de 4 kHz por cada portadora, la capacidad por portadora en el canal ascendente es $r_{sa} = 5 \times 4 \times 10^3 \text{ bit s}^{-1} = 20 \times 10^3 \text{ bit s}^{-1}$
- En el canal descendente se utilizan 249 portadoras para transmitir información. Así pues, la capacidad del canal descendente es: $C_d = 249 \times r_{sd} = 249 \times 32 \times 10^3 \text{ bit s}^{-1} = 8 \text{ Mb/s}$
- En el canal ascendente se emplean 25 portadoras efectivamente, la capacidad canal ascendente es $C_a = 25 \times r_{sa} = 25 \times 20 \times 10^3 \text{ bit s}^{-1} = 500 \text{ kb/s}$

2.14.3. Notas sobre cálculo de velocidades ADSL

- A veces calculan el downstream sobre las 254 subportadoras (By the Patilla). Lo normal creo que sería, de la 1-32 para upstream (7 portadoras), de la 33-256 para downstream (224). Hay un ejemplo en las transparencias que usa 254 subportadoras para calcular el umbral de la capacidad de canal
- En ADSL tenemos 4000 tramas/seg, y tenemos en teoría 2 canalizaciones con subportadoras que van de 25 khz hasta 138 khz, y de 138 khz hasta los 1104 khz. Que corresponden con lo anterior comentado.

2.15. Canales portadores

Los canales se dividen en 2 clases:

- Canales AS: Unidireccionales (sentido descendente, hacia abonado): Canales downstream. Hasta 4 canales, que siempre operan totalmente independientes.
- Canales LS: Canales bidireccionales. Pueden transmitir datos downstream y upstream, pueden ser independientes los dos canales, incluso tener velocidades distintas. Hasta un máximo de 3 canales LSx

2.16. Conclusiones

- Las soluciones DSL aprovechan los millones de Km de cables de pares tendidos en el planeta. Buena solución y barata
- Facilitará acceso a Internet-2 con VDSL y todos los servicios actuales se pueden acomodar con sólo incluir un divisor y un modem en casa del usuario
- En España se está abriendo un mercado de servicios basados en ADSL por diversos operadores y fabricantes

- Las soluciones HDSL y SDSL se empiezan a utilizar por medios empresariales y se transmiten en banda base.
- DMT es el “código de línea” para el estándar ADSL
- ADSL es DMT en modulación QAM, con subbandas de canal de 4 a 4,3 KHz, con una trama cada 0,25 ms, y 4000 tramas/sg.

3. Anexo II de la Ley General de Telecomunicaciones

1. Abonado: cualquier persona física o jurídica que haya celebrado un contrato con un proveedor de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público para la prestación de dichos servicios.
2. Acceso: La puesta a disposición de otro operador, en condiciones definidas y sobre una base exclusiva o no exclusiva, de recursos o servicios con fines de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas. Este término abarca: el acceso a elementos de redes y recursos asociados que pueden requerir la conexión de equipos por medios fijos y no fijos (en particular, esto incluye el acceso al bucle local y a recursos y servicios necesarios para facilitar servicios a través del bucle local); el acceso a infraestructuras físicas como mástiles, el acceso con sistemas informáticos pertinentes, incluidos los sistemas de apoyo operativos; el acceso a la conversión del número de llamada o a sistemas con una funcionalidad equivalente; el acceso a redes fijas y móviles en particular con fines de itinerancia: el acceso a sistemas de acceso a servicios de red privada virtual.
3. Bucle local o bucle de abonado de la red pública telefónica fija: el circuito físico que conecta el punto de terminación de la red en las dependencias del abonado a la red de distribución principal o instalación equivalente de red pública de telefonía fija.
4. Consumidor: cualquier persona física o jurídica que utilice o solicite un servicio de comunicaciones electrónicas disponibles para el público con fines no profesionales.
5. Derechos exclusivos: los derechos concedidos a una empresa por medio de un instrumento legal, reglamentario o administrativo que le reserve el derecho a prestar un servicio o a emprender una actividad determinada en una zona geográfica específica
6. Derechos especiales: los derechos concedidos a un número limitado de empresas por medio de un instrumento legal, reglamentario o administrativo que, en una zona geográfica específica a) Designen o limiten, con arreglo a criterios que no sean objetivos, proporcionales y no discriminatorios, a dos o más el número de tales empresas autorizadas a prestar un servicio o emprender una actividad determinada o b) Confiera a una empresa o empresas, con arreglo a tales criterios, ventajas legales o reglamentarias que dificulten gravemente la capacidad de otra empresa de prestar el mismo servicio o emprender la misma actividad en la misma zona geográfica y en unas condiciones básicamente similares.
7. Dirección: cadena o combinación de cifras y símbolos que identifica los puntos de terminación específicos de una conexión y que se utiliza para encaminamiento
8. Operador, con poder significativo en el mercado: operador que, individual o conjuntamente con otros, disfruta de una posición equivalente a una posición dominante, esto es, una posición de fuerza económica que permite que su comportamiento sea, en medida apreciable, independiente de los competidores, los clientes y, en última instancia, los consumidores que sean personas físicas.
9. Equipo avanzado de televisión digital: decodificadores para la conexión a televisores o televisores digitales integrados capaces de recibir servicios de televisión digital interactiva.
10. Equipo terminal: equipo destinado a ser conectado a una red pública de comunicaciones electrónicas esto es, a estar conectado directamente a los puntos de terminación de aquella o interfaccionar, a su través, con objeto de enviar, procesar o recibir información.
11. Especificación técnica: la especificación que figura en un documento que define las características necesarias de un producto, tales como los niveles de calidad o las propiedades de su uso, la seguridad, las dimensiones, los símbolos, las pruebas y los métodos de prueba, el empaquetado, el marcado y el etiquetado. Se incluyen dentro de la citada categoría las normas aplicables al producto en lo que se refiere a la terminología.

12. Espectro radioelectrico: las ondas radioeléctricas en las frecuencias comprendidas entre 9 khz y 3000 Ghz; las ondas radioelectricas son ondas electromagnéticas propagadas en el espacio sin guia artificial.
13. Explotación de una red de comunicación electrónica: la creación, el aprovechamiento, el control o la puesta a disposición de dicha red.
14. Interconexión: la conexión física y lógica de las redes públicas de comunicaciones utilizadas por un mismo operador o por otro distinto, de manera que los usuarios de un operador o por otro distinto, de manera que los usuarios de un operador puedan comunicarse con los usuarios del mismo operador o de otro distinto, o acceder a los servicios prestados por otro operador. Los servicios prestados por otro operador. Los servicios podrán ser prestados por las partes interesadas o porterceros que tengan acceso a la red. La interconexión constituye un tipo particular de acceso entre operadores de redes públicas.
15. Interfaz de programa de aplicación (API): la interfaz de software entre las aplicaciones externas, puesta a disposición por los operadores de radiodifusión o prestadores de servicios, y los recursos del equipo avanzado de televisión digital para los servicios de radio y televisión digital.
16. Interferencia perjudicial: toda interferencia que suponga un riesgo para el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad o que degrade u obstruya gravemente o interrumpa de forma repetida un servicio de radiocomunicación que funcione de conformidad con la reglamentación comunitaria o nacional aplicable.
17. Nombre: combinación de caracteres (números, letras o símbolos)
18. Número: cadena de cifras decimales.
19. Número geográfico: el numero identificado en el plan nacional de numeración que contiene en parte de su estructura un significado geográfico utilizado para el encaminamiento de las llamadas hacia la ubicación física del punto de terminación de la red.
20. Números no geográficos; los números identificados en el plan nacional de numeración que no son números geográficos. Incluirán, entre otros, los números de teléfonos móviles, los de llamada gratuita y los de tarificación adicional.
21. Operador: persona física o jurídica que explota redes públicas de comunicaciones electrónicas o presta servicios de comunicaciones electrónicas disponibles al público y ha notificado a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones el inicio de su actividad.
22. Punto de terminación de la red: punto físico en el que el abonado accede a una red pública de comunicaciones. Cuando se trate de redes en las que se produzcan operación de conmutación o encaminamiento, el punto de terminación de la red estará identificado mediante una dirección de red específica, la cual podrá estar vinculada al número o al nombre de un abonado. El punto de terminación de red es aquel en el que terminan las obligaciones de los operadores de redes y servicios y al que, en su caso, pueden conectarse los equipos terminales.
23. Radiocomunicación: toda telecomunicación transmitida por medio de ondas radioelectricas.
24. Recursos asociados; aquellos sistemas, dispositivos u otros recursos asociados con una red de comunicaciones electrónicas o con un servicio de comunicaciones electrónicas que permitan o apoyen la prestación de servicios a través de dicha red o servicio; incluyen los sistemas de acceso condicional y las guías electrónicas de programas.
25. Red de comunicaciones electrónicas: los sistemas de transmisión y, cuando proceda, los equipos de conmutación o encaminamiento y demás recursos que permitan el transporte de señales mediante cables, ondas hertzianas, medios pticos u otros medios electromagnéticos con inclusión de las redes de satélites, redes terrestres fijas (de conmutación de circuitos y de paquetes, incluida Internet) y móviles, sistemas de tendido eléctrico, en la medida en que se utilicen para la transmisión de señales, redes utilizadas para la radiodifusión sonora y televisiva y redes de televisión por cable, con independencia de l tipo de información transportada.

26. Red pública de comunicaciones: una red de comunicaciones electrónicas que se utiliza, en su totalidad o principalmente para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público.
27. Red telefónica pública: una red de comunicaciones electrónica utilizada para la prestación de servicios telefónicos disponibles al público. Sirve de soporte a la transferencia, entre puntos de terminación de la red, de comunicaciones vocales, así como de otros tipos de comunicaciones, como el fax, y la transmisión de datos.
28. Servicio de comunicaciones electrónicas: el prestado por lo general a cambio de una remuneración que consiste, en su totalidad o principalmente, en el transporte de señales a través de redes de comunicaciones electrónicas con la inclusión de servicios de telecomunicación y servicios de transmisión en las redes utilizadas para la radiodifusión, pero no de los servicios que suministren contenidos transmitidos mediante redes y servicios de comunicaciones electrónicas o de las actividades que consistan en el ejercicio del control editorial sobre dichos contenidos; quedan excluidos, asimismo, los servicios de la sociedad de la información definidos en el artículo 1 de la Directiva 98/34/CE que no consistan, en su totalidad o principalmente, en el transporte de señales a través de redes de comunicaciones electrónicas.
29. Servicio de televisión de formato ancho: el servicio de televisión constituido, total o parcialmente, por programas producidos y editados para su presentación en formato ancho completo. La relación de dimensiones 16:9 constituye el formato de referencia para los servicios de televisión de este tipo.
30. Servicio telefónico disponible al público: el servicio disponible al público a través de uno o más números de un plan nacional o internacional de numeración telefónica, para efectuar y recibir llamadas nacionales e internacionales y tener acceso a los servicios de emergencia, pudiendo incluir adicionalmente, cuando sea pertinente, la prestación de asistencia mediante operador, los servicios de información sobre números de abonados, guías, la oferta de teléfonos públicos de pago, la prestación de servicios en condiciones especiales, la oferta de facilidades especiales a los clientes con discapacidad o con necesidades sociales especiales y la prestación de servicios no geográficos.
31. Sistema de acceso condicional: toda la medida técnica o mecanismo técnico que condicione el acceso en forma inteligible a un servicio protegido de radiodifusión sonora o televisiva al pago de una cuota u otra forma de autorización individual previa.
32. Telecomunicaciones: toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.
33. Teléfono público de paga; un teléfono accesible al público en general y para cuya utilización pueden emplearse como medio de pago monedas, tarjetas de crédito, débito o tarjetas de prepago, incluidas las tarjetas que utilizan códigos de marcación.
34. Usuario: una persona física o jurídica que utiliza o solicita un servicio de comunicaciones electrónicas disponible para el público.
35. Usuario final: el usuario que no explota redes públicas de comunicaciones ni presta servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público ni tampoco los revende.
36. Autoridad nacional de Reglamentación: el Gobierno, los departamentos ministeriales, órganos superiores y directivos y organismos públicos, que de conformidad con esta ley ejercen las competencias que en la misma se prevén.