



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Modelamiento y Simulación de un Sistema de Tx/Rx VDSL2”

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

Cynthia Odemaris Alvarado Vera

Christopher Rubén Reyes López

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2009

AGRADECIMIENTO

A nuestro director, el Dr. Hernán Córdova, así como a las demás personas que han formado parte del seminario, con quienes hemos compartido esta emocionante experiencia de aprendizaje e investigación.

También debemos agradecer a todos los que han aportado en ayudarnos a cumplir con nuestra meta: amigos, profesores, y autoridades de este prestigioso establecimiento educativo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me sostuvo con su fortaleza. A mi familia: Jorge, Rocío y Daniel, por ser quienes me levantaron en mis momentos más difíciles. A quienes siempre me animaron a seguir, familia, amigos, personas queridas, en especial a José Andrés. A todos, mi eterna gratitud.

Cynthia Alvarado Vera

A mi madre y mis hermanos, quienes me han apoyado y guiado siempre. Y a todas aquellas personas que supieron estar en el momento adecuado dando palabras de aliento para no decaer en los esfuerzos y brindaron todo su apoyo.

Christopher Reyes López

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Hernán Córdova

PROFESOR DEL SEMINARIO

Ing. Juan Carlos Avilés

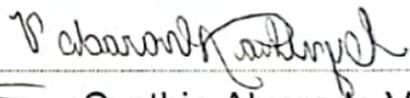
PROFESOR DELEGADO

DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).


Cynthia Alvarado V.


Christopher Reyes L.

RESUMEN

El presente trabajo trata de un estudio preciso para la comprensión de los sistemas de Línea Digitales del Abonado de Muy Altas Tasas de Transferencia 2 o VDSL2 (por sus siglas en inglés, Very High Bit Rate Digital Subscriber Line 2), basándose en los canales de subida (Upstream).

Ciertos estándares fueron utilizados al momento de desarrollar nuestros modelos, entre ellos podemos mencionar a los de la ITU-T G993.1 y G993.2, y de la ETSI el TS 101 270-1 V1.4.1, de los cuales se tomaron parámetros necesarios para las simulaciones, así como los planes de banda (band plans) y las máscaras de potencia.

Se introduce con conceptos básicos de Línea Digital del Abonado (xDSL) para luego profundizar la conceptualización de parámetros y por último se presentan simulaciones con las que se puede conseguir un claro entendimiento de la tecnología en estudio. Para realizar este estudio se tomaron en cuenta dos diferentes escenarios, en los que se presentan primeramente el performance del sistema sin Upstream Power Back-Off (UPBO) y luego se incluyen cuatro de los principales métodos de simulación, para poder comprender las diferentes soluciones que se han desarrollado a fin de mejorar el performance de estos sistemas. El trabajo finaliza con conclusiones acerca de la comparación de las simulaciones y de los diferentes métodos utilizados.

El primer capítulo trata teóricamente los criterios de configuración, permitiéndonos entender sobre las bandas de subida y bajada estudiando parámetros muy importantes como los Planes de Banda, Densidad de Potencia, Perfiles y Power Back-Off, y su desenvolvimiento frente a diferentes escenarios de ruido.

En el segundo capítulo se hace referencia sobre las consideraciones especiales al momento de estudiar sistemas VDSL2 y revisando además uno de sus principales algoritmos, el Algoritmo de Nelder.

El último capítulo se enfoca en la simulación de dos diferentes escenarios frente a la presencia de un sistema que responde a los cambios de la red, para lo cual se considera la comparación del sistema sin utilizar UPBO (Upstream Power Back-Off) y con cuatro diferentes métodos UPBO, los cuales son Frecuencia Referencial, Distancia Referencial, FEXT Ecuilizado y Ruido Referencial. Terminando estos estudios con una tabla comparativa de los resultados obtenidos para ambos escenarios.

Para líneas de distancia corta, se podrá apreciar que el desempeño es similar entre los sistemas que aplican o no métodos UPBO; mientras que a distancias medias y largas, se observará que puede existir una mejora de hasta 10 veces usando métodos UPBO. Los métodos UPBO son útiles en líneas de distancias medias a largas dentro de un escenario de ruido controlado definido.

VDSL2 representa una solución óptima para aquellos usuarios que no pueden escoger otro medio de acceso sino el cobre. Se ha demostrado que con este sistema se puede tener un medio eficiente para alcanzar tasas de datos que hasta hace poco tiempo eran pensadas posibles exclusivamente para costosos y no muy desplegados medios de transmisión.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	II
DECLARATORIA EXPRESA	V
TRIBUNAL	IV
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS	XIVII
INTRODUCCION	XV

Capítulo 1

CRITERIOS DE CONFIGURACIÓN	1
1.1 Asignación del Plan de Banda	1
1.1.1 Banda de carga US y de descarga DS.....	3
1.2 Densidad Espectral de Potencia PSD	3
1.3 Selección de Perfil	4
1.4 Potencia de respaldo en descarga (DPBO)	5
1.5 Potencia de respaldo en carga (UPBO)	6
1.6 Escenario de Ruido.....	7
1.6.1 Regla de Suma de Ruido de Interferencia.....	10
1.7 Análisis del Escenario de Ruido.....	10
1.7.1 Método de Frecuencia Referencial (Reference Frequency)	16

1.7.2 Método de Distancia Referencial (Reference Length)	17
1.7.3 Método de FEXT Ecuilizado (Equalized FEXT)	18
1.7.4 Método de Ruido Referencial (Reference Noise)	19
1.7.5 Método Distancia Multireferencial (Multi-Reference Length)	20
1.7.6 PSD Referencial (Reference PSD)	20

Capítulo 2

CONSIDERACIONES ESPECIALES	22
2.1 Consideraciones del escenario	22
2.2 Algoritmo de Nelder	23

Capítulo 3

SIMULACIÓN DE ESCENARIOS	28
3.1 Escenario 1	28
3.2 Escenario 2	30
3.3 Simulaciones del Escenario 1	31
3.3.1 No UPBO	31
3.3.2 Frecuencia Referencial	32
3.3.3 Distancia Referencial	33
3.3.4 FEXT Ecuilizado	34
3.3.5 Ruido Referencial	34
3.3.6 Resultados de la Simulación del Escenario 1	35
3.4 Simulaciones del Escenario 2	36
3.4.1 No UPBO	36
3.4.2 Frecuencia Referencial	37
3.4.3 Distancia Referencial	38
3.4.4 FEXT Ecuilizado	38
3.4.5 Ruido Referencial	39
3.4.6 Resultados de la Simulación del Escenario 2	40

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ADSL	Línea de Suscripción Digital Asimétrica
ANSI	Instituto Nacional de Normalización Estadounidense
DSL	Línea de Suscripción Digital
DPBO	Downstream Power Back-Off
DS	Downstream
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FEXT	Far End Cross-Talk
FSAN	Full Service Access Network
FTTCab	Fiber To The Cabinet
FTTEx	Fiber To The Exchange
HDB23	High Density Bipolar of order 3 code
HDSL	High bit rate Digital Subscriber Line
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunication Union
NEXT	Near End Cross-Talk
PSD	Power Spectral Density
UPBO	Upstream Power Back-Off
US	Upstream
VDSL	Very high bit-rate Digital Subscriber Line

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 RANGO DE FRECUENCIA PARA LOS PLANES DE BANDA 997 Y 998	2
FIGURA 1.2 ASIGNACIÓN DEL PLAN DE FRECUENCIA PARA VDSL	3
FIGURA 1.3 PERFILES DISPONIBLES PARA CADA MÁSCARA DE POTENCIA.....	4
FIGURA 1.4 VARIACIÓN DE LOS VALORES DE POTENCIA SEGÚN LOS PERFILES DETERMINADOS PARA LA MÁSCARA B8-4	5
FIGURA 1.5 ILUSTRACIÓN DEL PROPÓSITO DE IMPLEMENTACIÓN DE DPBO PARA SISTEMAS VDSL	6
FIGURA 1.6 ESCENARIO DE RED DISTRIBUIDA CON NEAR.FAR PROBLEM.....	7
FIGURA 1.7 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS EFECTOS NEXT Y FEXT	8
FIGURA 1.8 TOPOLOGÍA ANSI PARA FEXT.....	8
FIGURA 1.9 CONFIGURACIÓN DE UN LAZO	11
FIGURA 2.1 TRIÁNGULO DE ANÁLISIS DEFINIDO POR NELDER MEAD PARA Φ	25
FIGURA 2.2 REFLEXIÓN DEL SIMPLEX DEFINIDO POR NELDER MEAD PARA Φ	26
FIGURA 2.3 EXPANSIÓN DEL SIMPLEX DEFINIDO POR NELDER MEAD PARA Φ	26
FIGURA 2.4 CONTRACCIÓN DEL SIMPLEX DEFINIDO POR NELDER MEAD PARA Φ ...	26
FIGURA 2.5 REDUCCIÓN DEL SIMPLEX DEFINIDO POR NELDER MEAD PARA Φ	27
FIGURA 3.1 REPRESENTACIÓN DEL ESCENARIO 1	29
FIGURA 3.2 MÁSCARA E2-Pex-P2-M2 UTILIZADA PARA EL ESCENARIO 1	29
FIGURA 3.3 REPRESENTACIÓN DEL ESCENARIO 2	31
FIGURA 3.4 MÁSCARA E2-Pex-P2-M2 UTILIZADA PARA EL ESCENARIO 2	31
FIGURA 3.5 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 1, SIN UPBO.....	32
FIGURA 3.6 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 2, SIN UPBO	32
FIGURA 3.7 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 1, CON FRECUENCIA REFERENCIAL.....	32
FIGURA 3.8 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 2, CON FRECUENCIA REFERENCIAL.....	33

FIGURA 3. 9 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 1, CON DISTANCIA	
REFERENCIAL.....	33
FIGURA 3.10 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 2, CON DISTANCIA	
REFERENCIAL.....	33
FIGURA 3.11 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 1, CON FEXT ECUALIZADO	
.....	34
FIGURA 3.12 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 2, CON FEXT ECUALIZADO	
.....	34
FIGURA 3.13 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 1, CON RUIDO REFERENCIAL	
.....	34
FIGURA 3.14 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1, USUARIO 2, CON RUIDO REFERENCIAL	
.....	35
FIGURA 3.15 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 1, SIN UPBO.....	36
FIGURA 3.16 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 2, SIN UPBO.....	36
FIGURA 3.17 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 1, CON FRECUENCIA	
REFERENCIAL.....	37
FIGURA 3.18 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 2, CON FRECUENCIA	
REFERENCIAL.....	37
FIGURA 3.19 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 1, CON DISTANCIA	
REFERENCIAL.....	37
FIGURA 3.20 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 2, CON DISTANCIA	
REFERENCIAL.....	38
FIGURA 3.21 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 1, CON FEXT ECUALIZADO	
.....	38
FIGURA 3.22 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 2, CON FEXT ECUALIZADO	
.....	38
FIGURA 3.23 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 1, CON RUIDO REFERENCIAL	
.....	39
FIGURA 3.24 SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2, USUARIO 2, CON RUIDO REFERENCIAL	
.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 MASCARAS DEFINIDAS PARA VDSL2	4
TABLA 2.1 MODELOS DE ESCENARIOS DE RUIDO DEFINIDOS POR ETSI	22
TABLA 2.2 MODELOS DE ESCENARIO DE ALIEN CROSSTALK DEFINIDOS POR ETSI .	23
TABLA 3.1 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 1.....	35
TABLA 3.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL ESCENARIO 2.....	40

INTRODUCCION

Este proyecto presenta un método de aprendizaje y comprensión de una nueva tecnología utilizada sobre los medios de transmisión eléctrica más antiguos, pero entregando tasas de datos casi tan altos como los medidos en medios más modernos y costosos, la tecnología VDSL2.

VDSL2 Línea digital de abonado de muy alta tasa de transferencia, por sus siglas en inglés (Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2), es una tecnología que aprovecha la actual infraestructura telefónica de pares de cobre para implementar sobre ésta, servicios conocidos como "Triple Play", incluyendo voz, video, datos, televisión de alta definición (HDTV) y juegos interactivos.

Para modelar un sistema de transmisión y recepción de un sistema VDSL2, es necesario recurrir a los parámetros especificados en la normativa internacional. La Tecnología VDSL2 se encuentra definida por el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU (por sus siglas en inglés), específicamente por el estándar G.993.2, que en el 2006 la describió como una "tecnología de acceso que utiliza la estructura existente de hilos de cobre del servicio telefónico ordinario". Esta recomendación soporta la transmisión simétrica y

asimétrica con velocidades de transmisión de hasta los 200Mbit/s utilizando un BW de hasta 30MHz.

De igual forma, se encuentra especificada por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones ETSI (European Telecommunications Standards Institute), en la especificación técnica TS 101 270-1. La ETSI es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. Durante el análisis de implementación a desarrollar en este estudio, se tomará como referencia la normativa de la ETSI.

El primer capítulo trata teóricamente los criterios de configuración, permitiéndonos entender sobre las bandas de subida y bajada estudiando parámetros muy importantes como los Planes de Banda, Densidad de Potencia, Perfiles y Power Back-Off, y su desenvolvimiento frente a diferentes escenarios de ruido.

En el segundo capítulo se hace referencia sobre las consideraciones especiales al momento de estudiar sistemas VDSL2 y revisando además uno de sus principales algoritmos, el Algoritmo de Nelder.

El último capítulo se enfoca en la simulación de dos diferentes escenarios frente a la presencia de un sistema que responde a los cambios de la red, para lo cual se considera la comparación del sistema sin utilizar UPBO (Upstream Power Back-Off) y con cuatro diferentes métodos UPBO, los cuales son Frecuencia Referencial, Distancia Referencial, FEXT Ecuilizado y Ruido Referencial. Terminando estos estudios con una tabla comparativa de los resultados obtenidos para ambos escenarios.

CAPITULO 1

CRITERIOS DE CONFIGURACIÓN

De acuerdo a los estándares mencionados, para la implementación de un sistema VDSL2, se deben tener en cuenta diversos factores, los cuales dependen de la implementación hacia la que se desea orientar el diseño de dicho sistema. Entre ellos se puede mencionar algunos:

- Selección del Plan de Banda
- Selección de la Máscara de Potencia
- Selección del Perfil
- Downstream Power Back-off (PSD Shaping)
- Upstream Power Back-off
- Verificación de que el sistema modelado cumpla con las especificaciones técnicas de la normativa que indica el estándar

Cada uno de estos temas contienen en si una amplia teoría para que pueda ser determinada de acuerdo al sistema que uno necesite modelar.

1.1 Asignación del Plan de Banda

De acuerdo a las especificaciones de la ETSI, los valores frontera para la banda de transmisión VDSL están definidos desde $f_0 = 25\text{KHz}$ hasta $f_5 = 12\text{MHz}$; especificando que las bandas situadas entre los 12MHz hasta 30MHz son objeto de estudio y desarrollo hasta la presente.

Se encuentran definidos dos planes de banda para VDSL2 según la normativa europea:

- Band Plan 997
- Band Plan 998

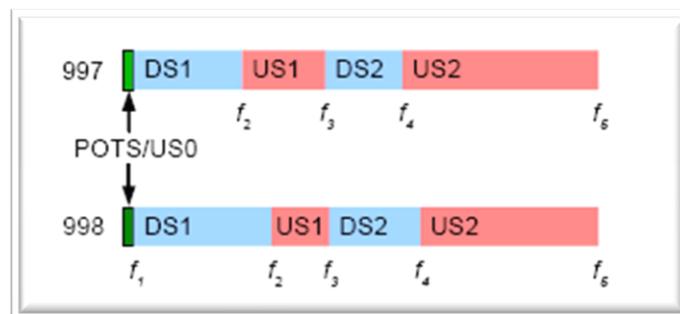


Figura 1.1 Rango de frecuencias para los planes de banda 997 y 998

De los cuales, la diferencia entre ellos es que el plan de banda 997 contiene características de simetría entre los rangos de frecuencia de subida y bajada, mientras que el plan de banda 998 se caracteriza por la asimetría de los mismos. El plan de banda seleccionado para este estudio es el 998.

1.1.1 Bandas de Carga US y de Descarga DS

Se encuentran especificadas cuatro bandas: dos dedicadas para US y dos para DS. En el gráfico se pueden apreciar los valores para las transiciones de banda definidos para el plan 998.

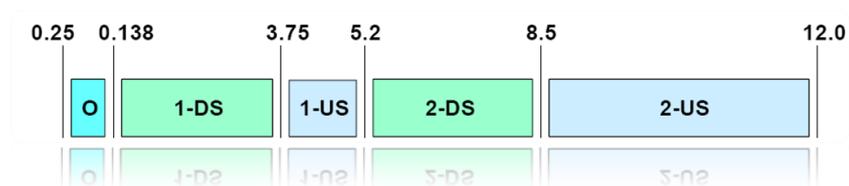


Figura 1.2 Asignación de Plan de frecuencias para VDSL

1.2 Densidad Espectral de Potencia PSD

La máscara de potencia se encuentra directamente relacionada con el tipo de escenario sobre el cual se desee desarrollar el modelo del esquema VDSL2. Existen dos tipos de escenarios considerados por el estándar referenciado:

- FTTEx: Este escenario se caracteriza por tener el transceiver de terminal de línea (LT) hacia el distribuidor local (Local Exchange)
- FTTCab: Se caracteriza por ubicar el transceiver LT contra un armario (Cabinet).

El límite PSD para el LT depende del escenario elegido ya que para cada uno de los escenarios descritos existen dos variaciones de límites de PSD que serían aplicadas conocidas como:

- PSD Boosted o estimulada que permite utilizar niveles más altos de potencia a mayores rangos de frecuencia, y
- PSD Non-Boosted, de menor potencia, ideal para los escenarios donde la presencia de ADSL es mayoritaria.

Tabla 1.1 Máscaras definidas para VDSL2

ITU-T G993.2		
Máscaras VDSL2		
B8-1	A	Non-Boosted
B8-2	B	Non-Boosted
B8-3	N/A	Non-Boosted
B8-4	A	Boosted
B8-5	M	Boosted
B8-6	B	Boosted
B8-7	N/A	Boosted

1.3 Selección del Perfil

De acuerdo al plan de banda seleccionado y para cada una de las máscaras de potencia especificadas por el estándar, se han definido ocho posibles perfiles cuya aplicación está relacionada con el tipo de servicio que se desea desarrollar.

8a 8b 8c 8d 12a 12b 17a 30a

Figura 1.3 Perfiles disponibles para cada máscara de potencia

Los perfiles tienen la característica particular que en ellos tienen definidos los límites de potencia asignados para las bandas US y DS, pudiendo variar entre ellos con valores entre los rangos de 11.5dBm hasta los 20.5dBm.

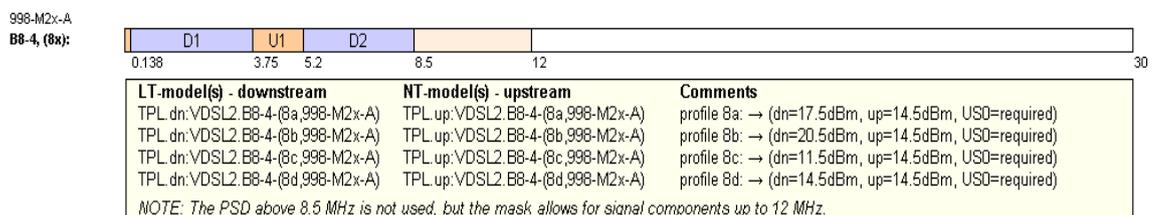


Figura 1.4 Variación de los valores de potencia según los perfiles determinados para la máscara B8-4

1.4 Potencia de Respaldo en Bajada (DPBO)

La potencia de Respaldo en Bajada (Descarga) o DPBO (por sus siglas en inglés: Downstream Power Back-off), también conocida como PSD Shaping, es la implementación de un método de protección de sistemas anteriores a VDSL que utilizan el mismo medio de transmisión tales como ISDN, HDSL y ADSL. Dicha protección consiste en disminuir la potencia de transmisión de VDSL que se encuentren entre el rango que incluye valores de 1.1 a 2.2MHz

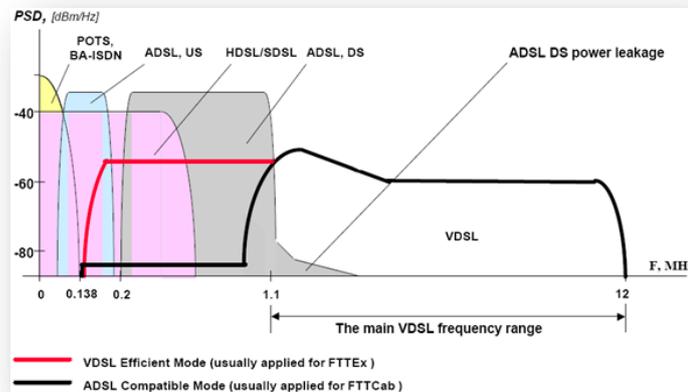


Figura 1.5 Ilustración del propósito de implementación de DPBO para sistemas VDSL

1.5 Potencia de Respaldo en Subida (UPBO)

El escenario real aplicable a la implementación de un sistema VDSL es aquel que dista de ser una topología de red en la cual los usuarios finales se encuentren equidistantes del armario. Al contrario, una topología distribuida representa una aplicación más adecuada en estos casos para verificar el rendimiento de la red de un sistema VDSL a implementar, pues consiste en ubicar usuarios a diferentes distancias desde el armario, pero este escenario nos presenta un nuevo fenómeno conocido como “Near-Far Problem”. La implementación de la Potencia de Respaldo en Subida (Carga) o UPBO (por sus siglas en inglés Upstream Power Back-off) para el análisis de un sistema VDSL aumenta la complejidad del escenario considerado, por lo que, durante este estudio, profundizaremos en el análisis de este fenómeno, y en las variadas soluciones que se han propuesto hasta el momento.

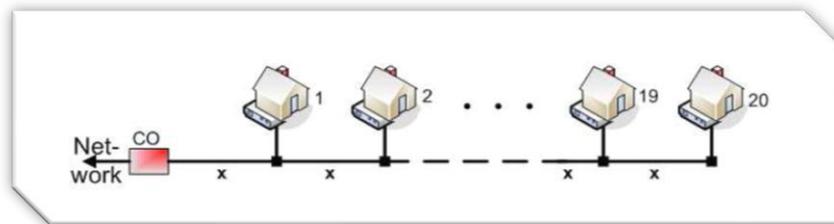


Figura 1.6 Escenario de red distribuida con Near-Far Problem

El sistema de telefonía se construyó sobre redes a partir de cable de par trenzado. Estos son fabricados por torsión, cubiertos con un aislamiento y enrollados conjuntamente. Este tipo de cables se utilizan a partir de un distribuidor (Exchange) o de un armario telefónico (Cabinet) y su infraestructura es aprovechada para proporcionar servicios a los abonados de la central telefónica. El trenzado del cable cumple el objetivo de anular o limitar la interferencia con respecto a las demás líneas presentes. Sin embargo, el aislamiento con el cual son recubiertos los pares trenzados son imperfectos, lo cual resulta en ruido adicionado a líneas cercanas, y analizando este efecto a gran escala, tenemos un escenario de niveles de ruido altos, lo cual produce una degradación de la señal recibida y en un deterioro de la calidad de dicha línea.

1.6 Escenario de Ruido

El acoplamiento de las señales no deseadas de una o más líneas en otra línea se conoce como interferencia, y en VDSL puede tomar dos formas: extremo cercano conocido como NEXT (Near End Crosstalk) y extremo lejano conocido como FEXT (Far End Crosstalk), y son estos fenómenos los que definen un escenario de ruido.

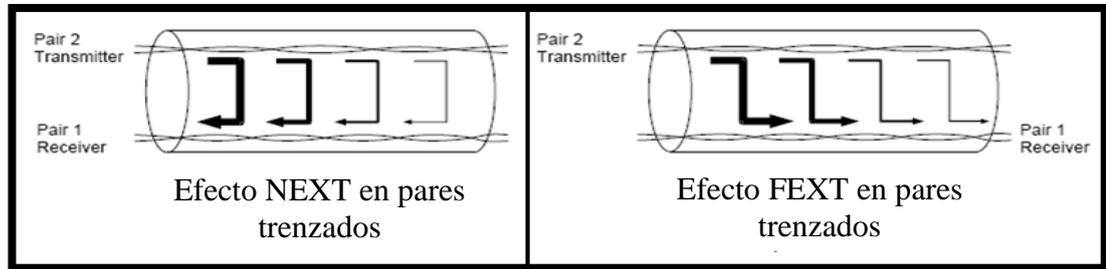


Figura 1.7 Representación gráfica de los efectos NEXT y FEXT

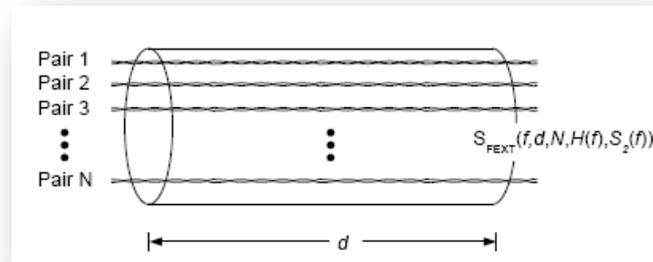


Figura 1.8 Topología ANSI para FEXT

Uno de los primeros modelos desarrollados para definir el efecto NEXT es el creado por J. H. W. Unger acogido por la normativa ANSI. Se define a continuación:

$$NEXT_N = K_{next} N^{0.6} \left(\frac{f}{1\text{Hz}} \right)^{3/2} \quad (1.1)$$

Existe un segundo modelo recomendado por la normativa europea ETSI

$$NEXT_N = K_{next} N^{0.6} \left(\frac{f}{1\text{Hz}} \right)^{3/2} [1 - |H(f, L)|^4] \quad (1.2)$$

Donde N es el número de perturbadores (disturbers) presentes en el escenario; H(f, L) es la función de transferencia de una línea de

distancia L y un valor aproximado sugerido para la constante K_{next} es 8.536×10^{-15} .

De la cual esta segunda toma en cuenta una probabilidad definida en base a la función de transferencia, dando un resultado para un estudio con referencias estadísticas, mientras que, el presentado por el ANSI nos da un valor de NEXT mayor que puede ser tomado a manera referencial.

De manera similar, para describir el efecto FEXT, se ha definido el siguiente modelo

$$FEXT_N = K_{fext} N^{0.6} L f^2 |H(f, L)|^2 \quad (1.3)$$

De donde L es la distancia del lazo y K_{fext} es una constante. De acuerdo a la normativa americana, ANSI, la constante tiene un valor sugerido de:

$$K_{fext} = 8 \times 10^{-20} \quad (1.4)$$

Siempre y cuando la distancia del lazo venga dada en pies.

Para la normativa europea, ETSI, la constante K_{fext} toma el valor de:

$$K_{fext} = 10^{-4.5} \frac{1}{MHz^2 Km} = 10^{-19.5} \quad (1.5)$$

Si se transforman los metros a pies (1 metro = 3.2808 pies) lograremos llegar a un valor exponencial de 10^{-20} , mientras que el valor 8 está ya definido por las ponderaciones y unidades en el sistema métrico inglés.

Mediante estudios previos se han determinado modelos para NEXT y FEXT que representan el peor de los escenarios en un porcentaje del uno por cien.

1.6.1 Regla de Suma de Ruido de Interferencia

Debido a que las variadas fuentes de interferencia en un escenario provienen de procesos físicos independientes, a primera vista se podría pensar que la potencia total sumada, es la suma total de sus potencias. Pero la suma de potencias de interferencia calculada para el 1% del peor de los casos según las condiciones del escenario podría arrojar un cálculo demasiado pesimista.

Una forma de combinar más de un valor de PSD de interferencia fue desarrollada por el FSAN (Full Service Access Network) en la cual especifican lo siguiente:

$$PSD_{NEXT}(f) = |H_{NEXT}(f, 1)|^2 \left[\sum_k N_k S_k^{1/0.6}(f) \right]^{0.6} \quad (1.6)$$

De donde N_k es el número de perturbadores, y S_k es el PSD del perturbador del sistema, $|H_{NEXT}(f, 1)|^2$ es la función de transferencia de la potencia sobre un determinado par.

De manera genérica, la forma de la ecuación para añadir 2 contribuciones de efecto FEXT de fuentes distintas es:

$$FEXT_{TOTAL} = (F_1^{1/0.6} + F_2^{1/0.6})^{0.6} \quad (1.7)$$

1.7 Análisis del Escenario de Ruido

El estudio de un escenario de topología distribuida en el cual la distancia desde el nodo central hasta el equipo final del usuario tiene diferentes valores, es el más cercano a la realidad. El nodo central desde el cual es medida la longitud del lazo puede ser tanto una central telefónica como un armario telefónico.

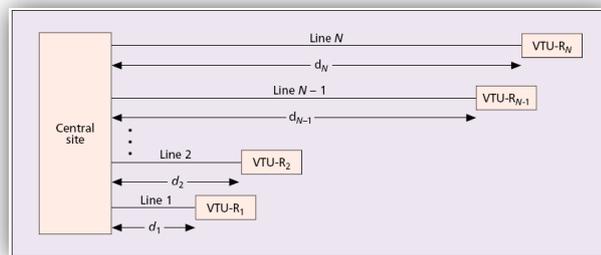


Figura 1.9 Configuración de un lazo

En la dirección de Downstream (desde el nodo central hacia el usuario), la experiencia del efecto FEXT en el modem del usuario no será mayor que el efecto FEXT que se presentaría en un escenario de topología distribuida (escenario de distancias equitativas nodo central-usuario). Por ejemplo, se define un modem que se encuentre ubicado a una distancia L_{ref} del nodo central. De la ecuación 1.3 tendríamos que la función de acoplamiento vendría dada por la forma detallada a continuación:

$$FEXT_{L_{ref}} = K_{fext} N^{0.6} L_{ref} f^2 |H(f, L)|^2$$

Se define un segundo lazo de distancia L_k de donde se tiene cumple que $L_k \ll L_{ref}$. La función de acoplamiento vendría dada por la forma:

$$FEXT_{L_k} = K_{fext} N^{0.6} L_k f^2 |H(f, L)|^2$$

El valor de $FEXT_{L_k}$ será mucho menor que el valor de $FEXT_{L_{ref}}$ debido a la relación de proporcionalidad directa que existe entre el efecto FEXT y la longitud del lazo sometido a análisis. Se observa también que si $L_k \cong 0$ el valor de $FEXT_{L_k}$ también se aproximará a cero ya que mientras menor sea la distancia menor efecto de ruido sufrirá el modem ubicado al final del lazo. Por ello se afirma que las líneas perturbadoras de menor distancia que L_{ref} crearán menos interferencia debido a que la distancia de acoplamiento vendría dada por el lazo más corto. Por la misma razón, las líneas perturbadoras de mayor distancia que L_{ref} , generarán el mismo nivel de interferencia, ya que, en downstream se trasmite a un mismo valor de PSD, la cual viene predefinida para un sistema con una longitud de lazo L_{ref} .

El valor PSD del efecto FEXT considerando sólo un perturbador de distancia L_k vendría dado por la notación:

$$S_{FEXT} = K_{fext} N^{0.6} L_k f^2 |H(f, L)|^2 S_k(f) \quad (1.8)$$

Siendo $S_k(f)$ el PSD del perturbador considerado para el análisis. El valor total de la PSD del efecto FEXT, aplicando la regla de adición de FSAN está dado por:

$$S_{FEXT} = K_{fext} f^2 |H(L)|^2 S_k(f) [\sum_k N_k (|H(L_k)|^2)^{1/0.6}]^{0.6};$$

$$\forall S_{FEXT} \leq K_{fext} L_{ref} N^{0.6} f^2 |H(L)|^2 S_{ref}(f) \quad (1.9)$$

Con lo cual se puede apreciar que, en sentido de Downstream, el modelo de distancia uniforme es adecuado para estimar el efecto de interferencia que experimenta un modem ubicado en el usuario.

En el sentido de Upstream (desde el usuario hacia el nodo central) las condiciones son diferentes. La razón principal es que a diferencia del sentido de transmisión de Downstream, los elementos que realizan la transmisión en upstream se encuentran ubicados a diferentes distancias hacia el nodo. Es debido a esto que las señales de transmisión de las líneas de menor longitud se acoplarían sobre la última porción de las líneas de mayor longitud pertenecientes a módems de usuarios ubicados a mayor distancia, en un punto donde la señal en uso de estas líneas podría ser severamente afectada por la atenuación causada por esta interferencia. El ruido de FEXT proveniente de las líneas más cortas tendrá una presencia considerable comparada contra la señal en uso de las líneas con distancia mayor. Como consecuencia la capacidad del canal de las líneas más largas será dramáticamente reducida. Este efecto es conocido como el problema “near-far”.

En un escenario distribuido, el efecto FEXT experimentado por un módem ubicado a una distancia L del nodo está definido por:

$$S_{FEXT} = K_{f_{ext}} |H(f)|^2 \left[\sum_k N_k (S_k(f) |H(f, L_k)|^2)^{1/0.6} \right]^{0.6} \quad (1.10)$$

El problema principal del efecto “near-far” reside en el hecho de que todos los transmisores están permitidos para transmitir al mismo nivel PSD sin tomar en cuenta la distancia hacia el nodo

central. Para remediar este problema, los módems transmisores que se encuentran ubicados más próximos al nodo central deberían reducir su potencia de transmisión de una manera sistemática para garantizar la capacidad del canal en el sentido de upstream de las líneas más largas. El proceso de reducir la potencia de transmisión de las líneas más cortas para obtener una mejor distribución de la capacidad sobre todas las líneas es conocido como Power Back-Off.

Upstream Power Back-Off es implementado para resolver el problema del efecto Near-Far, en el sentido del canal de subida US. EL propósito de UPBO es desarrollar una red que sea capaz de incrementar el desempeño de su servicio, procurando que los equipos ubicados cerca del armario reduzcan su densidad espectral de potencia PSD para equiparar a la PSD de los equipos que se encuentran a mayor distancia.

El estándar [7] define a la PSD Transmitida en un lazo L_k como:

$$S_{Tx}(f, L_k) = \frac{|H(f, L_R)|^2}{|H(f, L_k)|^2} S_{Tx0}(f) \quad (1.11)$$

De donde:

S_{Tx0} Máscara PSD definida en el estándar.

$H(f, L_R)$ Función de transferencia de una distancia referida

$H(f, L_k)$ Función de transferencia a la distancia L_k

En respuesta a la identificación del problema, se han propuesto diversos tipos de análisis de UPBO para VDSL, entre los cuales podemos destacar:

- Frecuencia Referencial
- Longitud Referencial
- FEXT Ecuilizado
- Ruido Referencial
- Longitud de Múltiple Referencia
- PSD Referencial

Sin embargo, los organismos de normalización han acordado utilizar el llamado “Método de referencia PSD”. Con este método, determinando el valor de PSD a recibir, se definen parámetros de referencia para cada banda de subida US. No obstante, el estándar da poca orientación al operador de la forma de establecer dichos parámetros para optimizar alguna red en particular de los clientes.

Los parámetros de optimización de UPBO dependerán de la topología de red de acceso de los lazos, las características del cable, la intervención de sistemas DSL en los cables y las necesidades de los clientes en cuanto al servicio requerido.

Generalmente, cualquier método UPBO está enfocado a mejorar el desempeño de los lazos de distancia larga reduciendo el FEXT, pero degradan así el desempeño de los lazos de distancia corta al reducir la potencia de la señal recibida.

Un método eficiente puede ser modelado mediante el mejoramiento del desempeño de los lazos de distancia corta, pero esto implica que dicho método deba permitir transmitir a mayores niveles de PSD para aumentar dicha eficiencia.

1.7.1 Método de Frecuencia Referencial (Reference Frequency)

Una frecuencia referencial f_R y la PSD recibida deseada a esa frecuencia S_{f_R} son definidas. La PSD Upstream transmitida en la línea de longitud L_i será escalada por un factor constante, resultando así la PSD recibida (S_{f_R}) igual a un valor constante C , para todos los valores de longitud L_i , siendo $C = |H(f_R, L_R)|^2 \cdot S_{TX,0}(f_R)$. Luego, la PSD transmitida en la línea de longitud L_i , S_{TX} , es calculada de la siguiente manera:

$$S_{TX}(f, L_i) = \frac{|H(f_R, L_R)|^2}{|H(f_R, L_i)|^2} \cdot S_{TX,0}(f) \quad (1.12)$$

La PSD transmitida para cualquier modem estará limitada por la máscara $S_{TX,0}$, la cual es la PSD máxima permitida para cualquier transmisión. Para las líneas más cortas, la PSD transmitida será menor que la máscara PSD, y para las líneas más largas, la PSD estará limitada por la máscara:

$$S_{TX}(f, L_i) = \begin{cases} K \cdot S_{TX,0}(f) & ; \quad |H(f_R, L_i)|^2 > |H(f_R, L_R)|^2 \\ S_{TX,0}(f) & ; \quad \text{para otros valores} \end{cases}$$

$$K_f = \frac{|H(f_R, L_R)|^2}{|H(f_R, L_i)|^2} \quad (1.13; 1.14)$$

La ejecución esperada antes de las simulaciones es un mejoramiento en los lazos largos. Mientras mayor sea f_R , mayor será el mejoramiento, pero a cambio se tendrá un peor comportamiento en líneas cortas.

1.7.2 Método de Distancia Referencial (Reference Length)

Una longitud referencial L_R es definida. La $S(f)$ recibida tiene que ser igual a la PSD recibida en una línea de longitud L_R . La PSD transmitida en una línea de longitud L_i puede ser calculada de la siguiente manera:

$$S_{TX}(f, L_i) = \frac{|H(f, L_R)|^2}{|H(f, L_i)|^2} \cdot S_{TX,0}(f) \quad (1.15)$$

Para líneas con longitud $L < L_R$, el factor multiplicativo $|H(f, L_R)|^2 / |H(f, L)|^2$ es menor que 1. Otra vez, la PSD transmitida en líneas largas será limitada por la máscara $S_{TX,0}$:

$$S_{TX}(f, L_i) = \begin{cases} K_L \cdot S_{TX,0}(f) & ; \quad |H(f, L_i)|^2 > |H(f, L_R)|^2 \\ S_{TX,0}(f) & ; \quad \text{para otros valores} \end{cases}$$

$$K_L = \frac{|H(f, L_R)|^2}{|H(f, L_i)|^2} \quad (1.16; 1.17)$$

El comportamiento siguiente es esperado para este método: mientras más corta sea la longitud referencial L_R , habrá mejor ejecución en las líneas cortas, pero empeora las líneas largas. Entonces, L_R más cercana a la longitud de la línea más larga es la escogida.

1.7.3 Método de FEXT Ecuilizado (Equalized FEXT)

En este método las PSD US transmitidas son adecuadas en todas las líneas perturbadoras para generar un nivel de FEXT igual en cualquier otra línea: el FEXT generado por una línea de longitud L_i sobre una línea de longitud L_j es constante, para cualquier i y j . Por lo tanto, el propósito es ecualizar el FEXT causado por las líneas en lugar de la PSD recibida, como fue propuesto en los métodos anteriores.

Una longitud referencial L_R es definida. Las PSD US son fijadas a fin de conseguir que el FEXT en cualquier receptor sea similar al FEXT originado por una línea de longitud L_R . Asumiendo un modelo de FEXT conocido, la PSD transmitida en la línea de longitud L_i puede ser escrita como:

$$S_{TX}(f, L_i) = \frac{L_R |H(f, L_R)|^2}{L_i |H(f, L_i)|^2} \cdot S_{TX,0}(f) \quad (1.18)$$

Este método es similar al Método de Longitud Referencial, pero FEXT Ecuilizado permita obtener PSD mayores a menores frecuencias. Las líneas más cortas pueden

incrementar su PSD transmitida en un factor L_R/L_i , mejorando la ejecución en estos lazos:

$$S_{TX}(f, L_i) = \begin{cases} \frac{L_R}{L_i} \cdot K_E \cdot S_{TX,0}(f) & ; \quad L_i |H(f, L_i)|^2 > L_R |H(f, L_R)|^2 \\ S_{TX,0}(f) & ; \quad \text{para otros valores} \end{cases}$$

$$K_E = \frac{|H(f, L_R)|^2}{|H(f, L_i)|^2} \quad (1.19; 1.20)$$

Otra vez en las líneas largas la ejecución es mejor mientras más larga sea la longitud referencial considerada.

1.7.4 Método de Ruido Referencial (Reference Noise)

Es más genérico que el Método de FEXT Ecuilizado. La PSD US es reducida, por lo que el FEXT que va dentro de cada línea es igual a un perfil de ruido referencial dado $\eta(f)$. La PSD transmitida en una línea de longitud L_i puede ser calculada como:

$$S_{TX}(f, L_i) = \frac{\eta(f)}{k_{FEXT} \cdot f^2 \cdot L_i \cdot |H(f, L_i)|^2} \quad (1.21)$$

Obteniendo para todas las longitudes:

$$S_{TX}(f, L_i) = \begin{cases} K_N & ; \quad S_{TX}(f, L_i) < S_{TX,0}(f) \\ S_{TX,0}(f) & ; \quad \text{para otros valores} \end{cases}$$

$$K_N = \frac{\eta(f)}{k_{FEXT} \cdot f^2 \cdot L_i \cdot |H(f, L_i)|^2} \quad (1.22; 1.23)$$

Los mismos resultados son esperados con este método.

1.7.5 Método de Distancia Multi-Referencial (Multi-Reference Length)

Consiste en una modificación del método descrito anteriormente: Los lazos que se puedan catalogar como distancias grandes (long loop) sólo emplean las frecuencias más bajas de US, y debido a que las frecuencias de banda alta son demasiado atenuadas para soportar datos en las distancias largas, que son más susceptibles al efecto FEXT, se les puede permitir transmitir niveles mayores de PSD en dichas bandas para los lazos cortos, ya que esto no afectará las bandas de US de lazos de distancias grandes.

La distancia de referencia debe decrecer mientras incrementa la frecuencia, debería ser un valor grande a frecuencias bajas y un valor pequeño para frecuencias altas.

Krista S. Jacobsen [4]

1.7.6 PSD Referencial (Reference PSD)

El método de PSD Referencial es un método descrito en el estándar ITU-T G.993.2, también se encuentra en el ETSI TS 101 270-1 V1.4.1.

Se basa en el principio de recibir un valor esperado de PSD. Este valor de PSD de referencia, determinará el nivel máximo recibido en una función dependiente de la frecuencia. Así se tiene entonces:

$$P_{ref}(f) = \alpha + \beta\sqrt{f} \left[\frac{dBm}{Hz} \right] \quad (1.24)$$

De donde:

F viene dado en MHz y α y β son parámetros que son independientes a ser determinados para maximizar los resultados.

CAPITULO 2

CONSIDERACIONES ESPECIALES

2.1 Consideraciones del escenario

El estándar define ambientes de ruido a tomar de referencia, los cuales involucran tipo de tecnología y topología de la red.

Tabla 2.1 Modelos de Escenario de Ruido definidos por ETSI

Implementación	Modelo	Descripción
Armario (Cabinet) FTTCab	A	Escenario con tecnologías VDSL y ADSL completas; Mas de 10 pares de Cables
	B	Escenario con tecnologías DSL en versión ligera "lite"; Mas de 10 pares de Cables
	C	"Legacy" ISDN (HDB3) adicionadas al modelo A
Central (Exchange) FTTEx	D	Escenario de alta penetración; Mas de 100 pares de cables.
	E	Escenario de media penetración; Mas de 10 pares de cables.
	F	Legacy ISDN (HDB3) adicionadas al modelo E

Cada escenario de ruido es subdividido en dos partes, uno, para el cual el ruido es inyectado hacia el LT y otro hacia el cual el ruido es dirigido hacia NT, lado hacia el cual se encuentra el equipo bajo estudio.

Tabla 2.2 Modelos de Escenario de Alien Crosstalk definidos por ETSI

Perfiles AXtalk	PSD de Referencia (dBm/Hz, f in MHz)	
A y B	1U	-47,3 - 28,01√f
	2U	-54 - 19,22√f
C	1U	-47,3 - 21,14√f
	2U	-54 - 16,29√f
D	1U	-47,3 - 26,21√f
	2U	-54 - 17,36√f
E	1U	-47,3 - 27,27√f
	2U	-54 - 18,1√f
F	1U	-47,3 - 19,77√f
	2U	-54 - 15,77√f

2.2 Algoritmo de Nelder

El algoritmo de Nelder es una optimización que se realizó en base a la observancia de que el método de distancia de referencia y el método de potencia de referencia basan sus cálculos en base a valores dados por los coeficientes de la forma de la ecuación:

$$UPBOPSD(f) = -a - b\sqrt{f} \left[\frac{dBm}{Hz} \right] \quad (2.1)$$

De donde el método consiste en fijar un valor para el coeficiente a y así hallar valores para b para los cuales se encuentren valores máximos requeridos. El estándar de la ITU limita los valores de los coeficientes a y b como se indica a continuación:

$$40 \leq \mathbf{a} \leq 80.96 \quad (2.2)$$

$$0 \leq \mathbf{b} \leq 40.96 \quad (2.3)$$

Limitando así la amplia búsqueda de combinaciones de coeficientes que satisfagan la ecuación.

El método Nelder-Mead es un algoritmo de optimización ampliamente utilizado. Su nombre responde a observaciones y estudios realizados por Nelder y Mead en el año de 1965, y básicamente es un método numérico para minimizar una función objetiva.

El pseudocódigo del algoritmo se detalla a continuación:

- a) Seleccionar la Potencia de Referencia adecuada de modo que se logre la mejor estimación de la potencia de la formula 1.8
- b) Calcular el FEXT de acoplamiento para cada línea usando la ecuación 1.9
- c) Desde $i = 1$ hasta SB
- d) $\Phi_i = [\alpha_i, \beta_i]$ (Valores iniciales)
- e) Repetir
- f) $\Phi_i = \text{NelderMead}(@\text{RateCalcMin}, \Phi_i)$

- g) Hasta que las especificaciones precisadas se hayan completado
- h) Si la línea más larga no está utilizando la banda actual para la transmisión entonces
- i) Exclúyalo de la optimización y vuelva al paso 4
- j) Terminar Condicional
- k) Terminar Lazo
- l) Función $R_{min} = \text{RateCalcMin}(\Phi_i)$ para todas las líneas del sistema
- m) Calcular R_{min} entre todos los coeficientes obtenidos.

El método de Nelder-Mead es conocido como Simplex-Based. Define un área de búsqueda de un número de vértices inmediatamente superior al del espacio en el cual se define una función. Por ejemplo, para ajustar dos parámetros, el algoritmo construye un triángulo, en cuyos vértices se evalúa la función objetivo y según sus valores el poliedro se va moviendo y deformando para buscar el óptimo.

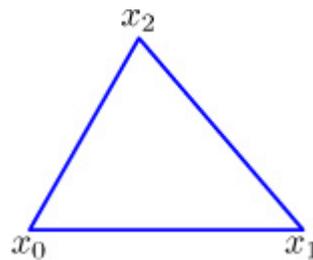


Figura 2.1 Triángulo de análisis definido por Nelder-Mead para Φ

Empezando desde los valores estimados $X_i(0)$, es llevado al punto de la superficie de Φ (función objetivo) en el espacio de los parámetros. Durante la búsqueda, Φ es evaluada en cada uno de los tres vértices, el triángulo es reflejado justamente al lado opuesto del

mayor valor de Φ . Si no hay una reducción en Φ después de la reflexión, entonces el Simplex se reduce de tamaño para permitir una localización más precisa del mínimo. Los pasos por los que suele atravesar una función hasta hallar sus valores ideales son:

Reflexión:

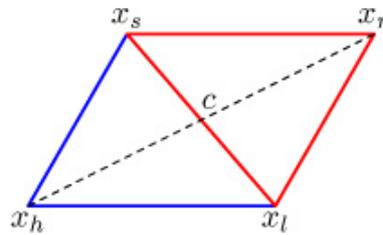


Figura 2.2 Reflexión del Simplex definido por Nelder-Mead para Φ

Expansión:

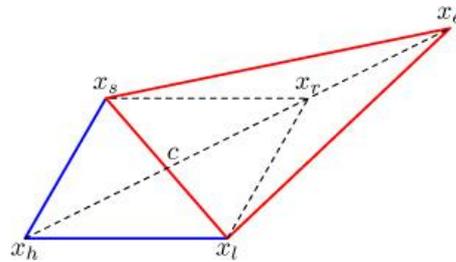


Figura 2.3 Expansión del Simplex definido por Nelder-Mead para Φ

Contracción:

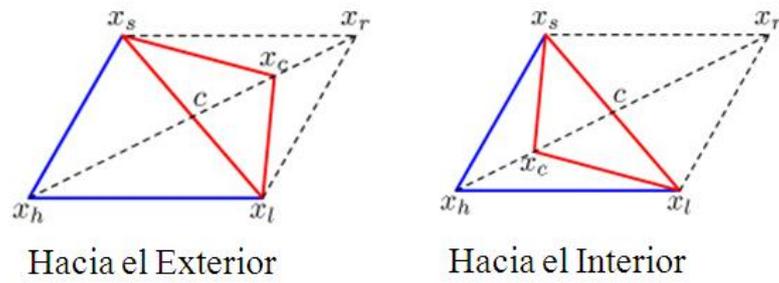


Figura 2.4 Contracción del Simplex definido por Nelder-Mead para Φ

Reducción:

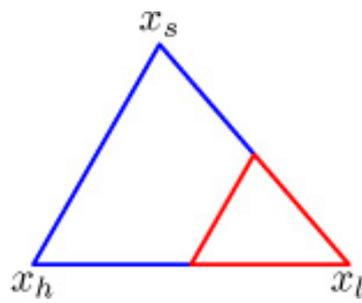


Figura 2.5 Reducción del Simplex definido por Nelder-Mead para Φ

CAPITULO 3

SIMULACION DE ESCENARIOS

Se plantean dos tipos de escenarios para realizar la comparación del desempeño de los sistemas en presencia de un método UPBO o en ausencia del mismo. Los escenarios elegidos para la simulación son:

3.1 Escenario 1: FTTE_x

El ambiente de simulación para el servicio VDSL se encuentra definido con los siguientes parámetros:

$$CO_{(e)} \rightarrow Node_{(c)} \left[\begin{array}{l} 2 \text{ VDSL} \end{array} \right.$$

$$CO_{(e)} \rightarrow NT_{(x)} \left[\begin{array}{l} 3 \text{ VDSL} \\ 5 \text{ ADSL} \\ 6 \text{ HDSL-2} \\ 1 \text{ HDSL-1} \\ 15 \text{ ISDN} \end{array} \right.$$

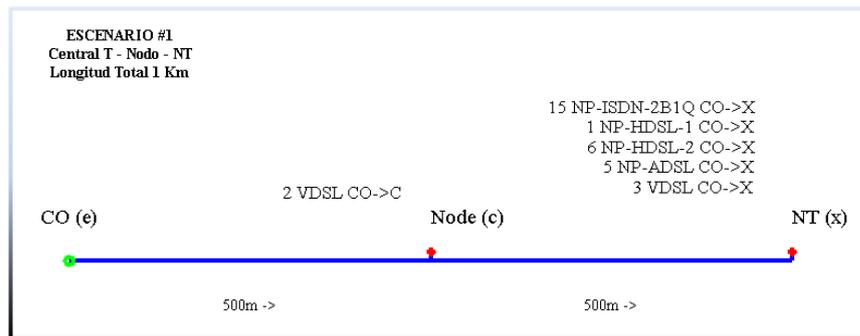


Figura 3.1 Representación del Escenario 1

El plan seleccionado para la simulación es el 998, con la siguiente máscara de potencia:

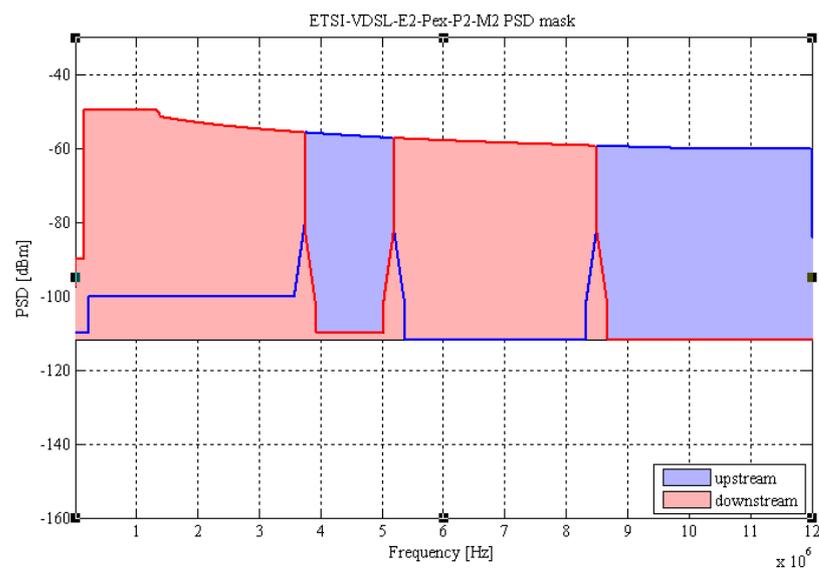


Figura 3.2 Máscara E2-Pex-P2-M2 utilizada para el Escenario 1

Adicionalmente, los parámetros con valores definidos por el estándar ETSI vienen dados de la siguiente forma:

Shannon gap=7.6dB

SNR ref=9.8dB,

xtalk_margin=6dB,

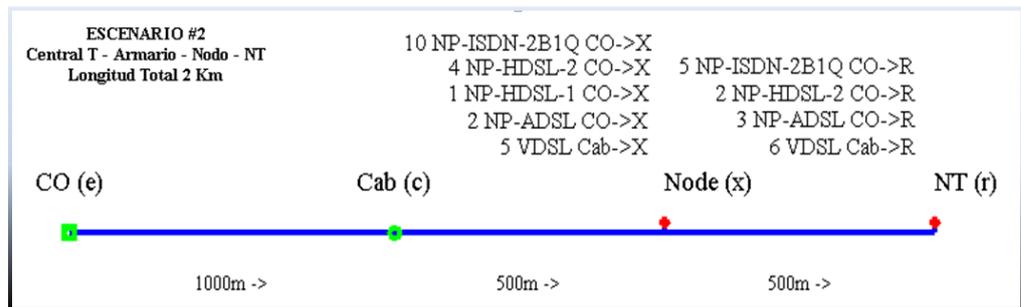


Figura 3.3 Representación del Escenario 2

La máscara de Potencia seleccionada es la siguiente:

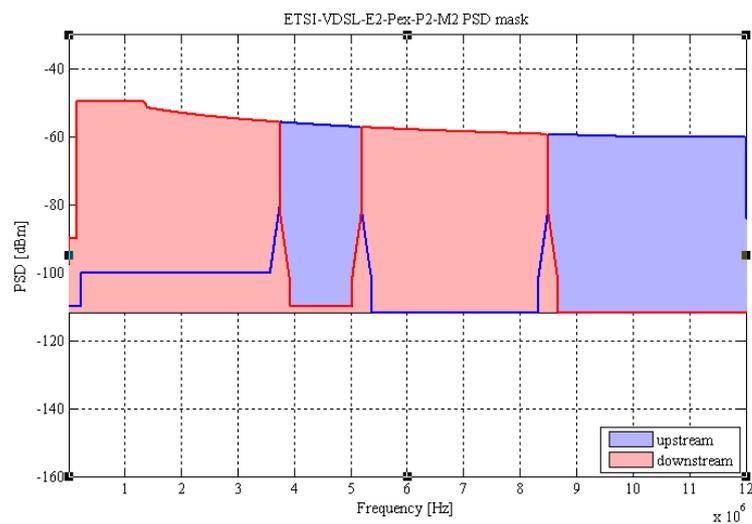


Figura 3.4 Máscara E2-Pex-P2-M2 utilizada para el Escenario 2

3.3 Simulaciones del Escenario 1

3.3.1 No UPBO

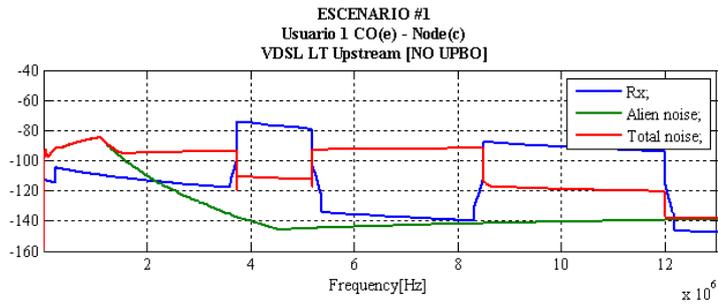


Figura 3.5 Simulación del Escenario 1, Usuario 1, sin UPBO

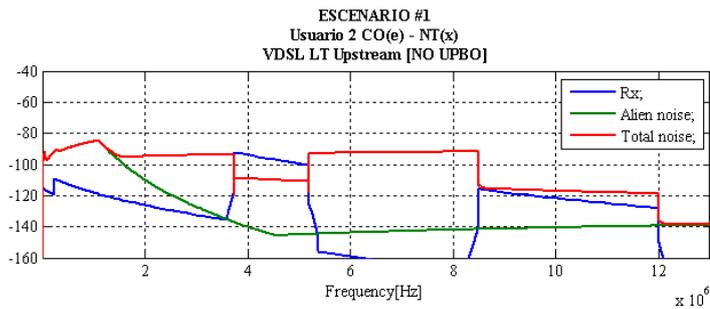


Figura 3.6 Simulación del Escenario 1, Usuario 2, sin UPBO

3.3.2 Frecuencia Referencial

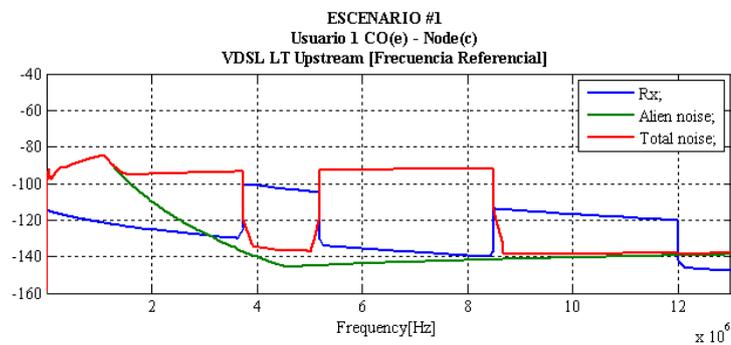


Figura 3.7 Simulación del Escenario 1, Usuario 1, con Frecuencia Referencial

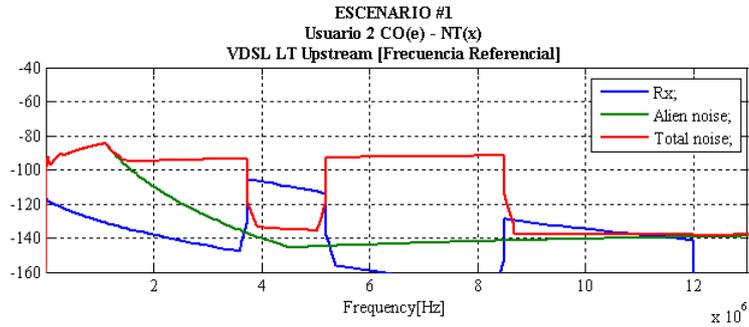


Figura 3.8 Simulación del Escenario 1, Usuario 2, con Frecuencia Referencial

3.3.3 Distancia Referencial

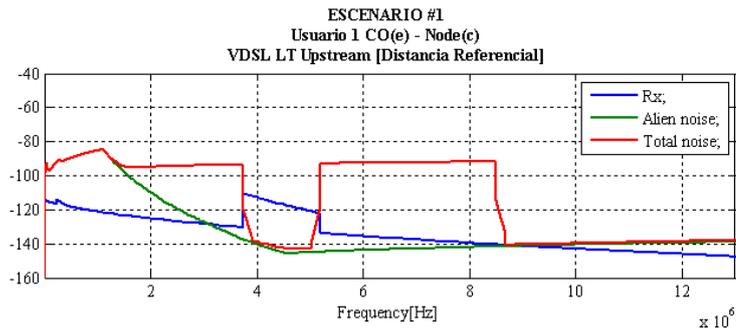


Figura 3.9 Simulación del Escenario 1, Usuario 1, con Distancia Referencial

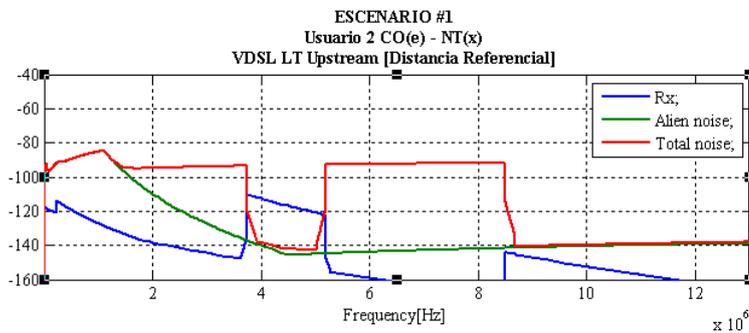


Figura 3.10 Simulación del Escenario 1, Usuario 2, con Distancia Referencial

3.3.4 FEXT Ecuado

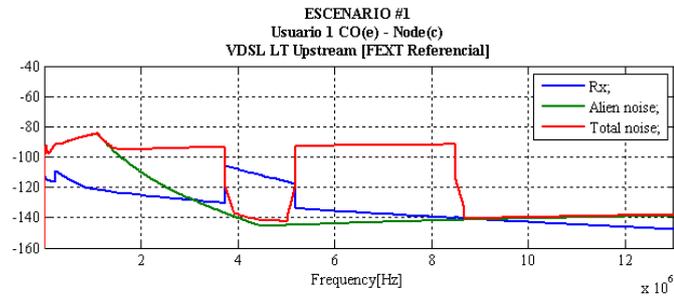


Figura 3.11 Simulación del Escenario 1, Usuario 1, con FEXT Ecuado

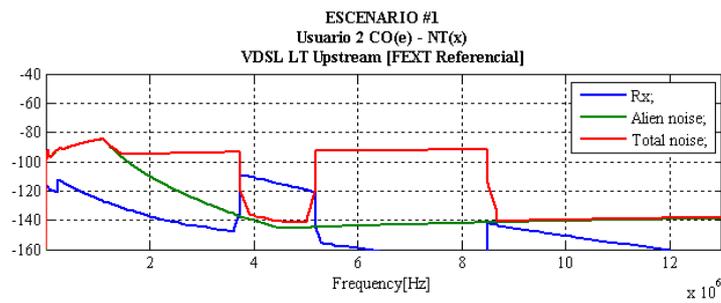


Figura 3.12 Simulación del Escenario 1, Usuario 2, con FEXT Ecuado

3.3.5 Ruido Referencial

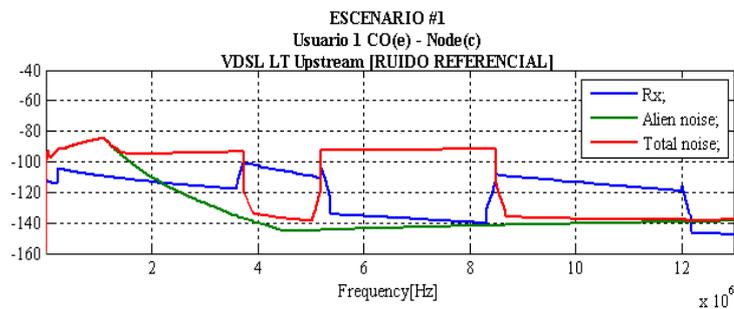


Figura 3.13 Simulación del Escenario 1, Usuario 1, con Ruido Referencial

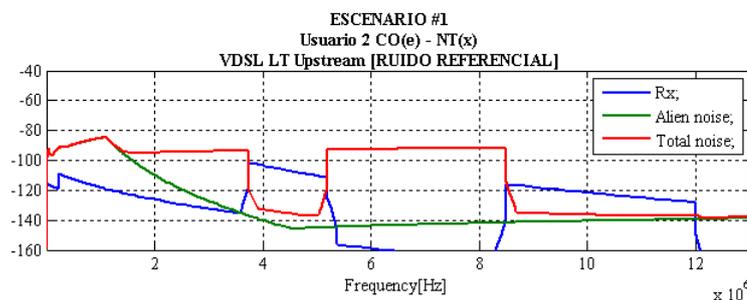


Figura 3.14 Simulación del Escenario 1, Usuario 2, con Ruido Referencial

3.3.6 Resultados obtenidos de la simulación del Escenario 1

Tabla 3.1 Resultados de la Simulación del Escenario 1

ESCENARIO # 1				
Método UPBO	USUARIO 1		USUARIO 2	
	UP (Mbps)	DS (Mbps)	UP (Mbps)	DS (Mbps)
NO UPBO	21.4156	35.7020	1.0563	30.2529
RUIDO REFERENCIAL	14.9145	35.7020	8.0221	30.2529
DISTANCIA REFERENCIAL	3.6259	35.7025	3.4531	30.2922
FRECUENCIA REFERENCIAL	14.0911	35.7025	4.2943	30.2922
FEXT DE REFERENCIA	5.0119	35.7025	3.7528	30.2922

De acuerdo a los resultados, dentro de los primeros 500m, se puede apreciar que con o sin método UPBO se mantienen valores constantes de tasa de transferencia de bits. Para los equipos de los usuarios ubicados en el extremo del cable a 1Km de distancia de la Central

Telefónica, sin implementación de un método UPBO la tasa máxima de transferencia de datos es de 1Mbps, lo cual es casi cuatro veces menor frente a los 3.5Mbps de tasa de transferencia que ofrece el método de Distancia referencial, que para este escenario, demostró el desempeño más bajo.

3.4 Simulaciones del Escenario 2

3.4.1 No UPBO

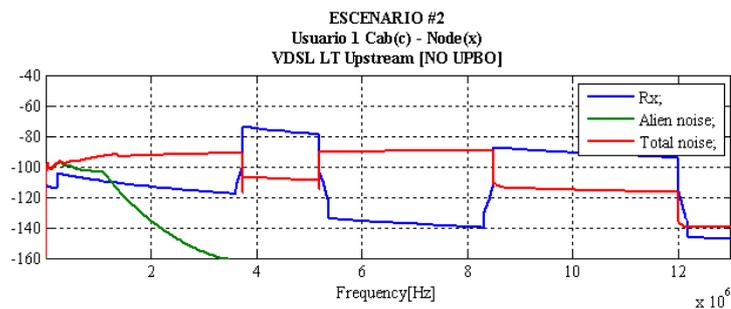


Figura 3.15 Simulación del Escenario 2, Usuario 1, sin UPBO

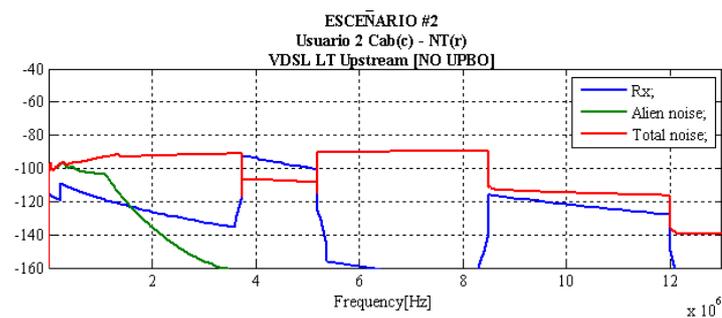


Figura 3.16 Simulación del Escenario 2, Usuario 2, sin UPBO

3.4.2 Frecuencia Referencial

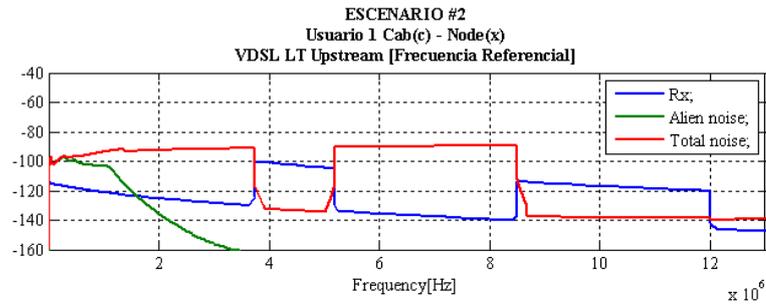


Figura 3.17 Simulación del Escenario 2, Usuario 1, con Frecuencia Referencial

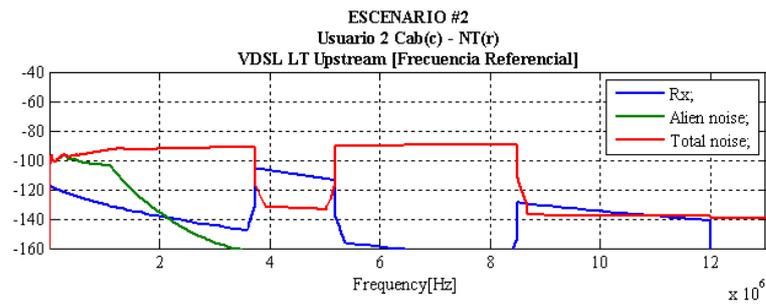


Figura 3.18 Simulación del Escenario 2, Usuario 2, con Frecuencia Referencial

3.4.3 Distancia Referencial

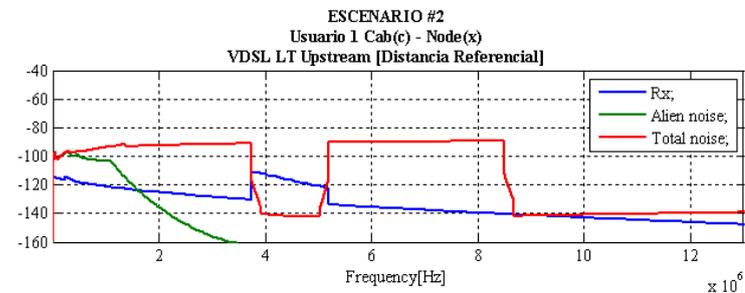


Figura 3.19 Simulación del Escenario 2, Usuario 1, con Distancia Referencial

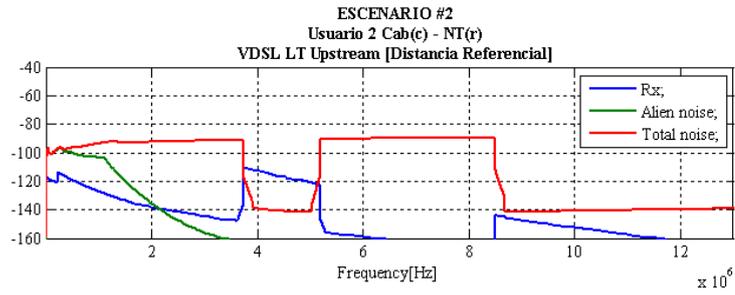


Figura 3.20 Simulación del Escenario 2, Usuario 2, con Distancia Referencial

3.4.4 FEXT Ecuado

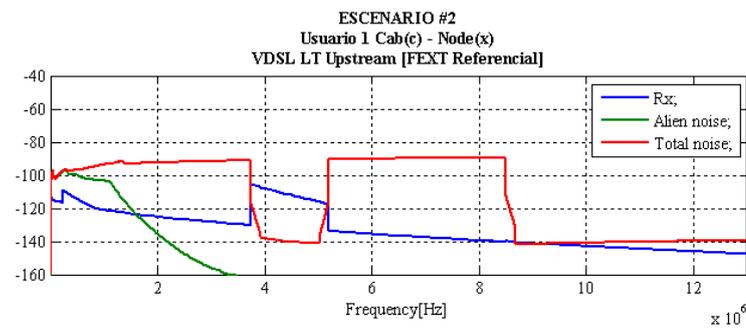


Figura 3.21 Simulación del Escenario 2, Usuario 1, con FEXT Ecuado

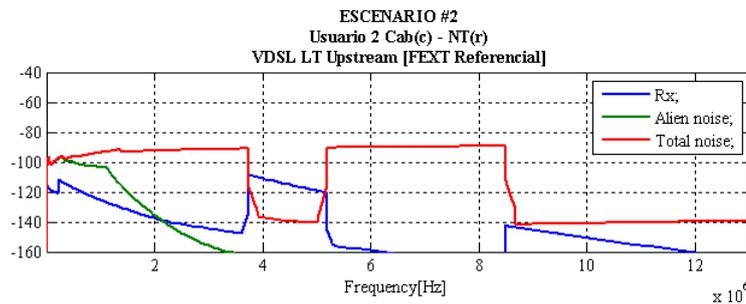


Figura 3.22 Simulación del Escenario 2, Usuario 2, con FEXT Ecuado

3.4.5 Ruido Referencial

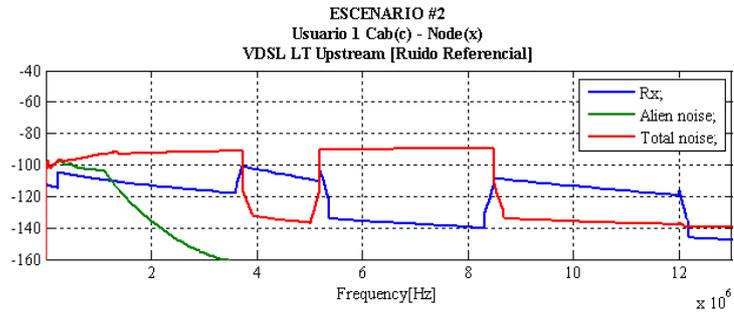


Figura 3.23 Simulación del Escenario 2, Usuario 1, con Ruido Referencial

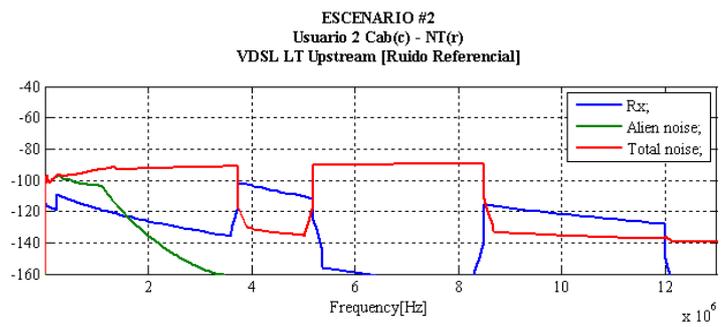


Figura 3.24 Simulación del Escenario 2, Usuario 2, con Ruido Referencial

3.4.6 Resultados obtenidos de la simulación del Escenario 2

Tabla 3.2 Resultados de la Simulación del Escenario 2

ESCENARIO # 2				
Método UPBO	USUARIO 1		USUARIO 2	
	UP (Mbps)	DS (Mbps)	UP (Mbps)	DS (Mbps)
NO UPBO	16.8032	33.7092	0.6882	29.6822
RUIDO REFERENCIAL	13.3664	33.7092	6.9649	29.6822
DISTANCIA REFERENCIAL	3.6209	33.7098	3.3492	29.7285
FRECUENCIA REFERENCIAL	12.8890	33.7098	3.6588	29.7285
FEXT DE REFERENCIA	4.776	33.7098	3.4940	29.7285

Para los usuarios de servicios VDSL ubicados dentro de los 1.5 Km, se puede observar que se mantienen valores de tasas de transferencias de bits, exceptuando los métodos de distancia referencial y FEXT de referencia, ya que estos arrojan valores de hasta 4 veces menores que el valor obtenido cuando no es aplicado ningún método UPBO.

Para los usuarios que se encuentran dentro del radio comprendido hasta los 2 Km, se observa la respuesta mediante la aplicación de un método de UPBO llegando en el

caso del método de Ruido Referencial a mejorar hasta 10 veces el desempeño de la red del escenario propuesto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Mediante la comparación simultánea de los resultados simulados, se puede apreciar una superioridad del Método de Ruido Referencial sobre los otros 3 métodos principales. Si analizamos matemáticamente podremos apreciar la razón de la mayor eficiencia de este método. Para este análisis, tomaremos en cuenta las expresiones que representen valores $S_{Tx}(f, l_i) \leq S_{Tx0}$ según se vió en el punto 1.7:

a) Ruido de Referencia VS Frecuencia Referencial

$$S_{Tx}(f, l_i) = \frac{\eta(f)}{K_{f_{ext}} \cdot f^2 \cdot L_i |H(f, L_i)|^2}; \quad S_{Tx}(f, l_i) = \frac{|H(f_R, L_R)|^2}{|H(f_R, L_i)|^2} \cdot S_{Tx,0}(f)$$

Si igualamos los coeficientes tendremos una expresión como la que sigue:

$$\frac{\eta(f)}{K_{f_{ext}} \cdot f^2 \cdot L_i |H(f, L_i)|^2} = \frac{|H(f_R, L_R)|^2}{|H(f_R, L_i)|^2} \cdot S_{Tx,0}(f)$$

De la cual, si podemos apreciar, el término del lado derecho de la ecuación se encuentra definido por un factor resultante de la división entre las funciones de transferencia del lazo tanto para el referencial, como para el lazo en estudio, todos fijos a una frecuencia referenciada previamente. Este factor escala de acuerdo a su magnitud al máximo valor de PSD admitido en el sistema.

b) Ruido de Referencia VS Distancia de Referencia

$$S_{Tx}(f, l_i) = \frac{\eta(f)}{K_{fext} \cdot f^2 \cdot L_i |H(f, L_i)|^2}; \quad S_{Tx}(f, l_i) = \frac{|H(f, L_R)|^2}{|H(f, L_i)|^2} \cdot S_{Tx,0}(f)$$

Si igualamos los coeficientes tendremos una expresión como la que sigue:

$$\frac{\eta(f)}{K_{fext} \cdot f^2 \cdot L_i |H(f, L_i)|^2} = \frac{|H(f, L_R)|^2}{|H(f, L_i)|^2} \cdot S_{Tx,0}(f)$$

$$\frac{\eta(f)}{K_{fext} \cdot f^2 \cdot L_i} = |H(f, L_R)|^2 \cdot S_{Tx,0}(f)$$

De la cual se puede apreciar que mientras el método de ruido referencial depende de variables como de un perfil de ruido, la frecuencia de US y la longitud del lazo en estudio, el método de Distancia Referencial solo depende de la función de transferencia del lazo previamente tomado como referencia, el mismo que disminuye en un factor preestablecido el valor de la PSD máxima admitida por el sistema.

c) Ruido de Referencia VS Fext Ecuilizado

$$\begin{aligned} S_{Tx}(f, l_i) &= \frac{\eta(f)}{K_{fext} \cdot f^2 \cdot L_i |H(f, L_i)|^2}; S_{Tx}(f, l_i) \\ &= \frac{L_R |H(f, L_R)|^2}{L_i |H(f, L_i)|^2} \cdot S_{Tx,0}(f) \end{aligned}$$

Si igualamos los coeficientes tendremos una expresión como la que sigue:

$$\frac{\eta(f)}{K_{fext} \cdot f^2 \cdot L_i |H(f, L_i)|^2} = \frac{L_R |H(f, L_R)|^2}{L_i |H(f, L_i)|^2}$$

$$\frac{\eta(f)}{K_{fext} \cdot f^2} = L_R |H(f, L_R)|^2 \cdot S_{Tx,0}(f)$$

Del cual podemos observar que el Ruido Referencial está conformado por un término más sencillo, sin embargo, posee más variables para ser evaluadas si es comparado contra el método de Ecuilización de Fext, ya que este último aún depende de la función de transferencia de un lazo previamente escogido como referencia, multiplicado por la longitud de la distancia de referencial, lo cual es un factor que es mucho menor que $S_{Tx,0}(f)$ ya que ésta es la PSD máxima soportada por el sistema.

Recomendaciones

1. Se ha mostrado el comportamiento de 2 escenarios frente a la presencia de un sistema que responde a los cambios de la red. Para líneas de distancia corta, se puede apreciar que el desempeño es similar entre los

sistemas que aplican algún método UPBO o ninguno, mientras que a distancias medias y largas, se observa que existe una mejora del sistema hasta en 10 veces del caso cuando no es aplicado ningún método UPBO. Esto quiere decir que los métodos UPBO son útiles en líneas de distancias medias a largas, dentro de un escenario de ruido controlado definido previamente.

2. VDSL2 no deja de representar una solución óptima para alcanzar un mercado de usuarios para los cuales no es opción el medio por el cual tendrían acceso a un servicio considerado como verdadera banda ancha, ya que las redes de CU, al ser las pioneras en cuanto a facilitar diversas tecnologías de acceso han demostrado ser un medio eficiente para alcanzar tasas de datos que hasta hace poco tiempo eran pensadas posibles exclusivamente para otros medios de transmisión.

ANEXOS

ANEXO A

CODIGO: main.m

El programa principal se encuentra ubicado en el directorio xDSLsimu3.1\src\examples\First. Los campos a modificar para los dos escenarios elegidos se encuentran especificados en las líneas 38 y 39. En la línea 38 se especifica el escenario elegido (FSAN escenario FTTEEx #2; FSAN escenario FTTCab #2) y en la línea 39 se detalla la plantilla de potencia adecuada para el escenario a simular. Ambas especificaciones obedecen a llamados de secuencias internas que se detallan a continuación del programa principal.

```
%%
=====
=====
% Copyright (C):
%   1998-2000 by Telia Research AB, Lulea, Sweden;
%   2000-2007 by Forschungszentrum Telekommunikation Wien, Austria;
%                                     All rights reserved.
%
% Description : Main simulation program, a first example
%
% File       : Main.m
% Project    : FTW's xDSLsimu
% Author(s)  : Tomas Nordstrom (Tomas.Nordstrom@FTW.at)
%             : Daniel Bengtsson (Daniel.J.Bengtsson@Telia.se)
%             : Bo Engstrom (bosse@upzide.com)
%
% CVS:      $Id: Main.m 685 2007-01-16 14:46:11Z tono $
%%
=====
=====

%%
=====
=====

% Change History
%   1998-11-12 (ToNo) Created
%   1998-11-13 (ToNo) Modified to the split of experiment setup
%   1998-12-08 (DaB) Updated
%   1998-12-21 (ToNo) Updated to get in sync with uiMain
%   1998-01-07 (ToNo) Removed modem under test
```

```

% 1998-01-14 (ToNo) Fixed spelling of FTTEEx (Thanks Gye Tae Kihl)
% 1998-01-14 (ToNo) Updated to get in sync with uiMain
% 1999-02-05 (DaB) Changed to fit new param structure
% 1999-02-25 (ToNo) Generlized list (tfplist) handling
% 1999-03-25 (ToNo) Restructured the source (moved into subdir xdslcomm)
% 2000-04-05 (UvAn) New return value from itu_tfplanHAM
% 2001-06-15 (Bosse) Octave port
% 2003-11-03 (ToNo) Lists now use cell arrays for both Octave and Matlab
% 2005-01-12 (ToDo) Updated with new masks and VDSL definitions
% 2006-04-12 (ToDo) Updated name to NC-ADSL for modemlist
%%

```

```

=====
=====

```

```

global ex;

```

```

scenario='FSAN escenario FTTCab #2';          % Escenario a Evaluar proviene de
fsan_loopsVDSL que se encuentra en xdsldef
gui.vdslDuplex = 'ETSI-VDSL-E2-Pex-P2-M2';  % ETSI VDSL con perfil 998

```

```

% Set up default experiment structures

```

```

ex.param = setupParam;          % Parameters
[ex.tfplist, ex.param.HAMBandName] = ...
    itu_tfplanHAM([]);          % Need a HAM band definition
ex.tfplist = fsan_modelsMISC(ex.tfplist); % Get plans for alien noise
ex.clist = etsi_cablesVDSL([]); % Get ETSI (and ANSI) cables;
ex.lclist = setupLClist;        % Line code definition (theoretical)
ex.lclist = etsi_lcdefsADSL(ex.lclist); % Line code definitions (ADSL)
ex.lclist = etsi_lcdefsVDSL(ex.lclist); % Line code definitions (VDSL)
ex.tfplist = etsi_masksVDSL(ex.tfplist); % Get ETSI VDSL masks
ex.tfplist = etsi_tfplansVDSL(ex.tfplist); % Get plan ETSI E1 (997)
gui.ttlist = fsan_loopsVDSL(gui.ttlist); % Some FSAN Topologies
ex.tt = getList(gui.ttlist,scenario); % Get our example scenario

```

```

% Test both ADSL and VDSL

```

```

ex.param.modemlist=str2mat('VDSL','NP-ADSL');
xDSL=getList(ex.param.xDSLlist,'VDSL');
xDSL.used=gui.vdslDuplex;
ex.param.xDSLlist=setList(ex.param.xDSLlist,xDSL.name,xDSL);
xDSL.name='NP-ADSL';
xDSL.used='NP-ADSL';
ex.param.xDSLlist=insertList(ex.param.xDSLlist,xDSL);

```

```

% Show traffic and topology structure

```

```

figure(1);
plotTTstructure(ex.tt);

```

```

% Show PSD masks for VDSL modem

```

```

tfplan = getList(ex.tfplist,gui.vdslDuplex);

```

```

figure(2);
gui.fax.min=1e3; gui.fax.max=12e6;
plotTFplan(tfplan,'Lin',gui.fax);

drawnow; % Show it now

% Evaluate this experiment
result = evalExperiment;

% Show the result from the experiment
format compact
[bitrate_LT, bitrate_NT]=calcXDSLresult(ex,result);
disp('LT Rates')
disp(bitrate_LT)
disp('NT Rates')
disp(bitrate_NT)
disp('Ratio')
disp(bitrate_NT./bitrate_LT)

% Plot the result from experiment
for current=1:length(result),
    figure;

    % Plot the LT side
    subplot(211)
    x=result{current};
    tmp_str=sprintf('Simulation Result, Modem %d (%s-%s)\n',...
        current,...
        ex.tt.topology{x.Modem.LT_Node}{3},...
        ex.tt.topology{x.Modem.NT_Node}{3});
    plotResult(ex,result,current,'LT',[],[],tmp_str);

    % Plot the NT side
    subplot(212)
    tmp_str=sprintf('%s-%s\n',...
        ex.tt.topology{x.Modem.LT_Node}{3},...
        ex.tt.topology{x.Modem.NT_Node}{3});
    plotResult(ex,result,current,'NT',[],[],tmp_str);
end

```

CODIGO: fsan_loopsVDSL.m

Los diferentes Escenarios disponibles para la simulación se eligen mediante las opciones disponibles desplegadas en la función fsan_loopsVDSL que se encuentra en el directorio xDSLsimu3.1\src\xdsldefs, que define una lista de 14 escenarios disponibles para la simulación:

FSAN Vendor scenario ETSI
FSAN Vendor scenario ANSI
FSAN PBO scenario
FSAN scenario FTTEEx #1
FSAN scenario FTTCab #1
FSAN scenario FTTEEx #2
FSAN scenario FTTCab #2
FSAN scenario FTTEEx #3
FSAN scenario FTTCab #3
FSAN scenario FTTEEx #4
FSAN scenario FTTCab #4
FSAN scenario FTTEEx #5
FSAN scenario FTTCab #5
FSAN scenario FTTCab #6

De los cuales, se especifica que los escenarios FTTEEx#2 y FTTCab#2

```
function ttlist = fsan_loopsVDSL(ttlist)
```

```
%%
```

```
=====
```

```
=====
```

```
%fsan_loopsVDSL - Sets up the experiment description structure for  
% a certain FSAN duplex experiment.
```

```
%
```

```
% Parameter:  ttlist      Structure describing the traffic and topology
```

```
% Returns:   ttlist      Structure describing the traffic and topology
```

```

%
% Example(s):
% gui.ttlist = fsan_loopsVDSL([]);
% tt=getList(gui.ttlist,'FSAN Vendor scenario ETSI'); Sets up tt to test
% the FSAN Vendor scenario ETSI.
% gui.ttlist = fsan_loopsVDSL(gui.ttlist); Add to an existing ttlist
% Algorithmic details:
% Reference:
%   FSAN Noise model notebook, (J. Cook. c25.nb)
%%
=====
=====

%%
=====
=====

% Copyright (C):
%   1998-1999 by Telia Research AB, Lulea, Sweden;
%   2000-2007 by Forschungszentrum Telekommunikation Wien, Austria;
%                                     All rights reserved.
% Project      : FTW's xDSLsimu
% Author(s)    : Tomas Nordstrom (Tomas.Nordstrom@FTW.at)
%              : Daniel Bengtsson (Daniel.J.Bengtsson@Telia.se)
%              : Bo Engstrom (bosse@upzide.com)
% CVS:        $Id: fsan_loopsVDSL.m 685 2007-01-16 14:46:11Z tono $
%%
=====
=====

% Change History
%   1998-10-19 (ToNo) Created
%   1998-11-13 (ToNo) Splitted setup into three parts param,tfplan,tt
%   1998-11-26 (ToNo) Entered cable length in the cable description field
%   1999-01-07 (DaB) Added more scenarios
%   1999-01-09 (DaB) Changed DTAG05 to DTAG04
%   1999-02-05 (DaB) Changed cable type to ETSI and removed operator names
%   1999-02-26 (ToNo) Changed scenarios into a list of scenarios
%   1999-10-25 (ToNo) Reorganized things into etsi,ansi,itu,fsan definitions
%   2001-06-14 (Bosse) Octave port
%   2003-11-03 (ToNo) Lists now use cell arrays for both Octave and Matlab
%%
=====
=====

%%
=====
=====

% Scenario definitions: Topology and traffic pattern
%

```

```

% Topology consists of structs as:
% (implicit node_number) { length cable_type 'node_name' 'link_name' }
%
% Traffic consists of structs as:
% { from_node to_node 'tfplan_name' number_of_gui.modems }
%
% The duplex method given as a parameter to the experiment will replace 'VDSL' below

tt.name= 'FSAN Vendor scenario ETSI';           % ===== FSAN Vendor scenario ETSI
tt.topology={{0,"CO"},...
             {300,'ETSI','NT1','300m ->'},...
             {300,'ETSI','NT2','300m ->'},...
             {300,'ETSI','NT3','300m ->'},...
             {300,'ETSI','NT4','300m ->'},...
             {300,'ETSI','NT5','300m ->'}};
tt.traffic={{1,2,'VDSL',5},...
            {1,3,'VDSL',5},...
            {1,4,'VDSL',5},...
            {1,5,'VDSL',5},...
            {1,6,'VDSL',5}};
ttlist=insertList(ttlist,tt);

tt.name= 'FSAN Vendor scenario ANSI';           % ===== FSAN Vendor scenario ANSI
tt.topology={{0,"CO"},...
             {300,'ANSI','NT1','300m ->'},...
             {300,'ANSI','NT2','300m ->'},...
             {300,'ANSI','NT3','300m ->'},...
             {300,'ANSI','NT4','300m ->'},...
             {300,'ANSI','NT5','300m ->'}};
tt.traffic={{1,2,'VDSL',5},...
            {1,3,'VDSL',5},...
            {1,4,'VDSL',5},...
            {1,5,'VDSL',5},...
            {1,6,'VDSL',5}};
ttlist=insertList(ttlist,tt);

tt.name= 'FSAN PBO scenario';                   % ===== FSAN PBO scenario
tt.topology={{0,"CO"},...
             {150,'ETSI','NT1','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT2','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT3','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT4','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT5','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT6','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT7','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT8','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT9','150m ->'},...
             {150,'ETSI','NT10','150m ->'}};

```

```

tt.traffic={ {1,2,'VDSL',2},...
             {1,3,'VDSL',2},...
             {1,4,'VDSL',2},...
             {1,5,'VDSL',2},...
             {1,6,'VDSL',2},...
             {1,7,'VDSL',2},...
             {1,8,'VDSL',2},...
             {1,9,'VDSL',2},...
             {1,10,'VDSL',2},...
             {1,11,'VDSL',2} };
ttlist=insertList(ttlist,tt);

```

```

tt.name= 'FSAN scenario FTTEEx #1';
tt.topology={ {0,"','CO (e)',"},...
              {100,'ETSI','Node (c)','100m ->'},...
              {400,'ETSI','NT (x)','400m ->'} };

```

```

tt.traffic={ {1,3,'VDSL',6},...
             {1,2,'VDSL',5},...
             {1,3,'NP-ADSL',6},...
             {1,2,'NP-ADSL',4},...
             {1,3,'NP-HDSL-2',2},...
             {1,2,'NP-HDSL-2',2},...
             {1,3,'NP-ISDN-4B3T',12},...
             {1,2,'NP-ISDN-4B3T',8},...
             {1,3,'NP-ISDN-PRI',1},...
             {1,2,'NP-ISDN-PRI',1} };

```

```

ttlist=insertList(ttlist,tt);

```

```

tt.name= 'FSAN scenario FTTCab #1';
tt.topology={ {0,"','CO (e)',"},...
              {1200,'ETSI','Cab (c)','1200m ->'},...
              {200,'ETSI','Node (x)','200m ->'},...
              {300,'ETSI','NT (r)','300m ->'} };

```

```

tt.traffic={ {2,4,'VDSL',6},...
             {2,3,'VDSL',5},...
             {1,4,'NP-ADSL',6},...
             {1,3,'NP-ADSL',4},...
             {1,4,'NP-HDSL-2',2},...
             {1,3,'NP-HDSL-2',2},...
             {1,4,'NP-ISDN-4B3T',12},...
             {1,3,'NP-ISDN-4B3T',8},...
             {1,4,'NP-ISDN-PRI',1},...
             {1,3,'NP-ISDN-PRI',1} };

```

```

ttlist=insertList(ttlist,tt);

```

```

tt.name= 'FSAN scenario FTTEEx #2';      % Escenario escogido para ambiente de simulación
#1
tt.topology={ {0,"','CO (e)',"},...

```

```

        {500,'ETSI','Node (c)','500m ->'},...
        {500,'ETSI','NT (x)','500m ->'} };
tt.traffic={ {1,3,'VDSL',3},...
             {1,2,'VDSL',2},...
             {1,3,'NP-ADSL',5},...
             {1,3,'NP-HDSL-2',6},...
             {1,3,'NP-HDSL-1',1},...
             {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',15} };
ttlist=insertList(ttlist,tt);

tt.name= 'FSAN escenario FTTCab #2';           % Escenario escogido para ambiente de
simulación #2
tt.topology={ {0, "','CO (e)','"},...
              {1000, 'ETSI','Cab (c)','1000m ->'},...
              {500, 'ETSI','Node (x)','500m ->'},...
              {500, 'ETSI','NT (r)','500m ->'} };
tt.traffic={ {2,4,'VDSL',6},...
             {2,3,'VDSL',5},...
             {1,4,'NP-ADSL',3},...
             {1,3,'NP-ADSL',2},...
             {1,3,'NP-HDSL-1',1},...
             {1,4,'NP-HDSL-2',2},...
             {1,3,'NP-HDSL-2',4},...
             {1,4,'NP-ISDN-2B1Q',5},...
             {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',10} };
ttlist=insertList(ttlist,tt);

tt.name= 'FSAN escenario FTTEEx #3';
tt.topology={ {0, "','CO (e)','"},...
              {500, 'ETSI','Cab (c)','500m ->'},...
              {580, 'ETSI','Node (x)','580m ->'},...
              {400, 'ETSI','NT (r)','400m ->'} };
tt.traffic={ {1,2,'VDSL',5},...
             {1,4,'NP-ADSL',4},...
             {1,3,'NP-ADSL',3},...
             {1,2,'NP-ADSL',3},...
             {1,2,'NP-HDSL-2',2},...
             {1,2,'NP-HDSL-3',3},...
             {1,2,'NP-ISDN-2B1Q',6},...
             {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',7},...
             {1,4,'NP-ISDN-2B1Q',7} };
ttlist=insertList(ttlist,tt);

tt.name= 'FSAN escenario FTTCab #3';
tt.topology={ {0, "','CO (e)','"},...
              {3900, 'ETSI','Cab (c)','3900m ->'},...
              {580, 'ETSI','Node (x)','580m ->'},...
              {400, 'ETSI','NT (r)','400m ->'} };

```

```
tt.traffic={ {2,4,'VDSL',4},...
             {2,3,'VDSL',2},...
             {1,4,'NP-ADSL',4},...
             {1,3,'NP-ADSL',3},...
             {1,2,'NP-ADSL',3},...
             {1,2,'NP-HDSL-2',2},...
             {1,2,'NP-HDSL-3',3},...
             {1,2,'NP-ISDN-2B1Q',6},...
             {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',7},...
             {1,4,'NP-ISDN-2B1Q',7}};
```

```
ttlist=insertList(ttlist,tt);
```

```
tt.name= 'FSAN scenario FTTEx #4';
```

```
tt.topology={ {0, ",'CO',"},...
              {500, 'ETSI','Cab','500m ->'},...
              {300, 'ETSI','Node','300m ->'},...
              {700, 'ETSI','NT','700m ->'}};
```

```
tt.traffic={ {2,4,'VDSL',3},...
             {2,3,'VDSL',2},...
             {2,4,'NP-ADSL',4},...
             {2,4,'NP-HDSL-2',2},...
             {2,3,'NP-HDSL-2',3},...
             {2,4,'NP-ISDN-2B1Q',7},...
             {2,3,'NP-ISDN-2B1Q',8}};
```

```
ttlist=insertList(ttlist,tt);
```

```
tt.name= 'FSAN scenario FTTCab #4';
```

```
tt.topology={ {0, ",'Cab (c)',"},...
              {300, 'ETSI','Node (x)','300m ->'},...
              {700, 'ETSI','NT (r)','700m ->'}};
```

```
tt.traffic={ {1,3,'VDSL',8},...
             {1,2,'VDSL',12},...
             {1,3,'NP-ADSL',5},...
             {1,3,'NP-HDSL-2',4},...
             {1,2,'NP-HDSL-2',6},...
             {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',7},...
             {1,2,'NP-ISDN-2B1Q',8}};
```

```
ttlist=insertList(ttlist,tt);
```

```
tt.name= 'FSAN scenario FTTEx #5';
```

```
tt.topology={ {0, ",'CO (e)',"},...
              {500, 'ETSI', 'Cab (c)', '500m ->'},...
              {500, 'ETSI', 'NT (x)', '500m ->'},...
              {500, 'ETSI', 'NT (r)', '500m ->'}};
```

```
tt.traffic={ {1,2,'VDSL',2},...
             {1,3,'VDSL',2},...
             {1,4,'VDSL',1},...
             {1,4,'NP-ADSL',5},...
```

```

    {1,4,'NP-ISDN-2B1Q',5},...
    {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',10},...
    {1,4,'NP-HDSL-2',2},...
    {1,3,'NP-HDSL-2',4},...
    {1,3,'NP-HDSL-1',1}};
ttlist=insertList(ttlist,tt);

tt.name= 'FSAN scenario FTTCab #5';
tt.topology={{0, ",'CO (e)',"},...
    {1200, 'DTAG04', 'Cab (c)', '1200m ->'},...
    {200, 'DTAG04', 'NT (x)', '200m ->'},...
    {300, 'DTAG04', 'NT (r)', '300m ->'}};
tt.traffic={{2,4,'VDSL',6},...
    {2,3,'VDSL',5},...
    {1,4,'NP-ADSL',6},...
    {1,3,'NP-ADSL',4},...
    {1,4,'NP-ISDN-2B1Q',12},...
    {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',8},...
    {1,4,'NP-HDSL-2',2},...
    {1,3,'NP-HDSL-2',2}};
ttlist=insertList(ttlist,tt);

tt.name= 'FSAN scenario FTTCab #6';
tt.topology={{0, ",'CO (e)',"},...
    {3000, 'ETSI', 'Cab (c)', '3000m ->'},...
    {500, 'ETSI', 'Node (x)', '500m ->'},...
    {500, 'ETSI', 'NT (r)', '500m ->'}};
tt.traffic={{2,4,'VDSL',11},...
    {2,3,'VDSL',10},...
    {1,4,'NP-ADSL',3},...
    {1,3,'NP-ADSL',2},...
    {1,3,'NP-HDSL-2',8},...
    {1,4,'NP-HDSL-2',8},...
    {1,3,'NP-ISDN-2B1Q',3},...
    {1,4,'NP-ISDN-2B1Q',2}};
ttlist=insertList(ttlist,tt);

```

Código: etsi_tfplansVDSL.m

El programa realiza un llamado a la función etsi_tfplansVDSL que se encuentra en el directorio xDSLsimu3.1\src\xdsldefs, en la cual se detalla en la línea 64 del código el método de análisis UPBO, y en la línea 109 se define la plantilla seleccionada para los ambientes de simulación:

```
function tfplist = etsi_tfplansVDSL(tfplist)
%%
=====
=====
% etsi_tfplansVDSL(tfplist) - Sets up tfplans for some VDSL systems
%                               used for ETSI SpM
%
% Parameter:  tfplist    Structure describing the time and freq plan
% Returns:   tfplist    Structure describing the time and freq plan
%
% Example(s):
% ex.tfplist = etsi_tfplansVDSL(ex.tfplist);  Add to existing tfplist
% tfplan=getList(ex.tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E1-Pex-P2-M2');
%
% References:
% ETSI TM6 034w08
% ETSI TM6 m01p20a5 and m01p21a7 spm2_LL
% ETSI STC TM6 TM6(98)10 rev. 5
%
% Note that according to ETSI TM6 013w07 the UPBO parameters are
% equal for both 997 and 998
%
% ETSI TR 101 830-2, Spectral management on metallic access
% networks; Part 2: Technical methods and performance
% evaluations, m01p20a5
%%
=====
=====

%%
=====
=====

% Copyright (C):
% 2003-2007 by Forschungszentrum Telekommunikation Wien, Austria;
%                               All rights reserved.
% Project      : FTW's xDSLsimu
```

```

% Author(s)   : Tomas Nordstrom (Tomas.Nordstrom@FTW.at)
%
% CVS:       $Id: etsi_tfplansVDSL.m,v 1.2 2005/01/04 10:25:12 tono Exp $
% %
=====
=====
% Change History
%   2003-11-28 (ToNo) Created
%   2003-12-01 (ToNo) Now based on theoretical calculations (not DMT)
%   2005-03-29 (ToNo) Updated UPBO band representation
% %
=====
=====

target.ds=6.4;
target.us=6.4;

gbsize = 250e3; % Define guardband size
gb2 = gbsize/2;

bandplan = [138 3000 5100 7050 12000]*1e3;
E1bpds = [bandplan(1) bandplan(2)-gb2 bandplan(3)+gb2 bandplan(4)-gb2 ];
E1bpus = [bandplan(2)+gb2 bandplan(3)-gb2 bandplan(4)+gb2 bandplan(5)];
E1U0bpus = [30e3 138e3 E1bpus];

bandplan = [138 3750 5200 8500 12000]*1e3;
E2bpds = [bandplan(1) bandplan(2)-gb2 bandplan(3)+gb2 bandplan(4)-gb2 ];
E2bpus = [bandplan(2)+gb2 bandplan(3)-gb2 bandplan(4)+gb2 bandplan(5)];
E2U0bpus = [30e3 138e3 E2bpus];

% %
=====
=====
% Use a template, as order is important!

def_tfplan          = templateTFP;
def_tfplan.PSD.active.upstream = [30e3 12e6];
def_tfplan.PSD.active.downstream = [138e3 12e6];
% Select upstream power back-off method
def_tfplan.PSD.UPBO.method = 'RefFEXT'; % Tipo de Analisis UPBO para
ambiente de simulación
def_tfplan.PSD.UPBO.param.refa = [-47.3 -54]; % RefRef noise E
def_tfplan.PSD.UPBO.param.refb = [-27.27 -18.1];
def_tfplan.PSD.HAM.active = 0;
def_tfplan.timeDivision.up = 1;
def_tfplan.timeDivision.down = 1;
def_tfplan.timeDivision.sync = 1;
def_tfplan.fixBitrate.name = 'RBL';

```

```

def_tfplan.fixBitrate.active = 0;
def_tfplan.fixBitrate.param.target_us = target.us;
def_tfplan.fixBitrate.param.target_ds = target.ds;
def_tfplan.lcname = 'ETSI-VDSL-theo';

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%
tmp_tfplan=def_tfplan;
tmp_tfplan.name='ETSI-VDSL-E1-Pex-P2-M2';
masktf = getList(tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E1-Pex-P2-M2');
tmp_tfplan.PSD.downstream = masktf.PSD.downstream;
tmp_tfplan.PSD.upstream = masktf.PSD.upstream;
tmp_tfplan.PSD.UPBO.band = [3000 5100; 7050 12000]*1e3;
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskds = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1bpds));
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskus = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1bpus));
tmp_tfplan.lcname='ETSI-VDSL-theo';
tfplist=insertList(tfplist,tmp_tfplan);

%
tmp_tfplan=def_tfplan;
tmp_tfplan.name='ETSI-VDSL-E2-Pex-P1-M1';
masktf = getList(tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E2-Pex-P1-M1');
tmp_tfplan.PSD.downstream = masktf.PSD.downstream;
tmp_tfplan.PSD.upstream = masktf.PSD.upstream;
tmp_tfplan.PSD.UPBO.band = [3750 5200; 8500 12000]*1e3;
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskds = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E2bpds));
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskus = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E2bpus));
tmp_tfplan.lcname='ETSI-VDSL-theo';
tfplist=insertList(tfplist,tmp_tfplan);

%
tmp_tfplan=def_tfplan;
tmp_tfplan.name='ETSI-VDSL-E2-Pex-P2-M2'; % Tipo de Máscara seleccionada
para ambos ambientes de simulación.
masktf = getList(tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E2-Pex-P2-M2');
tmp_tfplan.PSD.downstream = masktf.PSD.downstream;
tmp_tfplan.PSD.upstream = masktf.PSD.upstream;
tmp_tfplan.PSD.UPBO.band = [3750 5200; 8500 12000]*1e3;
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskds = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E2bpds));
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskus = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E2bpus));

```

```

tmp_tfplan.lcname='ETSI-VDSL-theo';
tfplist=insertList(tfplist,tmp_tfplan);

% -----
% With US0

% Note that no UPBO is done in the first (US0) upstream band

% For MPM
tmp_tfplan=def_tfplan;
tmp_tfplan.name='ETSI-VDSL-E1U0-Pex-P2-M1';
masktf = getList(tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E1U0-Pex-P2-M1');
tmp_tfplan.PSD.downstream = masktf.PSD.downstream;
tmp_tfplan.PSD.upstream = masktf.PSD.upstream;
tmp_tfplan.PSD.UPBO.band = [3000 5100; 7050 12000]*1e3;
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskds = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1bpds));
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskus = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1U0bpus));
tmp_tfplan.lcname='ETSI-VDSL-theo';
tfplist=insertList(tfplist,tmp_tfplan);

%
tmp_tfplan=def_tfplan;
tmp_tfplan.name='ETSI-VDSL-E1U0-Pex-P2-M2';
masktf = getList(tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E1U0-Pex-P2-M2');
tmp_tfplan.PSD.downstream = masktf.PSD.downstream;
tmp_tfplan.PSD.upstream = masktf.PSD.upstream;
tmp_tfplan.PSD.UPBO.band = [3000 5100; 7050 12000]*1e3;
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskds = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1bpds));
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskus = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1U0bpus));
tmp_tfplan.lcname='ETSI-VDSL-theo';
tfplist=insertList(tfplist,tmp_tfplan);

% With Noise D
tmp_tfplan=def_tfplan;
tmp_tfplan.name='ETSI-VDSL-E1U0-Pex-P2-M2-D';
masktf = getList(tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E1U0-Pex-P2-M2');
tmp_tfplan.PSD.downstream = masktf.PSD.downstream;
tmp_tfplan.PSD.upstream = masktf.PSD.upstream;
tmp_tfplan.PSD.UPBO.param.refa = [-47.3 -54]; % RefRef noise D
tmp_tfplan.PSD.UPBO.param.refb = [-26.21 -17.36];
tmp_tfplan.PSD.UPBO.band = [3000 5100; 7050 12000]*1e3;
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskds = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1bpds));
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskus = ...

```

```

    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E1U0bps));
tmp_tfplan.lcname='ETSI-VDSL-theo';
tfplist=insertList(tfplist,tmp_tfplan);

%
tmp_tfplan=def_tfplan;
tmp_tfplan.name='ETSI-VDSL-E2U0-Pex-P2-M2';
masktf = getList(tfplist,'ETSI-VDSL-Template-E2-Pex-P2-M2');
tmp_tfplan.PSD.downstream = masktf.PSD.downstream;
tmp_tfplan.PSD.upstream = masktf.PSD.upstream;
tmp_tfplan.PSD.UPBO.band = [3750 5200; 8500 12000]*1e3;
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskds = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E2bps));
tmp_tfplan.PSD.active.actmaskus = ...
    sprintf('activeVDSLf(f,[%s])',num2str(E2U0bps));
tmp_tfplan.lcname='ETSI-VDSL-theo';
tfplist=insertList(tfplist,tmp_tfplan);

```

CODIGO: getUPBOMethods.m

Los diferentes métodos de análisis UPBO se encuentran detallados en la función `getUPBOMethods`, que se encuentra dentro del directorio `xDSLsimu3.1\src\xdslcomm`:

```
function methods = getUPBOMethods()
%%
=====
=====
% getUPBOMethods - Gets all available PBO methods for an XDSLsimu experiment.
%
% Returns:    methods Structure describing the PBO selectable from GUI
%
% Example(s):
%   scen = getUPBOMethods; returns an array of strings containing available
%   scenario names
%
% Algorithmic details:
%
% Reference:
%   FTW's xDSLsimu manual
%%
=====
=====

%%
=====
=====

% Copyright (C):
%   1999 by Telia Research AB, Lulea, Sweden;
%   2000-2007 by Forschungszentrum Telekommunikation Wien, Austria;
%
%                               All rights reserved.
% Project      : FTW's xDSLsimu
% Author(s)   : Tomas Nordstrom (Tomas.Nordstrom@FTW.at)
%              : Daniel Bengtsson (Daniel.J.Bengtsson@Telia.se)
%
% CVS:       $Id: getUPBOMethods.m 685 2007-01-16 14:46:11Z tono $
%%
=====
=====

% Change History
%   1998-12-16 (ToNo) Created
%   1999-03-11 (DaB) Added new PBO methods
```

```
% 2003-01-02 (ToNo) Added Reference PBO method
% 2005-03-29 (ToNo) Renamed it to getUPBOmethods
%%
```

```
=====
=====
```

```
% This list was generated by running the following (on unix):
% sed s/%.*// evalPBO.m | grep case | perl "-F" -nae 'print "\",@F[1],"\", ...", "\n";'
% Note that one need to remove the last "," from the result
```

```
methods = str2mat( ...
'None', ...
'RefRef', ...
'RefLen', ...
'RefFEXT', ...
'RefNoise', ...
'RefFreq' ...
);
```

```
% 'RefLenM', ...
% 'RefFreqM', ...
```

Entre los métodos se pueden escoger las opciones que se detallan:

None: Ningún método UPBO aplicado

RefRef: Potencia de referencia

RefLen: Distancia de referencia

RefFEXT: FEXT de referencia

RefNoise: Ruido de referencia

RefFreq: Frecuencia de referencia

BIBLIOGRAFÍA

1. CÓRDOVA, H.; VAN DER VEEN, T.; VAN BIESEN, L.; What is needed to deploy VDSL2 systems: Practical Considerations and Performance Evaluation; Revista "Jornadas de Sistemas de Telecomunicaciones"; 2007
2. KRISTA S. JACOBSEN; Methods of Upstream Power Backoff on Very High-Speed Digital Subscriber Lines; IEEE Communications; 2001
3. SIGURD SCHELSTRAETE; Defining Upstream Power Backoff for VDSL; IEEE Communications; 2002
4. NORDSTRÖM, T.; STATOVCI, D.; On the Optimization of the Upstream Power Back-Off Parameters; ETSI STC TM6; 2008
5. ITU-T G.993.2; Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2) Amendment; ITU; 2008
6. ETSI TS 101 270-1 V1.4.1; Technical Specification Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL) Part 1: Functional requirements; ETSI; 2005

7. CÓRDOVA, H.; VAN DER VEEN, T.; VAN BIESEN, L.; Performance Analysis and Evaluation of VDSL2 Systems: Band-Plan Study; IEEE Communication; 2007
8. OKSMAN, V., STATOVCI, D.; NORDSTRÖM, T.; NILSSON, R.; Revised Upstream Power Back-Off for VDSL; Forschungszentrum Telekommunikation Wien FTW; 2007
9. STATOVCI, D.; NORDSTRÖM, T.; Performance Evaluation of the Cable Bundle; Forschungszentrum Telekommunikation Wien FTW; 2007
10. SINGER, S.; NELDER, J.; Nelder-Mead Algorithm; http://www.scholarpedia.org/article/Nelder-Mead_algorithm; 2009
11. ERNELLI, M.; Loop Qualification for VDSL2 Master's Degree Project Stockholm; KTH Electrical Engineering; 2008
12. VAN DEN BRINK, R.; VDSL2 Spectra; http://joepeesoft.com/Public/DSL_Corner/DSL_Spectra_VDSL2.html; 2009
13. GOLDEN, P.; DEDIEU, H.; JACOBSEN, K.; Fundamentals of DSL Technology; Auerbach Publications; 2006

14.OKSMAN, V.; Standard VDSL Technology Overview of European (ETSI), North American (T1E1.4) and International (ITU-T) VDSL standard development; 2001