



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGÓN**

**“MANTENIMIENTO AL PAR DE COBRE CON  
TECNOLOGIA HDSL”**

**TESIS**

**Que para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Eléctrico**

**Presenta  
Arturo De Anda Rocha**

**Asesor de tesis: Ing. Raúl Barrón Vera**

**México, D. F. 2005**

**m.340197**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Quiero agradecer:

A mis padres y mi hermano, por su cariño y gracias a que me han apoyado en todo momento.

A **Matty**, por su amor, paciencia y porque siempre estuvo conmigo apoyándome durante toda la carrera, dándome consejos y siendo un ejemplo a seguir.

A mi Abuela y a toda mi familia, que siempre me veían y me preguntaban "todo el tiempo estas estudiando"

A todos mis amigos, mis cuates cercanos, de la escuela y compañeros de trabajo, ya que de todos ellos he aprendido algo.

A todos mis Profesores, por ser un instrumento para lograr este y otros objetivos. A mi asesor de tesis, a Benito y a Peter que me apoyaron en la tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón.

Especialmente a Dios que siempre estará apoyándome en todo.

Mantenimiento al par de cobre con tecnología "HDSL"  
(High-bit-rate Digital Subscriber Line)

<b>Introducción</b> .....	I
<b>Capítulo 1.- Antecedentes y Conceptos Básicos</b> .....	1
1.1 Transmisión analógico digital.....	1
1.2 Banda ancha.....	8
1.3 Redes Telefónicas Conmutadas.....	11
1.4 Multiplexación y Troncales.....	14
1.5 Red Digital de Servicios Integrados.....	17
1.6 Bucles locales Analógicos.....	19
1.6.1 Carga y Atenuación.....	21
1.6.2 Características del Bucle Analógico.....	23
1.6.3 Configuración CSA.....	24
1.7 La calidad de transmisión en el par de cobre.....	24
1.8 Conmutación de paquetes y conmutación de circuitos.....	25
<b>Capítulo 2.- La familia xDSL</b> .....	29
2.1 Mantenimiento al par de cobre.....	29
2.2 Descripción de la familia XDSL.....	31
2.3 Características de la familia XDSL.....	33
HDSL / HDSL2, DSL de Alta Velocidad.....	33
SDSL, HDSL Simétrico.....	33
ADSL , DSL Asimétrica.....	33
RADSL, DSL Adaptable.....	34
CDSL, DSL de Consumidor.....	34
IDSL, DSL de RDSI.....	34
VDSL, DSL de Alta Velocidad.....	34
2.4 HDSL como un enlace E1 sin repetidores.....	34
2.5 Código de línea 2B1Q y RDSI.....	37
2.6 HDSL de par único: SDSL.....	39
2.7 Ventajas de XDSL.....	39

**Capitulo 3.- “HDSL” DSL de alta velocidad ..... 41**

3.1 Inconvenientes de los enlaces “T1 / E1” .....	42
3.2 La creación de HDSL.....	43
3.3 Descripción de la tecnología HDSL en un enlace E1.....	44
3.4 La trama HDSL para un enlace E1.....	44
3.5 Los beneficios de HDSL.....	49
3.6 Las aplicaciones de HDSL.....	50
3.7 HDSL para la RDSI.....	51
3.8 Las limitaciones de HDSL.....	52
3.9 La utilización de HDSL y HDSL2 en el mundo.....	53
3.10 EVALUACIÓN DE HDSL.....	54

**Capitulo 4.- Utilizando el equipo de prueba “WATSON II” ..... 55**

4.1 Características del equipo “WATSON II”.....	55
4.1.1. Introducción a la familia WATSON.....	56
4.2 Descripción de la LTU.....	58
4.3 El bastidor.....	60
4.4 Las repisas.....	62
4.4.1 Repisa SZ 379 V3 con ACU.....	63
4.4.2 Repisa SZ 379 V2.....	64
4.4.3 Funcionamiento de la PCU-A o ACU.....	65
4.5 Descripción de la NTU L/R.....	67
4.6 Configuración del equipo.....	69
4.6.1 Configuración del equipo.....	69
4.6.2 Configuración de modos de operación .....	70
4.6.3 Configuración LTU - NTU.....	71
4.6.4 Configuración NTU - NTU.....	71
4.6.5 Configuración LTU y NTU con Interfaz E1 / PRA.....	71

4.7 La gestión del equipo "WATSON II" .....	72
4.7.1 Menú Principal .....	73
4.7.2 Gestión de prestaciones Comando "G826" .....	74
4.7.3 Gestión de fallos y mantenimiento .....	76
4.7.3.1 Comando "SQ" .....	76
4.7.3.2 Comando "Startup" .....	77
4.7.3.3 Comando "Alarm" .....	79
4.8 Gestión de Configuración .....	81
4.8.1 Gestión de Configuración interfaz E1 .....	82
<b>Anexo A</b> .....	<b>83</b>
<b>Anexo B</b> .....	<b>84</b>
<b>Anexo C</b> .....	<b>91</b>
Conclusión .....	92
Bibliografía .....	95

## **INTRODUCCION.**

Cuando se habla de mantenimiento, se piensa en reparar algún equipo o renovar alguna estructura (como pintar la casa), el concepto se utiliza para definir que se quiere mantener algún objeto en buen estado. Utilizando una definición que se obtuvo de un simple diccionario, es la siguiente: Mantenimiento.- tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición específica.

Aplicando el concepto en algo más robusto, como lo es la infraestructura de redes de par de cobre, se piensa que el tema se refiere a como renovarlo, hacerlo más resistente, mejorando sus características físicas. Esto es lo que buscamos, mejorarlo, sin embargo, será en su interior, no en el exterior, aprovechando las características del par trenzado de cobre, lo cual se comentará en los capítulos de la tesis, enfocándonos en la tecnología HDSL para lograrlo, a través de la transmisión de información sobre el mismo.

La presente tesis describe la tecnología High-bit-rate Digital Subscriber Line (**HDSL**) conocido como DSL de alta velocidad, o bien, Línea Digital de Abonado de Alta Velocidad, pertenece a la familia XDSL (variedad de tecnologías DSL), la cual es utilizada para enlaces digitales a alta velocidad, utilizando los pares de cobre (par trenzado o el cableado mutipar) que se encuentra en la red de acceso y en muchas infraestructuras telefónicas. Con HDSL se puede transportar datos a una velocidad de 2 Mbits por segundo sobre dos pares de cobre.

Un enlace HDSL se instala normalmente entre un punto central ( una oficina central o concentradores de sitios de usuario), también es posible instalar enlaces

entre dos puntos centrales o entre dos sitios de usuario, de acuerdo a sus necesidades.

HDSL tiene por objetivo enlazar usuarios digitalmente utilizando pares de cobre, con una calidad comparable con la de la fibra óptica la cual no será analizada por no ser tema de la presente tesis. Esto es importante cuando se cuenta con infraestructuras hechas con par de cobre, en la actualidad pensar en crear una infraestructura con fibra óptica, implica un costo muy elevado, por la instalación, adquisición de equipos, así como el mantenimiento del equipo y de la misma fibra, que no siempre se puede cubrir fácilmente, por lo que no es totalmente rentable.

La solución es la que se presenta con las tecnologías XDSL, en este tema en especial, esta enfocado a HDLS uno de los principales tipos de la tecnología XDSL, como se mencionó al principio, donde esta tecnología alcanza velocidades de 2.048 Mbps y en otros casos 1.544 Mbps, iguales a los enlaces E1 y T1 respectivamente, con la ventaja de que se aprovecha el par de cobre existente en una infraestructura.

Para comprender mejor a la tecnología XDSL y las diferentes tecnologías de comunicaciones actuales, se presenta en el primer capítulo, los antecedentes, los conceptos básicos donde se muestra la evolución de las comunicaciones y de donde surgió la tecnología HDSL aprovechando el par trenzado de cobre, por lo que se entiende que este mantenimiento, se realiza por medio del equipo con mejoras en el código de línea y la decodificación del mismo.

En el primer capítulo se definen los conceptos y las diferencias entre datos, señales y transmisiones digitales y analógicas, donde se explica el porque se utilizan velocidades como lo es 64 Kbps, 128 Kbps, 2048 Kbps, entre otras, el

concepto de Banda Ancha y Ancho de Banda, que aunque suenan muy similar, pero no son exactamente lo mismo, se explica brevemente su relación con la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), se hace referencia a la diferencia entre conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, importante cuando se transmite voz o envían datos.

El capítulo uno de manera muy general mencionan las primeras infraestructuras con par de cobre, como son las Redes Telefónicas Conmutadas, así mismo se describe la digitalización de la infraestructura, las troncales y bucles locales analógicos. Se explica como afectan las diferentes interferencias que reciben el par de cobre, limitando la distancia entre la central y el usuario.

El contenido del capítulo uno, puede ser aplicado directamente a la tecnología HDSL, a la familia XDSL y a las diferentes tecnologías de comunicaciones que actualmente existen, porque son conceptos generales para las comunicaciones, telecomunicaciones y telefonía.

En el capítulo dos se describen la familia XDSL, que como ya se explico es de donde proviene HDSL y se muestran su relaciones para ser de la misma familia, así como, sus diferencias por lo cuales son únicas y en que casos son aplicados o mejor aprovechados según la necesidad de los usuarios.

Se explica su evolución con respecto a RDSI DSL, la diferencia entre simétrica y asimétrica, que es una de varias características que las hace diferentes entre sí, se explica la definición de los integrantes más importantes de la familia XDSL como son: HDSL, ADSL, RADSL, SDSL, IDSL, VDSL, MDSL, CDSL.

Se compara la diferencia de HDSL con un enlace E1 sin repetidores, se define el código de línea 2B1Q utilizado en la tecnología XDSL, HDSL y RDSI, se analizan las ventajas de XDSL.

En el capítulo tres se explica la teoría de la tecnología HDSL, donde se enfoca al enlace E1 (utilizado en casi todo el mundo, incluyendo México) y se habla un poco del enlace T1 (principalmente utilizado en Estados Unidos), sin embargo, lo incluiremos en algunos casos porque también es utilizado por la tecnología HDSL. Los enlaces E1 y T1 son los principales enlaces utilizados en las telecomunicaciones y telefonía por medio del cable coaxial para su transmisión, pero aquí explicaremos como puede ser utilizado el par trenzado de cobre por medio de la tecnología HDSL.

Se describe el surgimiento y utilización de la tecnología HDSL, la tecnología RDSI ya utilizaba el enlace E1 y la tecnología DSL, sin embargo, la evolución de la misma, creó a la tecnología HDSL, para ser utilizada a través del par trenzado de cobre, donde aquí se explica como fue logrado, por medio de la trama, la cabecera de HDSL y la palabra de sincronía, para poder transmitir la información.

Se mencionan los beneficios que se obtienen con HDSL en las aplicaciones y la utilidad que tiene para diferentes usuarios canalizando su mejor aprovechamiento, porque una de sus características es que HDSL es una tecnología simétrica, entre otras, describiendo sus ventajas y posibles desventajas que pudiera presentar.

Se observan ventajas comparadas contra la fibra óptica, que son muy representativas, donde en el capítulo tres se entiende el concepto de mantenimiento al par de cobre con tecnología HDSL, ya que en la actualidad, con los avances tecnológicos, se puede tener el error de pensar que el par de cobre es

## INTRODUCCIÓN

obsoleto, por la fibra óptica esta de moda, por lo que demostraremos lo contrario, simplemente con los beneficios de la tecnología HDSL y dándole vida al par de cobre muchos años más.

En el capítulo tres se muestran las ventajas del par de cobre, entre las cuales se encuentran: facilidad para la instalación y el mantenimiento del mismo, ya que es muy sencilla, ahorrando tiempo, horas hombre y por tanto dinero; comparándolo con la fibra óptica, el par de cobre es más manejable, flexible y menos delicado, ya que la fibra óptica tiende a trozarse con gran facilidad cuando no se cumplen ciertas normas; el par de cobre es más fácil de arreglar y de mantener, sin aparatos costosos y complicados para su reparación (necesita especialista); para el par de cobre no se requiere personal tan especializado, siendo mucho mas barato la mano de obra; se puede aprovechar la infraestructura ya instalada para una mayor comodidad; la instalación del equipo HDSL del usuario es todavía mucho mas fácil.

En el capítulo cuatro se describen las características del equipo de pruebas, el equipo utilizado es el Watson dos, existen diferentes marcas y modelos de equipos HDSL, por lo que para este capítulo solo describiré las características propias de este equipo.

En el inicio del capítulo cuatro se reforzará lo visto en los anteriores, enfocándose a las características propias del equipo Watson 2, donde las diferencias se muestran durante el capítulo al describir los componentes que contiene, el programa que se utiliza, los comandos más importantes, las aplicaciones de administración o gestión, así como las alarmas, configuraciones y operaciones.

Se describe el equipo que proporciona el servicio a los usuarios, llamado LTU, que es la unidad de terminal de línea, es muy importante, porque permite tener controlado como y donde va colocados los equipos, es decir las repisas, mencionando las utilizadas y que contiene la consola de alarmas llamada ACU o la consola de mantenimiento MCU, así como, las conexiones que deben tener de acuerdo a los conectores RJ45, correspondientes al par trenzado de cobre.

En el capítulo cuatro se describe ya el equipo utilizado por la tecnología HDSL, después de enfocarse al par trenzado de cobre, describiendo la unidad de terminal de red que va del lado del usuario, conocida como la NTU, se indica su funcionamiento y sus características principales, utilizado de forma local o remota.

Se muestra las diferentes configuraciones que puede tener el equipo, de acuerdo a las facilidades que se quieran obtener, al modo de operación, si quiere utilizar una NTU y otra NTU, sin tener que depender de una LTU como central.

Para su mejor funcionamiento este tipo de equipos utilizan un sistema de administración o gestión para obtener el control requerido, para validar que la configuración solicitada, así como, el monitoreo correspondiente sea proporcionado, logrando el funcionamiento esperado, por lo que en el capítulo cuatro se explica los comandos principales utilizados para este fin y propios del equipo Watson 2.

El principal objetivo de la presente tesis es demostrar que el par de cobre se seguirá manteniendo como hasta ahora lo ha hecho.

# Capítulo 1

## ANTECEDENTES Y CONCEPTOS BÁSICOS.

### 1.1 TRANSMISIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL

Es uno de los temas principales en las telecomunicaciones, la distinción entre analógico y digital, es la base de muchos conceptos. Cuando existe una conversación y dos personas hablan, sus voces son señales analógicas que su contenido es información analógica. Cuando un usuario emplea un módem para conectar un PC a un proveedor de servicio de Internet (ISP), la conexión utiliza señales analógicas para transportar información digital. Se observan dos aspectos en estas conversaciones: la propia señal y la información contenida. La información contenida "*es lo que está siendo transportado*", y la señal "*es el cómo está siendo transportado*". Ambas pueden ser analógicas o digitales. Expresándolo de una forma mas clara, la información transportada a través de una red puede ser analógica o digital, y la señal subyacente en la propia red puede ser de igual modo analógica o digital.

Para adquirir una terminología consistente, consideramos la información contenida. No habrá de preocuparnos como atraviesa la red, sólo nos fijaremos en la información que es enviada o recibida. Esta información puede ser de naturaleza analógica o digital.

1. Los datos analógicos toman valores continuos. Se pueden representar por una señal electromagnética con el mismo espectro que los datos.
2. Los datos digitales toman valores discretos. Se suelen representar por una serie de pulsos de tensión que representan los valores binarios de la señal.
3. Una señal analógica es una señal continua que se propaga por ciertos medios.
4. Una señal digital es una serie de pulsos que se transmiten a través de un cable ya que son pulsos eléctricos.
5. La transmisión analógica es una forma de transmitir señales analógicas (que pueden contener datos analógicos o datos digitales).

El problema de la transmisión analógica es que la señal se debilita con la distancia, por lo que hay que utilizar amplificadores de señal cada cierta distancia.

6. La transmisión digital tiene el problema de que la señal se atenua y distorsiona con la distancia, por lo que cada cierta distancia hay que introducir repetidores de señal.

Si es analógica, la información puede tomar cualquier valor entre unos máximos y mínimos determinados. No existe ningún valor prohibido "siempre que esté entre el máximo y el mínimo"; cualquier valor es tan bueno como cualquier otro. Si el valor de la información fuese representado en un gráfico a lo largo del tiempo, el resultado sería una simple línea continua sin saltos ni discontinuidades. Algunos ejemplos de contenidos de información de naturaleza analógica serían la temperatura, la presión del aire, el peso y la mayoría de las medidas físicas comunes. La temperatura no puede subir de 50 a 70 grados sin pasar antes por todos los valores intermedios. Ocurre lo mismo cuando el peso de una persona se incrementa de los 100 a los 110 kg. Lo importante es que la voz humana es de naturaleza analógica, el habla humana puede describirse por un número de variables tales como la amplitud (potencia de la señal) y frecuencia, las cuales son variables analógicas que varían continuamente en el tiempo entre un valor máximo y un valor mínimo.

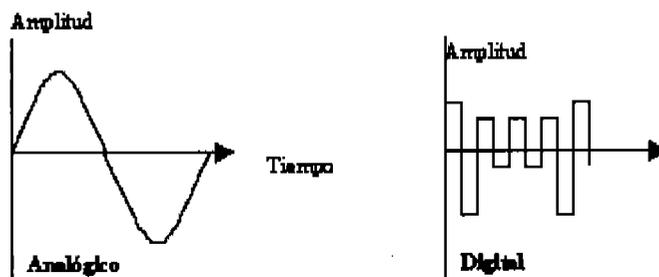
En la **Figura 1.1** muestra como se puede representar la amplitud de una variable analógica en el tiempo, dando como resultado una curva suave.

Por supuesto, la información contenida no tiene por qué ser analógica, podría ser digital. Una variable se considera digital si puede tomar un número limitado de valores. Puede existir el mismo concepto de máximos y mínimos, pero estos límites son sólo los de los valores permitidos.

Cualquier otro valor fuera de este conjunto de valores está estrictamente prohibido o representa algún tipo de error. El ejemplo más simple de información digital es el propio conjunto de los números. Así, los enteros 1, 2, 3, etc. representan los únicos valores que un entero puede tomar. Los dígitos binarios, o bits, pueden tomar sólo dos valores, 0 o 1. Esto es lo que les hace ser binarios. Un gráfico de información digital mostraría discontinuidades, como pasar del 1 al 2 sin preocuparse de los valores intermedios como 1.5. Los ordenadores modernos son el primer ejemplo de dispositivos que generan y consumen información digital.

En la **Figura 1.1** muestra la amplitud de una variable digital a lo largo del tiempo. *El resultado es una gráfica con discontinuidades.* De hecho, la única razón por la que se incluyen las líneas verticales entre los distintos niveles de la señal es porque el ojo humano lo interpreta mejor. Técnicamente, no hay saltos entre un

valor y otro. En un momento el valor es "X" y en otro el valor es "Y", sin valores intermedios entre "X" e "Y". Como se puede suponer, esto es complicado de realizar en el mundo real porque el fenómeno eléctrico "la electricidad es lo más usado para representar información a través de una red no puede saltar instantáneamente de unos valores a otros. Los valores digitales no tienen por qué ser necesariamente binarios, pueden ser más de dos valores. En la **Figura 1.1** se muestran al menos seis valores.



**Figura 1.1 Señal Analógica y Digital.**

La representación eléctrica de la información que circula por una red nos trae el siguiente aspecto a tratar del mundo analógico/digital de las telecomunicaciones. Está claro que la información enviada y recibida a través de una red puede ser analógica (voz, por ejemplo) o digital (un fichero de PC, por ejemplo). Para transportar esa información, se debe utilizar algún método de *señalización* en la red.

Si la señal actual generada por un emisor y recibida por un receptor puede tomar cualquier valor dentro de un determinado rango, la señal es analógica. Se debe apuntar que la señal es analógica independientemente de si la información enviada es analógica o digital. Mandar información analógica a través de una red analógica se convierte en un proceso casi trivial, especialmente cuando hablamos de voz sin más. Todo lo que se debe hacer es convertir las ondas de presión que produce la voz en pulsos de electricidad usando un simple transductor. El proceso es inverso en el otro extremo, naturalmente.

La señalización subyacente puede ser también de naturaleza digital. En este caso, como antes, se puede transportar por la red información analógica o digital. El proceso para enviar información digital sobre señales digitales es relativamente simple, pero el proceso de conversión de información analógica a señalización digital no lo es. Hay que remarcar que la información analógica puede tomar cualquier valor dentro de un rango, pero las variables digitales sólo pueden tomar un número limitado de valores. Entonces, ¿cómo se pueden convertir unas en otras? Dicho de otra manera, si la información analógica puede tomar cualquier valor entre 1 y 2, incluyendo el 1.5, ¿cómo se puede representar este último en una

señal digital que sólo permite los valores 1 y 2? Obviamente, no pueden asociarse valores analógicos a valores digitales uno a uno.

El problema tiene una respuesta, pero no es una respuesta que deje satisfecho a todo el mundo. A la representación de valores analógicos por señales digitales se la conoce como *cuantificación*. Se debe aclarar que siempre existe un *ruido* de cuantificación que aparece durante el proceso de conversión analógico/digital. El término ruido se utiliza aquí solamente para indicar la presencia de información no deseable que interfiere con el resultado deseado. En el ejemplo usado anteriormente, el valor analógico 1.5 debe ser representado por un 1 o por un 2. Quizá un ingeniero podría establecer una regla para que todos los valores superiores a 1.5 fueran redondeados a 2, y el resto de valores redondeados a 1. Incluso este ejemplo tan simple muestra como funciona el ruido de cuantificación. Si 1.5 es redondeado a 2, también lo serán 1.6, 1.8 y 1.555438. Ahora bien, obviamente había una diferencia significativa entre el valor analógico 1.6 y el 1.8, o si no se hubiese generado el mismo número en primer lugar, pero después de que ambos han cambiado al valor digital 2, ambos deben permanecer como un valor igual a 2. En otras palabras, el receptor, que podría querer convertir la señal digital recibida en una información analógica, no podría distinguir entre el 2 que comenzó siendo un 1.6 y el 2 que comenzó siendo un 1.8. Se ha introducido ruido en la conversión analógico/digital.

El ruido de cuantificación puede ser mayor o menor, pero nunca es nulo. Una red podría intentar convertir información analógica en 10 valores digitales en vez de utilizar sólo 2, entonces, un 1.6 analógico sería un 1.6 digital (los valores digitales no tienen nunca decimales, son valores discretos). Ahora el problema pasaría a valores como 1.555538, que podría convertirse en 1.5 o 1.6. El ruido es diez veces menor, pero sigue estando ahí. La cuestión es cuánto tiempo y esfuerzo merece la pena gastar para tratar el problema del ruido de cuantificación. El ruido de cuantificación es siempre un escollo cuando se realizan conversiones de analógico a digital, especialmente cuando se convierte voz analógica en señales digitales.

Se deben observar otros dos puntos sobre el tema analógico/digital. Primero, cuando hablemos de analógico, el término *ancho de banda* (*bandwidth*) se usa para indicar el rango de frecuencias en el que la señal analógica trabaja, por lo que es normal decir que la señal de televisión analógica ocupa un ancho de banda de 6 MHz. Los MHz significan millones de ciclos por segundo, donde un ciclo es el rango total de valores analógicos que la señal puede tomar. Aquí el término "ancho de banda", significa lo mismo que *rango de frecuencias* y éste es el uso más común en el mundo analógico.

Pero ¿qué ocurre con la información analógica y las señales analógicas? ¿No tienen cada una de ellas un ancho de banda característico?. Si el ancho de banda de la información analógica (quizá 6 MHz) es más o menos el mismo que el de la señal analógica (quizá 7 MHz), entonces no hay problema. Pero ¿qué ocurre si un flujo de información analógica de 7 MHz se intenta llevar a través de una red

con unas señales analógicas de 6 MHz?. En estos casos se hace lo siguiente, se dice que la información se *limita en banda* a los 6 MHz de límite de la señal. El término paso-banda se puede entender como la cantidad de ancho de *banda* que una señal analógica *dejará pasar* a través de la red. En este ejemplo, los 7 MHz de información pueden usar los 6 MHz del canal de señalización "cortando" el rango de frecuencias entre 6 y 7 MHz, cortando el rango de frecuencias entre 0 y 1 MHz, o en cualquier parte intermedia, siempre que se obtenga un ancho de banda de 6 MHz.

Los bucles locales analógicos limitarán en banda las señales analógicas a un rango de frecuencias entre 300 y 3,400 Hz en la mayoría de las ocasiones. Esto es, nada que esté por debajo de los 300 Hz o por encima de los 3,400 Hz Legará al otro extremo del cable. La elección de la banda entre 300 y 3,400 Hz no es casual. Aproximadamente el 80 % del espectro de frecuencias de la voz humana está dentro de esos límites, por lo que ampliar el ancho de banda tendría sólo efectos marginales sobre la calidad de la voz percibida. La limitación en banda está reforzada por filtros paso-banda en equipos electrónicos.

Pero cuando se aplica al mundo digital, el término *ancho de banda* tiene un segundo significado. Normalmente se dice "este acceso tiene un ancho de banda de 64 Kbps". Los *Kbps* significan "miles de bits por segundo", donde un bit es un dígito binario que debe ser 0 o 1.

Como se podría esperar, existe un ancho de banda característico y asociado a las señales digitales, pero se mide en bits por segundo en vez de en ciclos por segundo. ¿Qué ocurre si el ancho de banda de la información digital que sale del puerto serie de un PC es de 128 Kbps y el ancho de banda de la línea de telecomunicaciones es de sólo 64 Kbps? ¿Deberían "filtrarse en banda" y eliminarse 64 Kbps? Bien, posiblemente no. Si los 64 Kbps descartados son parte de un fichero, los bits que falten causarán un error en el punto de recepción y probablemente será necesario retransmitir el fichero completo. ¿Por qué no demorar los bits sobrantes almacenándolos en un área especial de memoria llamada *búfer*? En este contexto, un búfer es sólo un área especial de memoria usada para propósitos de comunicación.

¿Por qué ayudaría un búfer cuando el asunto concierne a las comunicaciones de un PC? Sólo debido a una de las mayores diferencias existentes entre usarla para conversaciones "habladas" y usarla para comunicaciones de ordenadores. Cuando una persona habla por teléfono, normalmente, un flujo constante de información circula en ambos sentidos. Incluso el silencio que ocurre cuando una parte escucha, o el otro simplemente hace una pausa, está representado en la totalidad de los 3 KHz de ancho de banda (desde 300 a los 3,400 Hz) de la red. En otras palabras, el ancho de banda asignado a una conversación de voz no puede ser arrebatado y entregado a otra conversación fácilmente. De hecho, este proceso define lo que es llamado un *circuito*. Un circuito puede ser definido en este contexto como un ancho de banda dedicado constantemente a una conversación durante el tiempo que dure esa conversación. La duración de la

conversación a su vez define el tiempo que se mantiene la llamada, como se ha comentado anteriormente.

Pero los datos, tal y como son las transferencias de ficheros entre ordenadores, la navegación por Internet y operaciones análogas, son tratados de forma diferente. Ya no existe un flujo constante de información entre origen y destino. En vez de eso, la información es organizada en unidades llamadas *paquetes*. Los paquetes tienen un tamaño máximo y mínimo (normalmente bastante pequeño) y deben adaptarse a una serie de reglas y a una estructura estándar llamada *protocolo*. En Internet deben amoldarse a la estructura del protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*).

Los datos son diferentes porque la mayoría de las aplicaciones de datos tienen una naturaleza *a ráfagas*, lo que significa que cuando los paquetes se envían de un origen a un destino, en algunos momentos se generan muchos paquetes en un segundo, pero en otros no se genera ninguno. Por ejemplo, cuando un usuario de Internet descarga una página Web, se generan muchos paquetes que contienen texto y gráficos que son transportados por la red hasta el PC de destino. Sin embargo, cuando el usuario lee la información ahora presentada en el monitor de su PC, no circulan paquetes arriba y abajo. Irónicamente, el PC está conectado a Internet por un circuito telefónico ordinario que dedica todo el ancho de banda al circuito durante todo el tiempo. El ancho de banda está ahí pero no está siendo utilizado por el usuario.

Por lo tanto es posible, y prudente, almacenar en búferes las ráfagas de paquetes que sobrepase el límite del ancho de banda del enlace de comunicaciones hasta que haya un hueco en el flujo de paquetes. Entonces, se puede vaciar el búfer de una manera más tranquila, sin pérdida de paquetes y sin los errores resultantes de la pérdida de la información contenida en los paquetes. Desde luego, puede ser deseable incrementar el ancho de banda en el enlace de comunicaciones si el propio búfer está lleno constantemente o si corre peligro de desbordarse y perder paquetes.

Un ancho de banda mayor puede ser más costoso, pero puede ser la única manera de manejar eficientemente los paquetes en los búferes, lo cual es importante ya que los paquetes que están en los búferes no pueden ir a ningún otro sitio. El tiempo que los paquetes pasan en los búferes se añade al retardo que los paquetes deben soportar en su tránsito por la red. En este caso, más ancho de banda reduciría el retardo de los paquetes, haciendo que la transferencia de información desde la Web fuera más rápida, y reduciría el tiempo necesario para acceder a la información que se necesitase de un sitio Web.

Hasta ahora la discusión ha girado en torno a situaciones analógico a analógico y digital a digital. También deberían discutirse las otras posibilidades.

Debido a que existen dos tipos diferentes de señales y dos tipos diferentes de información, es fácil construir una tabla que muestre cómo estos dos aspectos

de la comunicación interactúan entre sí. Si la información es analógica o digital, o si la señal es analógica o digital, las comunicaciones pueden tener lugar siempre que ambos extremos de la conversación empleen las mismas técnicas.

Cuando interactúa un tipo específico de Información con un tipo específico de señales, normalmente es necesario utilizar un dispositivo especializado, una interfaz. Si no se necesita una interfaz específica, se podría decir que la red está *diseñada específicamente* para un tipo particular de señales e información. La razón para no usar un dispositivo especial es que la red está completamente preparada para trabajar con este tipo de información y señales.

La tabla mostraría el nombre del dispositivo en las intersecciones. Si no fuese necesario ninguno, sería porque la red está diseñada para ese tipo particular de información y señal. Obviamente, sólo habría un caso de esta operación "por defecto". Una red no puede ser diseñada para dos cosas diferentes al mismo tiempo.

No se necesita ningún dispositivo especial para enviar Información analógica a través de una red que usa señales analógicas. Esto no es estrictamente cierto, como se mencionó anteriormente. Normalmente se requiere un *transductor* para convertir las ondas analógicas de sonido a ondas eléctricas, pero esta convención es tan aceptada y tan transparente que raras veces se menciona de manera expresa.

Existen tipos de información digital que necesitan ser enviadas, como por ejemplo la conexión de un usuario residencial a un ISP a través del bucle local de abonado. En este caso la información es digital (ceros y unos), pero el bucle sigue siendo analógico. La interfaz que se necesita en este caso es *el módem*, que viene de modulador/demodulador, donde la modulación es un término técnico para esta operación. Esta pareja de términos da a entender que los módems deben ser capaces tanto de modular Información digital para transformarlas en señales analógicas, como de demodular señales analógicas para convertirlas en digitales. Los módems pueden ser equipos externos al PC o estar integrados en una placa en el interior del PC.

Hay un dispositivo llamado "codec", necesario para enviar información analógica a través de una red con señales digitales. El término *codec* proviene de codificador/decodificador, y "codificación" es el término que se usa para expresar la información analógica como una cadena de bits. Se precisa un codec cuando las conversaciones analógicas de voz se codifican para transmitir las sobre un enlace digital que use señales digitales. Un ejemplo sería cuando la voz proveniente de un teléfono normal ha de ser enviada a través de una red digital de una corporación.

El último dispositivo es el **LTU / NTU** (*Line Termination Unit / Network Termination Unit*) que es la Unidad Terminal de Línea / la Unidad Terminal de Red, pero su función es bastante simple. Nótese que no se necesitaba ningún dispositivo específico para pasar de información analógica a señales analógicas. A primera

vista, parecería que debería ocurrir lo mismo entre información y señales digitales, *pero este no es el caso*. La red sólo puede ser diseñada para un tipo de señales, y existen varios métodos de representar señales digitales. La información digital puede representarse de muchas maneras, lo que significa que se debe utilizar un dispositivo específico para convertir un tipo de información a un tipo de señal determinada y viceversa. Existen muchos tipos de dispositivos LTU/NTU, tantos como tipos de informaciones y señales digitales.

## 1.2 BANDA ANCHA

Es necesario definir banda ancha, porque algunas veces nos referiremos a la tecnología xDSL como un método de proporcionar "acceso de banda ancha".

El término *banda ancha* se refiere a un enlace de telecomunicaciones que tiene una "latencia" menor que la que tiene un enlace de telecomunicaciones de 2 Mbps (2,048 Kbps) utilizado para comunicaciones de voz digital. El término *latencia* es definido normalmente como un retardo en la red, pero en realidad es algo más que eso.

Tanto el retardo como el ancho de banda desempeñan un papel crucial en las redes. Las redes actuales deben soportar no sólo las aplicaciones tradicionales de voz y datos, sino también muchas aplicaciones que están dentro de la categoría de "multimedia interactiva", por lo que, para ofrecer estos servicios, deben ser adecuados tanto el retardo de la red (para la interactividad) como el ancho de banda (para ficheros de audio y vídeo). Algunas aplicaciones son *sensibles al retardo* de forma inherente, como por ejemplo la voz. Asignar más ancho de banda a la voz no la hace mejor o más eficiente. Todo lo que hay que hacer es adecuar el retardo al ancho de banda. La gente no se comunicaría en condiciones si entre que se pronuncia una palabra y que ésta llega a oídos del receptor el retardo es de 5 segundos, o si empieza siendo de medio segundo y se eleva posteriormente a 3 segundos.

Pero otras aplicaciones son *sensibles al ancho de banda*, como la mayoría de las aplicaciones de datos. Asignar más ancho de banda a esas aplicaciones hace que se ejecuten mejor y más eficientemente. Si se asignase más ancho de banda a una transferencia de ficheros en un PC se notaría una gran diferencia. Lo importante aquí es adecuar el ancho de banda al retardo. En una transferencia de ficheros, no importa si los primeros paquetes del fichero hacen su camino en medio segundo y los últimos paquetes tardan 3 segundos en llegar a su destino. Incluso un retardo de 5 segundos podría estar bien, pero enviar una página Web grande a través de un circuito con un ancho de banda pequeño puede causar un retardo de varios minutos que enfurecerá a los usuarios.

Los retardos varían de acuerdo al número de bits que se almacenan en los búferes, la congestión que sufren los componentes de la red (conmutadores o ruteadores), o por ambos motivos. La mayoría de la gente comprende de forma intuitiva los efectos del retardo. Una red de telecomunicaciones es equivalente

matemáticamente a un sistema de *colas*, como lo son los bancos. Tiene sentido que lleve más tiempo cobrar un cheque si hay mucha gente en el banco, o cuando un cajero tarda más tiempo del habitual porque debe hacer muchas transacciones, o si ocurren ambos hechos. La cola de un banco es un búfer, y un cajero con muchas transacciones que realizar está *congestionado*. Los retardos en ambas situaciones son muy variables. Una persona puede entrar y salir de un banco en cinco minutos si madruga, pero puede estar más de 30 minutos si acude a media mañana. De igual forma un paquete puede llegar en 20 milisegundos a su destino, mientras que el siguiente paquete puede llegar tranquilamente en 40 milisegundos. En Internet, los retardos de cientos de milisegundos son bastante habituales. De manera interesante, la *International Telecommunication Union* (ITU), que está a cargo de todos los estándares internacionales de telecomunicaciones, define un término que llama *tiempo de transferencia* (*time transfer*). El tiempo de transferencia tiene un significado ligeramente diferente al que uno podría esperar porque frecuentemente la ITU especifica los servicios de la red en términos de latencia, en vez de una combinación de ancho de banda y retardo, como cabría pensar. A pesar de todo, esta especificación de latencia es totalmente adecuada. Debido a que la mayoría de la gente utiliza los términos "latencia" y "retardo" de manera indistinta.

La transferencia de información se traduce en una serie de tramas (en cuyo interior se encuentra la información de los paquetes) que tienen una longitud de  $X$  bits. Como estamos en el mundo de los datos, los paquetes y las tramas siempre contienen bits. El camino de transmisión se representa como una "tubería pasiva" de bits que no altera, almacena o convierte los bits en modo alguno. Así, según la definición de la ITU, el tiempo transcurrido desde el momento en que el primer bit de una trama entra en una red hasta el momento en que el primer bit sale de la red es el retardo. Hay que indicar que cuando una trama hace su camino a través de la red el retardo puede variar entre un máximo y un mínimo, un valor medio, una desviación típica, etcétera. El retardo podría ser medido desde el emisor al receptor, entre dos puntos de la red, o entre varios puntos de la red a lo largo de todo el trayecto.

Por el contrario, el ancho de banda es definido en términos de bits. Debido a que estamos hablando de aplicaciones de datos, usaremos la versión digital de ancho de banda dada anteriormente, en vez de la versión analógica de rango de frecuencias. Este ancho de banda es en bits por segundo, por lo que se define el ancho de banda digital como el número de bits en la trama dividido entre el tiempo transcurrido desde el momento en que el primer bit de la trama entra en la red hasta el momento en que el último bit abandona la red. De hecho, ésta es solo una forma de medida. Como las tramas tienen que hacer un trayecto partiendo de un enlace de acceso hacia otras partes de la red, el ancho de banda con el que la trama tiene que trabajar puede variar considerablemente.

El punto principal es que la ITU define la "latencia" del "tiempo de transferencia" como el intervalo entre el primer bit y el último bit. Este concepto combina de manera elegante los efectos del retardo y del ancho de banda en la transferencia de tramas. De hecho, permite a las redes con menos retardo

compensar de algún modo, los anchos de banda estrechos, y no establece diferencias entre sí los bits digitales de información son enviados a través de una señal analógica (módem) o una señal digital (LTU/NTU). Las definiciones de ancho de banda y retardo son también válidas para informaciones digitales.

Hay que mantener en mente que este ejemplo ignora el efecto de los errores o el efecto de las cabeceras en el tiempo de transferencia de la trama. Normalmente, si una trama y la información del paquete que contiene se recibe con errores, debe ser retransmitida de nuevo, lo que hace que se incremente la latencia total de la transferencia del fichero. De igual forma, algunos bits de una trama o de un paquete no se usan para transmitir información, pero son utilizados internamente por la red. Son bits de cabecera (overhead). Reuniendo los efectos de los errores y las cabeceras se podría establecer un rendimiento (throughput) total de la red. Cuanto más baja es la penalización por errores y por cabeceras, más cerca está el rendimiento del tiempo de transferencia.

De nuevo debería tenerse en cuenta que normalmente no se hace distinción entre retardo y latencia. Las definiciones especiales utilizadas aquí son propias de los estándares internacionales y son usadas principalmente de manera ilustrativa.

Con las definiciones estables de retardo de la red, ancho de banda y latencia en la mano, haremos una segunda aproximación al término banda ancha. La banda ancha se definió previamente como "un enlace de telecomunicaciones que tiene una latencia menor que la que tiene un enlace de telecomunicaciones de 2 Mbps utilizado para comunicaciones de voz digital". Debería quedar claro que esta latencia se aplica tanto al ancho de banda como al retardo de un enlace de 2 Mbps.

El interés que actualmente suscitan las líneas de acceso de banda ancha es debido al incremento de uso de Internet por parte de los usuarios residenciales. Si alguien se conecta a Internet con un módem conectado a un bucle local analógico, puede conseguir un ancho de banda de unos 56.6 Kbps en el mejor de los casos. Obviamente, hay un gran camino hasta los 2,048 Kbps mínimos de una línea de acceso de banda ancha. **HDSL es una forma de conseguir una línea de acceso de banda ancha utilizando un bucle local y sin que haya que hacer ningún gasto en rediseñar el cable del bucle o en reemplazarlo.**

Vale la pena recordar que la gente del mundo de la informática prefiere ver ficheros de pequeño tamaño, y por eso los mide en bytes (8 bits), mientras que la gente del mundo de las redes prefiere que éstas parezcan rápidas, y por eso mide el ancho de banda en bits (un octavo de byte).

Actualmente se habla mucho de conseguir altas velocidades para los usuarios residenciales y de pequeñas empresas usando una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). Una descripción completa de la RDSI llevaría un libro entero. Lo propuso primero la RDSI "esto es, una primera Autopista de la Información para acceder a todo tipo de contenidos digitales". Desgraciadamente, la implementación de la RDSI se demostró muy costosa con los equipos hardware y

software de los años 80, y sobrepasaba el precio que podían pagar la mayoría de los usuarios. En cualquier caso, la RDSI trabaja a una velocidad básica de 64 Kbps, aunque normalmente también se utilizan velocidades mayores.

### 1.3 REDES TELEFÓNICAS CONMUTADAS

La Red Telefónica Conmutada nació en los Estados Unidos hace 125 años con la invención del teléfono. La red era pública y los nodos (conmutadores telefónicos, en este caso) no pertenecían a ningún usuario o grupo de usuarios específico (conocidos como abonados o clientes). Todos los conmutadores y equipos de red (incluso el propio teléfono) pertenecían al proveedor del servicio. La esencia de una red pública de cualquier tipo radica en que cualquier usuario pueda comunicarse con cualquier otro usuario. La red era conmutada en el sentido de que los nodos de red eran conmutadores que establecían comunicaciones punto a punto entre los números de teléfono de origen y destino, lo cual es la finalidad de la PSTN (Public switched Telephone Network) que es la Red Telefónica Conmutada Pública, que en México es Teléfonos de México, o sea, TELMEX. Los circuitos eran dedicados a un par de abonados mientras durase la llamada. Esto es conocido como conmutación de circuitos.

Con esta arquitectura, los teléfonos de los abonados, que eran analógicos y sólo soportaban voz, llegaban a la central telefónica con bucles locales analógicos, que consistían simplemente en largos pares de cobre trenzado.

Estos bucles locales analógicos, o líneas de acceso, eran conectados entre sí con conmutadores analógicos, inicialmente personas cuyo trabajo era hacer preguntas del tipo ¿Número, por favor?, y conectar el origen con el destino. El panel de conmutación analógico era un dispositivo electromecánico bajo control humano. Naturalmente, cuando la red creciese no se podrían conectar todos los teléfonos existentes a una gran central local. Para ello, los conmutadores de las centrales (técnicamente, los paneles de conmutación) fueron conectados con circuitos analógicos especiales conocidos como *troncales*. Los troncales también eran pares de cobre trenzado que conectaban los paneles de conmutación en vez de a los abonados. De esta manera una llamada podía ser conmutada a través de la red de troncales, normalmente, sin que el abonado llamante supiese lo que estaba ocurriendo, hasta que se establecía contacto con la parte llamada y el operador decía Adelante.

Así, todos estos conmutadores de las centrales eran unidos mediante troncales. La red de troncales podría ser propiedad del proveedor de servicios local y operada por éste, o la red de troncales podía ser propiedad de una compañía de larga distancia, pero al fin y al cabo, todos eran troncales. **Un troncal no es más que una línea común compartida por varios usuarios.** Los troncales normalmente se agrupan juntos para ser usados desde un punto de vista funcional, aunque éste no tiene que ser necesariamente un punto de vista físico. Una troncal puede utilizar los mismos medios físicos que las líneas, pero los requerimientos para la codificación de línea y la señalización para un troncal varían mucho con

respecto a los usados en las líneas o en los bucles. Los troncales también se distinguen por la carencia de control que tiene el usuario sobre ellos en el transcurso de una llamada.

Normalmente los troncales comprenden muchas líneas, a menudo desde solo doscientos bucles de abonado hasta llegar en algunas ocasiones a los 10,000. Esta proporción tiene sentido, ya que había muchas más llamadas locales en el área de servicio de la central en aquella época. No todos los paneles de conmutación de una central local necesitaban el limitado número de troncales disponibles e incluso tampoco tenían acceso a ellos. Los troncales terminaban normalmente en el panel de conmutación de larga distancia que estaba bajo el control de un operador de conferencias. En los teléfonos antiguos de principios del siglo XX, el 0 era una etiqueta de larga distancia para dirigir la llamada a esos paneles de conmutación.

El punto principal es que la red era analógica de principio a fin, con bucles locales analógicos conectados a centrales analógicas enlazadas por troncales analógicos. Como se comentó anteriormente, el término analógico se refiere al método de codificación o señalización usado en los bucles y troncales de los conmutadores. El término no se refiere al tipo, de información que se transporta, la cual podría ser tanto analógica (voz), como digital (ficheros de PC y e-mail).

La calidad de la voz dependía de la calidad de la señal eléctrica que viajaba a través de la Red Telefónica Conmutada Pública. Los sistemas analógicos habían tenido un gran problema cuando se habla de calidad de la señal. Los circuitos analógicos son muy ruidosos (entendiendo el ruido como una perturbación no deseada de la señal), los cambios en las características eléctricas del cable producidas por la lluvia o la nieve, producen en la línea zumbidos, chirridos y chasquidos. Poco antes de la Segunda Guerra Mundial, un ingeniero británico empleado de ITT en Francia, irritado por la calidad de las señales de voz analógicas decidió crear un método para digitalizar la señal de voz analógica.

La digitalización de voz analógica implica un procedimiento en tres pasos. Primero, las ondas analógicas son muestreadas a una velocidad adecuada para representar la forma de onda analógica de forma precisa. Para voz, el estándar Internacional es de 8,000 muestras por segundo. Después, las muestras son cuantificadas, lo que significa que son representadas mediante cadenas de 0 y 1. Para la voz analógica el estándar internacional de cuantificación utiliza 8 bits por muestra.

La elección de 8,000 muestras por segundo está establecida por el ancho de banda vocal. La banda de frecuencias comprendida entre los 300 y los 3,400 Hz. es redondeada hasta los 4,000 Hz. Entonces, se aplica una regla conocida como Teorema de Nyquist, que establece que el muestreo digital debe ser al menos al doble de velocidad que la frecuencia más alta para reconstruir de forma fiel una señal analógica. El doble de 4,000 es 8,000 y por eso se establece la frecuencia de muestreo en 8,000 veces por segundo. Los 8 bits por muestra es una norma menos

*estricta. De hecho, la única razón por la que todavía se usan los 8 bits es que los procesadores de los ordenadores más antiguos trabajaban exactamente con 8 bits a la vez en lugar de los modernos procesadores de 32 o 64 bits; de este modo, se generaban 8 bits por eficiencia y facilidad de procesamiento.*

Finalmente, los bits son codificados para ser transmitidos a través de un enlace digital. Los códigos de línea estándar pueden adoptar muchas formas, pero todos ellos deben operar a 64 Kbps (8,000 muestras / 1 segundo X 8 bits / 1 muestra = 64 Kbps). Los tres pasos de muestreo, cuantificación y codificación se hacen por hardware y juntos comprenden una unidad conocida Como channel bank (banco de canales). En esta unidad, el muestreo y la cuantificación es realizada por el codec, y la codificación de línea la lleva a cabo el LTU/NTU.

Las nuevas señales digitales utilizadas en los troncales digitales eran mucho menos sensibles al ruido y a otro tipo de perturbaciones. El sistema era mucho más caro, dado el estado de la electrónica en aquellos días, y era algo así como utilizar un Rolls Royce como taxi en New York City. La Segunda Guerra Mundial pronto puso fin a estos experimentos. El término técnico para el procedimiento descrito es PCM "Pulse Code Modulation" (Modulación de Impulsos Codificados o MIC). En algunas ocasiones, la voz digitalizada es llamada solamente voz PCM.

Es importante apreciar que este invento digital no afecta en modo alguno al contenido de la información que se envía por la línea. Esto fue un cambio de señalización analógica a señalización digital en la línea, sin tener en cuenta si la línea en cuestión era el bucle local o un troncal. Esta técnica se utiliza de igual modo tanto si la información es analógica como si es digital. El dispositivo usado como interfaz podría cambiar, desde luego, y pasar de ser el transductor de un teléfono a ser un codec para voz, o pasar de ser un módem de un PC a ser un LTU/NTU para enviar e-mails, pero la información seguiría siendo la misma.

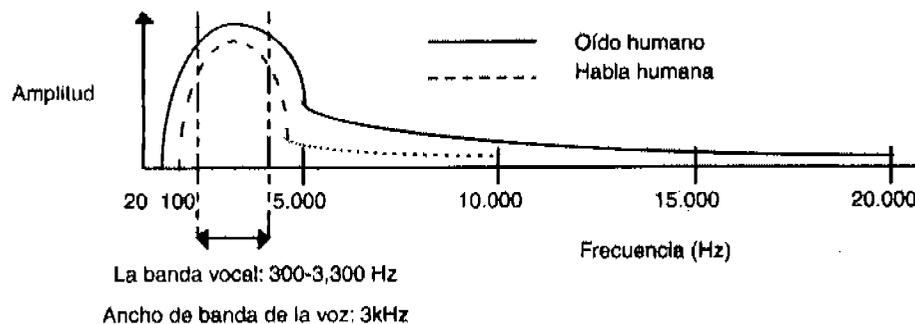
Después de la guerra, el crecimiento de la economía mundial, la presión sobre las compañías telefónicas para ofrecer más y mejores servicios, y los avances en el mundo de la electrónica, hicieron la digitalización de la Red Telefónica Conmutada Pública no sólo factible, sino casi obligatoria. Incluso los nuevos ordenadores digitales desarrollados durante la guerra estuvieron siendo probados con estas técnicas. La idea era introducir el ordenador en la central para conmutar el creciente número de llamadas más rápidamente de lo que las personas lo hacían, permitiendo que el mismo número de líneas y troncales manejaran más llamadas. Como se puede suponer, para llevar a cabo este ambicioso plan se necesitaron muchos años.

Aunque originalmente se desarrolló para el uso en el bucle local, la transmisión digital fue perfeccionada y extendida para incrementar la capacidad de los troncales y aliviar la congestión de las áreas metropolitanas, donde literalmente no cabría ni un solo troncal más en los canales de conducción. Para entender el porque, es necesario un breve acercamiento a las técnicas de multiplexación utilizadas en los sistemas analógicos y digitales.

## 1.4 MULTIPLEXACIÓN Y TRONCALES

Es bastante irónico que el teléfono se inventase como el resultado de un esfuerzo realizado para multiplexar o combinar, varios mensajes telegráficos sobre una única línea. La multiplexación implica expandir el ancho de banda disponible en un medio, en este caso el cable de cobre. Bell, accidentalmente, expandió tanto el ancho de banda que el cable podía transportar la mayor parte del ancho de banda de la voz, concretamente la parte que contiene el 80% de la potencia de la voz humana. La **Figura 1.2** muestra los anchos de banda implicados en la comunicación humana sobre la RTC.

En la **Figura 1.2**, la amplitud de una señal se encuentra en el eje vertical, y la frecuencia en el eje horizontal. La forma de esas curvas sólo tiene carácter informativo y comparativo.



**Figura 1.2 Ancho de Banda en la Comunicación Humana.**

El oído humano responde generalmente a frecuencias que se encuentran entre los 20 Hz. y los 20,000 Hz. aproximadamente, aunque la sensibilidad a las altas frecuencias decae con la edad. Cuando una persona habla, su voz oscila en un rango entre los 100 y los 10,000 Hz. Como se puede observar, los humanos son capaces de oír más allá de sus propias voces.

En cualquier caso, la mayoría de la potencia (una función de la frecuencia y la amplitud) de la voz humana se encuentra comprendida entre los 300 y los 3,400 Hz. Además, los ingenieros encontraron que los transmisores y los receptores se hacían cada vez más caros. La gente tampoco podía distinguir las voces con mucha claridad y todo el mundo sonaba como si estuviese hablando por el interfono de una hamburguesería. Esta banda entre los 300 y los 3,400 Hz. se convirtió en un estándar.

La banda comprendida entre los 300 y los 3,400 Hz. denotaba que se necesitaban transmitir 3,000 Hz., o 3 KHz., de ancho de banda, para transmitir una conversación analógica de voz de manera adecuada, que era mucho más ancho de banda que lo que se había necesitado hasta ese momento para enviar simples puntos y rayas del código Morse. El ancho de banda de 3 KHz. se podía facilitar de manera sencilla en el par de cobre trenzado.

Obsérvese que no hay ninguna ley física ni eléctrica que limite el ancho de banda del cobre a los 3 KHz. Esta banda sólo es donde se coloca la voz, y ésta es una de las claves para comprender cómo trabaja XDSL. Supongamos que un transmisor y un receptor pueden enviar no solo 3 KHz., sino 36 KHz. a lo largo de dos pares de cobre. Obviamente, este cable podría ser utilizado para más de una conversación telefónica. Estos nuevos transmisores y receptores serían más caros que aquellos que solo enviaban y recibían 3 KHz., pero éste podría ser un escenario deseable.

Un hardware más costoso es, sin duda alguna, deseable en un troncal. Los troncales son menores en número y mucho más largos que los bucles locales de abonado en la mayoría de los casos, por lo que podría ser factible, económicamente hablando, gastar un dinero extra para transportar tantas conversaciones como se pudiera sobre uno o dos pares de cobre. Si la cantidad de dinero gastado en transmisores, receptores y equipos de multiplexación fuese menor que el dinero que se gastara en nuevos troncales, ésta sería una sabia forma de actuar. La multiplexación de conversaciones de voz en los troncales era parte de este proceso.

Es deseable que la Red Telefónica Conmutada Pública sea capaz de transmitir más de una señal de voz sobre el mismo medio de transmisión. El medio de transmisión puede transportar señales analógicas o señales digitales. Ambos tipos pueden ser multiplexados, pero se utilizan diferentes técnicas de multiplexación para las señales analógicas y las digitales.

Las señales analógicas normalmente utilizan la multiplexación por división en frecuencia (FDM, de *Frequency Division Multiplexing*). La FDM proporciona al circuito de voz un trozo del ancho de banda durante todo el tiempo, lo cual se hace de manera sencilla dividiendo el ancho de banda del medio de transmisión en rangos de frecuencias separados, correspondiendo cada uno a un canal de voz. Un circuito de voz es transportado en cada canal, y normalmente existe un canal en cada dirección. Un multiplexor FDM se instala en cada extremo del medio de transmisión para multiplexar y demultiplexar los canales de voz.

Por ejemplo, consideremos el par de cobre trenzado con un ancho de banda de 36 KHz., en lugar de 3 KHz. Supongamos que todo el ancho de banda fuera dividido en canales de 4 KHz. Una conversación de voz se podría encajar sin ningún problema en cada canal. Por razones eléctricas, los canales de voz no pueden colocarse unos pegados a otros en el espectro de frecuencias. La banda de 4 KHz. incluye una *zona de guarda* adecuada para prevenir la diafonía entre canales.

Ahora, el par de cobre puede transportar no uno, sino 12 canales de voz ( $36 / 4 = 12$ ). Otro par de cobre podría transportar las señales de voz de retorno. Los multiplexores de cada extremo del troncal combinarían y dividirían los 12 circuitos de voz transportados en los dos pares de cobre. Obsérvese que si un canal de voz está desocupado, se necesitará una señal especial de desocupado para indicar esta situación.

La FDM funciona mejor con señales analógicas. En la Red Telefónica Conmutada Pública analógica, las redes de troncales FDM eran bastante comunes. Se desarrolló muchos de estos sistemas para su uso propio, aunque la tecnología pronto se hizo común entre las compañías independientes. El sistema descrito, con 12 canales de voz en dos pares de cobre, corresponde a la idea básica de algo llamado *portadora-N (N-Carrier)*. El término *portadora* significa que los circuitos de voz eran multiplexados (transportados o desplazados en frecuencia) y no aparecían en su banda normal (banda base) comprendida entre los 300 y los 3,400 Hz.

El método de la FDM tenía su propia terminología, que mostraba un gran dominio de las palabras más simples, así como una notable falta de imaginación. En la jerarquía FDM, un *grupo* consistía en 12 canales de voz (como los que se multiplexaban en una portadora-N). Un *super grupo* se componía de 5 grupos, para hacer un total de 60 canales. Diez super grupos constituían un *master grupo de 600* canales vocales. Finalmente un *Jumbo grupo* se componía de 6 master grupos formado 3,600 canales. Frecuente, los agrupamientos se transportan por medio de cables coaxiales que formaban una familia conocida como *portadora-E (E-Carrier)*.

Todos estas agrupaciones analógicas con FDM funcionaban bastante bien. De cualquier modo, como se puede suponer, si la señal transportada es digital en vez de analógica (sin tener en cuenta la información, que puede ser analógica o digital), la FDM se vuelve considerablemente ineficiente. Tras la digitalización de la voz analógica, los fundamentos de la FDM se debilitaron de manera considerable.

Afortunadamente, se conocía otro tipo de multiplexación utilizado también en señales analógicas. La *Multiplexación por División en el Tiempo (TDM, de Time Division Multiplexing)* fue abandonada rápidamente como una técnica viable para señales analógicas debido a su alto costo, a molestos e inoportunos fallos técnicos. Opuestamente a un trozo de ancho de banda durante todo el tiempo que proclamaba la FDM, la TDM funcionaba de acuerdo con el precepto *todo el ancho de banda durante un trozo de tiempo*.

Con TDM, el ancho de banda de los medios de transmisión, quizá 36 KHz, es dividido en *time slots* (ranuras de tiempo), en los que no se encajan partes de la señal analógica (esto es complicado), sino bits de un flujo digital (esto es más sencillo). El multiplexor rellena los *time slots* con bits del emisor y los entregaba en el lado del receptor. La propiedad de los bits estaba determinada por su posición en la cadena de bits. En otras palabras, el *time slot* número 1 siempre contenía los bits correspondientes al canal de voz número 1; el *time slot* número 2 siempre contenía los bits correspondientes al canal de voz número 2, y así sucesivamente.

Obsérvese que incluso si el canal de voz está desocupado, el *time slot* debe ser enviado desde el emisor al receptor. En este caso el patrón de bits en el *time slot* informa al receptor, ignora esto, el canal está vacío.

Se considera que el ancho de banda total y los números de canales son los mismos. Solo varía la organización. Cuando la digitalización de la voz se hizo posible, y rentable, se comprobó rápidamente que la TDM era un mejor método para transportar conversaciones de voz digitales. Desde luego, los teléfonos y los módems todavía generaban únicamente señales analógicas, y los bucles locales de abonado sólo transportaban la banda comprendida entre los 300 y los 3,400 Hz, pero la TDM estaba proyectada para la red de troncales.

Curiosamente, pasó un tiempo antes de que se utilizasen de forma conjunta los troncales digitales y los conmutadores digitales. Las pequeñas centrales locales de áreas rurales fueron las primeras en emplear conmutadores digitales por dos razones: la primera era porque los conmutadores eran muy nuevos y sólo podían manejar el pequeño número de líneas de las áreas rurales; la segunda era porque los operadores estaban a menudo infrautilizados dado el pequeño número de llamadas. Por otra parte, los grandes núcleos urbanos fueron los primeros en utilizar los troncales basados en portadora-E digital. Esto se hizo principalmente para aliviar la congestión y manipular más llamadas utilizando los mismos medios de transmisión.

El bucle local analógico no era considerado parte del problema o problemas que la digitalización solucionaba, y por eso fue apartado. Habría sido extremadamente costoso en aquella época instalar equipos digitales en casa de todo el mundo. Además, esos equipos hubiesen sido clasificados como CPE (*Customer Premises Equipment*) / (*Equipos llamadas de Abonado*) y las compañías telefónicas no habrían tenido control sobre su uso e instalación, como lo es actualmente con los módems, o sea, ninguno.

### **1.5 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)**

Este estancamiento del bucle local analógico tenía, al menos, una consecuencia: la calidad de voz que ofrecía la transmisión digital en el troncal era enmascarada por la continua presencia de bucles locales analógicos. Los nuevos troncales digitales no mejoraron en gran medida la calidad de la voz, pero al menos evitaron que empeorase. Por supuesto, existían aún muchos troncales analógicos, dado que el problema de la calidad no fue la principal razón para la digitalización de los conmutadores y los troncales.

Sólo cuando en los años 60 las llamadas a larga distancia se hicieron más comunes (con la invención de los códigos de área), la calidad se convirtió en un verdadero problema. La gente comenzó a protestar ya que debía pagar mucho más por algo que era en esencia el mismo servicio de voz. Los laboratorios AT&T Bell respondieron con una propuesta para completar la digitalización de la red telefónica extremo a extremo. Este plan formó la parte de la red digital de lo que

posteriormente se daría en llamar **ISDN o RDSI** (Integrated Services Digital Network) o (*Red Digital de Servicios Integrados*). El principal objetivo de la RDSI era integrar todos los servicios que se pudiesen ofrecer a través de una conexión telefónica (lo que incluía datos, ya en aquella época) y proporcionar estos servicios sobre la base de una red digital extremo a extremo. A mediados de los 80, comenzó la digitalización de los conmutadores en conjunción con la digitalización de los troncales. La implantación de la RDSI se resumió en digitalizar los bucles locales de abonado y los puertos analógicos de los conmutadores a los que estaban conectados (en el caso de que el conmutador aún siguiera siendo analógico).

Debería apuntarse que lo que hace la RDSI básicamente es digitalizar el último segmento del bucle local. No se transporta ninguna señal analógica en una línea RDSI. Aunque la RDSI era una plataforma mucho más eficiente para todos los tipos de información digital, requería que cada teléfono fuese sustituido por un dispositivo digital RDSI, en todo caso, el uso de un convertidor bastante costoso. Ninguna alternativa fue bien aceptada, ni por los proveedores del servicio, ni por los usuarios.

La RDSI daba la capacidad a cada par de cobre que llegaba a los hogares de transportar no una, sino dos conversaciones de voz simultáneas, conocidas como canales-B (*Bearer-channel*). Los canales de voz se transportaban como señales digitales a 64 Kbps (128 Kbps si sumamos las dos) junto con un *canal de señalización digital* o canal-D a 16 Kbps. Se añadían algunos bits adicionales para llevar la velocidad de la línea hasta los 160 Kbps, de los cuales 144 Kbps correspondían a los canales B y al canal D.

El canal D podía utilizarse para servicios de paquetes de datos cuando no era necesario para efectuar tareas de señalización. Algunas personas imaginaron servicios como los que hoy en día ofrecen Internet y la Web, pero en aquella época sólo eran un sueño. Los canales B podían utilizarse para casi cualquier cosa: voz, datos e incluso vídeo. Esos circuitos que transportaban los canales B podían operar en modo circuito (para voz) o en modo paquete (para datos), o incluso en modo trama (para paquetes de *servicios frame relay*). La RDSI incluía ideas para nuevos tipos de teléfonos que dispondrían de pantallas de datos e incluso pantallas de vídeo, además de las simples funcionalidades de voz.

Para su época, la RDSI era un ambicioso plan para fusionar todas las formas que podía adoptar la información bajo un simple par de cables y llevar, esta información hasta casa del usuario. Desgraciadamente, muchas de las ventajas que ofrecía la RDSI están ahora disponibles en Internet y en la Web, hoy en día, el objetivo no es un teléfono que maneje voz, vídeo y datos, sino un PC que maneje voz, vídeo y datos.

La RDSI se convirtió en un estándar internacional. Un estudio completo de por que la RDSI nunca se afianzó en la sociedad como se pretendía, a pesar de años de publicidad y desarrollo, está más allá del ámbito de esta sección. Por ahora es suficiente comentar que la digitalización de los bucles locales de abonado y de

los conmutadores era enormemente costosa Incluso en los años 80. Esto quiere decir que los servicios de la RDSI necesitaban facturarse a precios muy altos para poder costear y amortizar esos gastos de digitalización. Además, no había mucha gente que se pudiese imaginar exactamente que beneficios proporcionaba la RDSI, al menos hasta que apareció la Web.

## 1.6 BUCLES LOCALES ANALÓGICOS

Los bucles locales de abonado analógicos tienen una serie de características que hacen que sea difícil cualquier modificación radical o que implique grandes cambios (como la digitalización para la RDSI). La mayoría de esas características son consecuencia de unas acciones que fueron aplicadas estrictamente para mejorar el rendimiento en la banda ocupada por una señal analógica por consiguiente constituían un obstáculo para un entorno digital.

Los bucles locales iniciales eran cables únicos (usando algo conocido como *retorno, por tierra*) y sólo se convirtieron en un par cuando un técnico descubrió por accidente que un *retorno metálico* mejoraba extraordinariamente la calidad eliminando de manera drástica las diafonías. Estos largos cables paralelos sufrían, de todos modos, pérdidas de señal (conocidas como *atenuación*), porque los cables se comportaban como largos y delgados condensadores que tendían a almacenar parte de la señal, en lugar de permitir que viajara libremente. El trenzado de los cables entre sí ayudó a detener ligeramente los efectos de la atenuación al añadirse una característica eléctrica conocida como *inductancia mutua* que contrarrestaba la *capacitancia* de los cables. *Apantallar* el cable añadiéndole una cubierta metálica hubiera mejorado la calidad de la señal analógica, pero este método parecía demasiado caro y también tendía a incrementar la atenuación.

El par trenzado sin apantallar (UTP) fue inventado muy pronto en la historia de la Red Telefónica Conmutada para minimizar las diafonías. Permitía a las señales viajar con más libertad, pero sólo a una distancia determinada. Después de 4 o 5 kilómetros, la señal era muy débil y la voz sonaba muy apagada ya que sólo se podía añadir inducción a los cables hasta un cierto punto. Además la atenuación era mucho peor cuanto más altas eran las frecuencias en el bucle.

Tras muchos experimentos y esfuerzos, las compañías telefónicas llegaron a la conclusión de que una calidad de voz aceptable tenía los siguientes límites prácticos. El cable UTP del bucle local analógico de calibre 19, 22 y 24 tenía una calidad de voz aceptable hasta los 5,486 metros (5,5 kilómetros) desde la central local. Estos calibres son un estándar de la *American Wire Gauge* (AWG) para el espesor del cable. Cuanto menor es el número, más espesor tiene el cable. En el cable UTP más delgado (26 AWG) sólo una distancia de 4.5 kilómetros desde la central local proporcionaba una calidad de voz aceptable.

No obstante, había muchos abonados, especialmente en áreas rurales que estaban a una distancia superior a los 5 kilómetros y medio de la central local más cercana. ¿Cómo se podía llegar hasta esos abonados?

Añadir inductancia contrarrestaría los efectos de la pérdida de señal y de la atenuación, pero sólo se podía añadir una inductancia determinada trenzando los cables entre sí. La respuesta estaba en añadir inductancia extra al cable UTP. El proceso de alargar los bucles locales analógicos con inductancia es denominado *carga* de la línea. Los componentes utilizados para producir estos bucles locales *cargados* se conocían como *bobinas de carga*.

Una mirada más detallada a la carga requiere al menos un conocimiento básico de la terminología de circuitos eléctricos. Esto es importante para repasar las relaciones entre la inductancia, la capacitancia y la atenuación.

La potencia en un circuito no depende únicamente del voltaje de una señal o de la intensidad de la corriente. La potencia, sin embargo, es el producto matemático de voltaje e intensidad. El voltaje es el equivalente eléctrico a la presión (como en una manguera), y la intensidad de la corriente es el equivalente eléctrico del flujo de agua a través de la manguera. Es sencillo observar que el total de agua depositada en un barril depende tanto de la presión del agua como del flujo de agua (esto es, una manguera más larga depositaría más agua). Más presión en la misma manguera, llenaría más rápidamente el barril, pero también lo haría una manguera más larga, incluso con la misma presión. Esto es así en todas las ocasiones. Una manguera de incendios puede derribar a una persona, no sólo debido a la presión, ni sólo debido a la cantidad de agua que expulsa, sino debido a una combinación de ambas.

En un circuito eléctrico, la capacitancia (simplemente capacidades cambia la fase de intensidad con respecto a la corriente). El cambio de fase indica que el máximo voltaje no ocurre en el mismo instante que el máximo de intensidad de corriente, lo cual limita la potencia. La capacitancia es la tendencia de la electricidad a acumularse en el cable (o el par de cables) en lugar de fluir libremente. De manera interesante, la inductancia también cambia la fase pero en sentido contrario a la capacitancia.

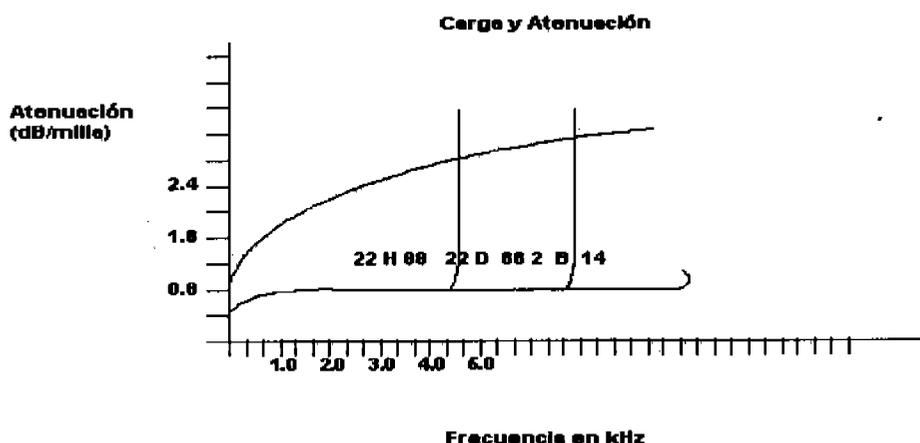
Siendo este el caso, es sencillo observar que añadiendo inductancia a circuitos con alta capacitancia como lo son los bucles locales analógicos se puede variar la potencia entregada a un receptor. Añadir inductancia en su justa medida puede volver a colocar en fase al voltaje y a la intensidad de corriente, pero sólo en un cierto rango de frecuencias. Esto aumenta la potencia recibida, que es, desde luego, el objetivo perseguido.

Obsérvese que la inductancia adicional no se puede añadir al azar, sino que se debe dimensionar con mucho cuidado para actuar sólo sobre el ancho de banda que interese. Para la voz analógica esta banda va de los 300 a los 3,00 Hz. Efectivamente, el aumento de inductancia sintoniza el circuito (en este caso, el bucle local analógico) para la transmisión de voz. El proceso de añadir inductancia a los bucles locales de una longitud determinada se realiza con bobinas de carga.

### 1.6.1 CARGA Y ATENUACIÓN

La atenuación en un bucle local analógico UTP limita la calidad aceptable de la voz a unos 5.5 kilómetros aproximadamente, en la mayoría de los casos. La atenuación implica una pérdida de señal, y si el bucle es demasiado largo la voz termina muy debilitada. La atenuación es causada por los efectos de capacitancia que se producen entre los cables. Estos efectos se pueden contrarrestar con la inductancia, lo cual era un efecto que se producía con el trenzado de cables. De cualquier modo, sólo se podía añadir una determinada inductancia trenzado los cables; por lo que también debían añadirse bobinas de carga al bucle local.

Los efectos de un bucle local cargado sobre la atenuación eran sensacionales. La **Figura 1.3** muestra los efectos de las tres mayores familias de bobinas de carga. La atenuación se mide en decibelios (dB) por milla (1.6 kilómetros). Los decibelios son una forma de medir la potencia. El eje horizontal muestra los efectos de las tres mayores familias de bobinas de carga cuando se usan sobre bucles locales analógicos con cables de cobre 22 AWG. Estas arquitecturas de carga se denominan D y B. La curva sin carga muestra cómo la pérdida de señal es mayor cuanto mayor es la frecuencia.



**Figura 1.3 Graficas de Bobinas de Cargas**

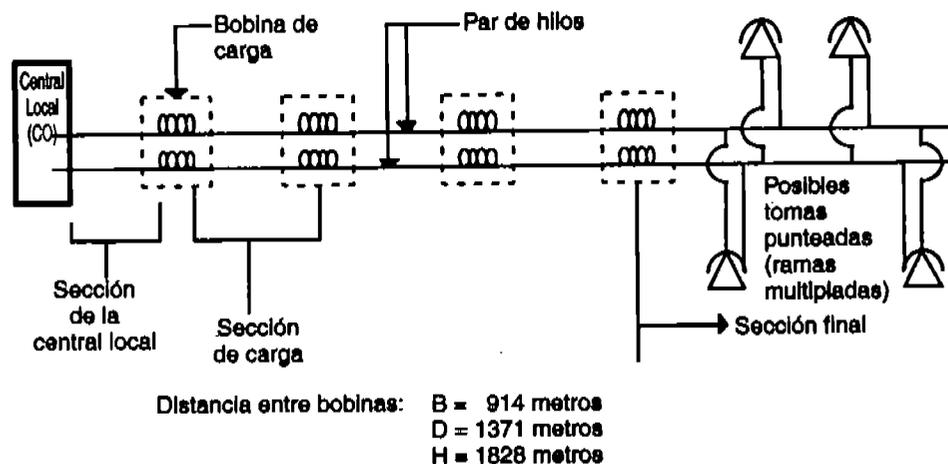
La línea cargada presenta perfiles de pérdida de señal mucho más planos, que es el resultado que se estaba buscando y el punto clave sobre los efectos de la carga. De cualquier modo, se puede observar que incluso con los esquemas de carga más comunes, D y H, la atenuación se incrementa rápidamente a partir de los 3 o 4 KHz. Esto es suficiente para la voz ya que la mayoría de los sistemas limitan las señales del bucle local a los 3,400 Hz aproximadamente; pero por encima de los

4 Khz más o menos, la atenuación de los bucles cargados es mayor que la atenuación de un bucle sin cargar con idéntica construcción.

La carga planteó un gran problema a la RDSI y a otros esquemas de digitalización de bucles locales. Con el propósito de obtener una calidad de voz aceptable en bucles locales de más de 5.5 kilómetros, las bobinas de carga normalmente son necesarias para añadir inductancia al bucle. La inductancia contrarresta los efectos de la capacitancia (que es la que causa la atenuación) sobre largas distancias.

Las bobinas de carga son como donas de hierro alrededor de la cual se enrolla cada cable del bucle UTP. La inductancia añadida depende del tamaño de la circunferencia, de la pureza del hierro, de la distancia (la cual es la que queremos aprovechar) y del número de arrollamientos del cable. El espacio existente entre las bobinas de carga también afecta a la distancia a la cual opera el bucle local. Para evitar el desarrollo aleatorio de bobinas de carga, se establecieron una serie de familias estándar de bobinas de carga y de espacios entre ellas.

La **Figura 1.4** muestra la arquitectura genérica del sistema de carga. Obsérvese que existe una central local en el extremo, uno o más espacios entre las bobinas de carga llamadas secciones de carga, y una sección final externa. Es importante señalar que la sección exterior podría extenderse decenas de kilómetros, así como que el último bucle podría dar servicio a varios teléfonos, una distribución conocida como línea compartidas. El interfaz entre la sección final exterior y cada teléfono individual de esta distribución es llamada *toma puenteada*. Estos puentes pueden estar presentes incluso cuando falta el servicio en la línea compartida, porque esas tomas no interfieren en los servicios de voz analógicos corrientes.



**Figura 1.4** Arquitectura genérica del sistema de carga

La familia de cargas se distingue por dos parámetros: primero, el espacio entre las bobinas de carga, y segundo, el número de millihenrios de inductancia que la bobina introduce en el bucle en ese punto. Los más comunes son tres: B-44, D-66 y H-88. Para referirse a estos esquemas se utilizan los términos *cargas B, D o H*. Un *millihenrio* es la unidad estándar de inductancia. Por alguna extraña razón, las unidades estándar de capacitancia y de inductancia que se establecieron eran demasiado grandes. Usar un *henrio* es como intentar pagar un café con un billete de 1,000 pesos. Un *milihenrio* es la milésima parte de un henrio y es mucho más útil para las situaciones eléctricas más comunes. Es mucho más fácil pagar el café con la unidad, es decir, con un peso.

La carga B-44 añade 44 millihenrios de inductancia al bucle. La distancia entre cargas es de 914 metros. La D-66 añade 66 milihenrios de inductancia por lo que la distancia entre cargas es mayor, llegando hasta los 1,371 metros. La carga H-88, la más común, añade 88 milihenrios de inductancia y las bobinas se encuentran a 1,828 metros.

Un punto a tener en cuenta es que la central local se encuentra a la mitad de distancia de la primera bobina de carga. Así, para la carga H-88, este espacio entre la central local y la primera bobina es de 914 metros.

### 1.6.2 CARACTERÍSTICAS DEL BUCLE ANALÓGICO

No todos los bucles locales sufrían una atenuación excesiva. La mayoría de lo abonados de la PSTN, casi el 80 por ciento, se encuentran a menos de 5.5 kilómetros de la central local más cercana.

El resto de los abonados se conectaban de diferentes maneras. La carga de las líneas, que añadía inductancia extra para contrarrestar los efectos de la capacitancia producida por la distancia, podía extender el bucle hasta los 9 kilómetros. *Extensores de línea* especiales (normalmente amplificadores) también podían usarse para alargar la distancia hasta unos 7.5 kilómetros. Los extensores de línea normalmente no son dispositivos estándar y por eso deben ser acoplados correctamente en el bucle. Esto no suele ser un problema, dado que la misma entidad controla ambos dispositivos.

En muchos casos, el par de cobre era puentado a los hogares. Podía ser para soportar distribuciones de líneas compartidas (una característica antigua) o sólo porque era una solución sencilla. Por ejemplo, si 100 pares se instalaban en un bloque de edificios y posteriormente se instalaba un nuevo teléfono, era más sencillo puentear este nuevo para a otro ya existente que tender un cable nuevo. De manera casi universal, el cable puentado, no era cortado porque la nueva línea podría servir en un futuro para algún otro abonado. Estas conexiones no presentaban dificultades para el servicio analógico de voz.

Finalmente, no era inusual combinar diferentes calibres en bucle local UTP. El pasar del calibre 24 al calibre 26 era una práctica común, pero también se

combinaban otros calibres. Esto no presentaba ningún problema para la voz, aunque algunas veces se producían débiles ecos porque las señales siempre se reflejan, cuando las características eléctricas de un medio cambia, como ocurre cuando se combinan diferentes calibres.

Las bobinas de carga, los extensores de línea, conexiones puenteadas (también conocidas como ramas multipladas), y la combinación de calibres destruían la mayoría de las señales digitales. Las ramas multipladas las debilitaban y las reflejaban (las líneas sin ningún dispositivo en su extremo final eran largas antenas), la combinación de calibres también las reflejaban y las bobinas de carga y los extensores de línea limitaban el ancho de banda disponible porque estaban sintonizados para la banda de voz entre los 300 y los 3,400 Hz. Las ramas multipladas actúan como líneas de retardo y se pueden extender desde los 300 a los 1,500 metros desde la línea principal y también influyen en la atenuación de la línea en la frecuencia asociada a la longitud de onda de la rama multiplada.

En general, los abonados que se encontraban a menos de 5.5 kilómetros estaban en mejor situación ya que no tenían empalmes de cables ni mezclas de calibres. De hecho, las especificaciones de la RDSI proponían tendidos de cable de calibre 24, sin ramas multipladas, con una longitud máxima de 5.5 Kilómetros.

### 1.6.3 CONFIGURACIÓN CSA

Los sistemas de carga no son el único modo de extender el alcance del bucle local de abonado. Además, los sistemas de carga tienen que ser diseñados y balanceados para cada bucle local. Demasiada carga (técnicamente, inductancia) haría que los bucles tuviesen molestos ruidos y zumbidos de fondo; una carga escasa haría que la voz fuese demasiado débil y difícil de escuchar; cada bucle debía tener su propio conjunto de bobinas de carga.

A finales de los años 60 y en los años 70 las tecnologías digitales habían madurado lo suficiente para que se considerase su uso en el mundo de los bucles locales analógicos. Esto acercó los beneficios de los troncales a los bucles locales, como mejoras en la calidad de la voz y capacidades más altas. De cualquier modo, existía una arquitectura que combinaba aspectos de los troncales y de los bucles, llamada *Carrier Serving Area* (CSA).

### 1.7 LA CALIDAD DE TRANSMISIÓN EN EL PAR DE COBRE

La tecnología HDSL utilizan pares de cobre y en comparación con fibra óptica sufre más interferencia electromagnética, estas interferencias que sufre el par de cobre, se busca que con la tecnología HDSL se pueda parecer a la calidad de la fibra en el bucle local del abonado.

Por lo que es importante mencionar algunos de los factores que influyen en la calidad de transmisión y algunas de las soluciones que se utilizan para corregir dichas fallas:

Mantenimiento al par de cobre con tecnología HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line)  
Capítulo 1.- Antecedentes y Conceptos Básicos.

- Eco
- Atenuación
- Filtrado de paso-bajas
- Diafonía
- Cuantización
- Ruido de impulso
- Interferencia de radio-frecuencia

El eco o efecto bucle es un tipo de ruido producido por la reflexión de la señal transmitida desde un punto distante en la red telefónica, donde las impedancias de la línea no son similares.

Existe un defecto en la pérdida de los niveles de la señal conforme pasa a través del par de cobre, se mide en decibeles (dB).

Atenuación =  $10 \log (\text{potencia de salida} / \text{potencia de entrada})$  [dB]

Atenuación =  $20 \log (\text{voltaje de salida} / \text{voltaje de entrada})$  [dB]

Dicha distorsión en un par de cobre existe también en un enlace HDSL que aumenta con la frecuencia. Las altas frecuencias son más atenuadas que las bajas frecuencias y por lo tanto deforman los pulsos digitales.

Entre diferentes pares dentro de un mismo cable habrá interferencia llamada diafonía. Cerca de una LTU o NTU, la potencia de señales transmitida es alta mientras que la potencia de señales recibidas es baja (sufrieron atenuación), así que la interferencia entre señales digitales y entre pares es más crítica cerca de la señal de terminación.

También habrá interferencia desde pares del mismo cable de señales de voz, de módems, de timbrado y de discado hacia los pares con señales HDSL. Cuando el resultado de la diferencia entre la señal original (analógica) y su equivalente causa un cierto grado de ruido, se les llama ruido de cuantización.

El ruido de impulso viene del exterior del cable de cobre y es causado por aparatos eléctricos y electrónicos como motores, balastras, transformadores y muchos más. Las estaciones de radio también pueden causar interferencias molestas porque transmiten en las bandas de frecuencias que utiliza HDSL y el cable funciona como antena de recepción. El equipo HDSL debe filtrar estas interferencias, aunque en ocasiones el ruido en la línea puede causar errores en la transmisión.

Estas interferencias generan voltajes en los hilos del par de cobre. Al trenzar el par de hilos entre sí, los voltajes de ruido que se generan en ambos hilos serán aproximadamente iguales y por lo tanto, la diferencia entre voltajes en cada hilo será mínima. Al final del trayecto los voltajes de ruido sobre cada hilo se eliminan entre sí.

En los extremos de la línea HDSL, la diferencia entre los niveles de transmisión y de recepción es máxima. Esto quiere decir que las interferencias entre pares son grandes (las señales de transmisión son de alta potencia, mientras que las señales de recepción son de muy bajo nivel, así que el ruido generado en la recepción es muy fuerte).

**Por lo tanto, es importante de mantener torcidos los alambres sobre toda su longitud y especialmente en los extremos del enlace.**

## **1.8 CONMUTACION DE PAQUETES Y CONMUTACION DE CIRCUITOS**

Una red basada en la conmutación de circuitos trabaja mejor cuando los dispositivos finales o los propios usuarios tienen, al menos la mayoría del tiempo, una acción constante en referencia a la duración de la llamada. Una red basada en la conmutación de circuitos dedica todo el ancho de banda durante todo el tiempo a una llamada determinada. Si alguien efectúa una llamada a través de la red telefónica, el troncal (en la mayoría de las ocasiones) reservará 64 Kbps en cada dirección para los bits que representen las señales vocales. Estos 64 Kbps normalmente codifican un silencio, al menos en una dirección, ya que la mayoría de las personas escuchan cortésmente mientras la otra parte está hablando. Estos 64 Kbps no pueden ser utilizados por ninguna otra persona, ni siquiera por el proveedor del servicio, mientras no finalice la llamada. Los dos canales de 64 Kbps que representan el circuito de voz pertenecen a los usuarios finales durante la duración de la llamada.

Mientras la duración de las llamadas era de sólo unos minutos, este esquema funcionaba bastante bien. La red de troncales y conmutadores podía manejar muchas llamadas, una detrás de otra. En algunas ocasiones, con el servicio medido, esto proporcionaba mayores beneficios porque más llamadas completadas significaban más dinero. En otras ocasiones, con la tarifa plana, el beneficio era menos evidente, pero existía de todos modos. Más llamadas completadas conllevaban usuarios más satisfechos, que generaban menos quejas a los organismos reguladores que entonces miraban con buenos ojos los incrementos en las tarifas, lo que reportaba mayores beneficios.

Consideremos dos personas al teléfono discutiendo sobre hacer un viaje a un lugar determinado cierto día de la semana. El itinerario debe ser coordinado y consultado, quizá con las esposas que están presentes en la casa, pero no junto al teléfono. No hay problema, el botón de espera permitiría a uno de los comunicantes comprobar la disponibilidad de la señora y retomar de nuevo la conversación. Pero este nuevo plan de viaje puede afectar a la hora o al día que inicialmente se había propuesto. De nuevo en espera, de nuevo se retoma la conversación. Quizá la nueva fecha pueda provocar un nuevo cambio sobre el lugar de destino, llevando a una repetición del ciclo. Al final, varios minutos de conversación pueden haber estado salpicados por largos períodos de silencio. Incluso con el servicio medido puede ser más rentable mantener una llamada que marcar el número de teléfono

una y otra vez, dado que las tarifas normalmente son menores a partir de los tres minutos más o menos.

En este caso, el patrón no es conectar hablar desconectar. El patrón que se sigue es conectar – hablar - espera - hablar - espera - hablar, etcétera. Mientras una llamada está en espera, no se envían bits significativos a través de los canales de 64 Kbps de los troncales ni a través de los conmutadores de circuitos, pero, ni aun así, ni los canales de los troncales ni los puertos de los conmutadores pueden ser usados para enviar otra información significativa.

Si los datos transmitidos entre clientes y servidores tienen una característica predominante, ésta es la de ser *a ráfagas*. Normalmente, estos flujos de datos son extraordinariamente intermitentes.

Un aspecto importante de Internet y de la Web, y probablemente el que más contribuyó a su auge y expansión, es que Internet existe para conectar un dispositivo de cliente de un extremo de la red *a todo*. Más y más gente utiliza las líneas de acceso de la red telefónica para el acceso a Internet en lugar de para efectuar llamadas telefónicas.

En Internet, la información se envía y se recibe en forma de *paquetes*. Los paquetes son unidades con una longitud variable que oscila entre unos tamaños máximos y mínimos. En Internet, los paquetes se ajustan a las reglas establecidas en el conjunto de estándares del *Internet Protocol Suite*, que se conocen con el nombre de TCP / IP.

En Internet y en la Web, todos los paquetes se ajustan al Internet Protocol (IP). La información contenida en los paquetes puede ser de cualquier tipo. Hoy en día el contenido de un paquete en Internet y en la Web puede ser un fragmento de un fichero, en mensaje de correo, voz digital (Voz sobre IP ó VOIP) o incluso vídeo digital.

En estos dos últimos casos, el término digital o conocido por alguno como *paquetizado* quiere significar que la voz y el vídeo tradicionalmente han sido manejados por redes basadas en la conmutación de circuitos (como la red telefónica y las redes de TV por cable) en lugar de por redes basadas en la conmutación de paquetes. Con ayuda de las técnicas de digitalización y compresión, este tipo de voz y vídeo se asemeja a datos más que a cualquier otra cosa. La conmutación de paquetes es también más eficiente con datos a ráfagas.

Los paquetes eran siempre utilizados como la unidad básica de información en Internet, pero para conectar los nodos de Internet (llamados entonces *gateways* o en lugar de ruteadores) se necesitaban largos enlaces. Dado que estos enlaces interconectan nodos de Internet, tiene sentido llamarlos troncales. ¿De donde consiguió Internet los troncales? de la red telefónica, en forma de líneas privadas delgadas punto a punto (en algunos casos eran líneas dial-up, pero aun así seguían siendo circuitos).

Ciertamente, cuando un troncal conectaba un nodo de Internet A, a un nodo de Internet B, eso era todo lo que conectaba. Una conexión dial-up, podría conectarlo posteriormente a un nodo de Internet C, pero no mientras el nodo A estuviese conectado al nodo B. Nos encontramos de nuevo con el problema telefónico. Esta vez la solución adoptada fue que los *gateways* (puertas de entrada) dirigieran los paquetes de un enlace (troncal) a otro. Hasta ahora, esto no era nada más que el truco de las viejas centrales de conmutación aplicado a Internet. Cuando alguien que utilizaba esta primitiva red quería enviar un fichero a algún lugar, se necesitaba disponer de un circuito. Si algún otro usuario quería enviar un correo electrónico en el mismo momento, y quizá incluso al mismo lugar, se habría encontrado con un problema: el circuito ya estaba ocupado. Los circuitos reservan todo el ancho de banda durante todo el tiempo para *una* tarea. Naturalmente, era muy costoso dedicar un circuito a cada usuario potencial. Desde luego, las aplicaciones que la gente ejecutaba seguían siendo tan intermitentes como siempre. Una gran cantidad de valioso ancho de banda estaba infrautilizado en esos circuitos mientras la gente daba vueltas y más vueltas a estudios y experimentos.

Para ahorrar dinero y hacer un uso más eficiente de estos largos y costosos troncales, la gente relacionada con Internet dio un gran salto al dejar atrás la conmutación de circuitos y adoptar la conmutación de paquetes para Internet. De este modo, los paquetes podían ser conmutados individualmente de troncal a troncal, no basándose en el circuito en el que estaba el paquete, sino en la aplicación final de destino para la cual llevaba información el paquete (ésta es la forma que tiene un único enlace de una red basada en la conmutación de paquetes de conectar un dispositivo final a cualquier otro dispositivo de la red). El conmutador de paquetes, ahora llamado ruteador de Internet, podía enviar un paquete literalmente a cualquier lugar de la red, basándose en la dirección de destino contenida en la cabecera del paquete.

De este modo, un cliente con un PC en lugar de necesitar un circuito dedicado para enviar un correo electrónico a un servidor de correo, otro circuito para transferir ficheros a otro PC y otro para acceder a un servidor Web, sólo necesitaba un único enlace para realizar todas estas actividades. Los paquetes solamente contenían diferentes direcciones que permitan a los ruteadores actuar como nodos de conmutación de paquetes para distribuirlos de manera apropiada.

Resumiendo, los paquetes pueden ser combinados y enviados a varios destinos utilizando un único enlace, que puede ser un circuito telefónico dial o un circuito dedicado. En la RDSI, que comparte muchas de las características de Internet, este enlace para servicios RDSI sería el canal B, que puede operar en *modo circuito* o en *modo paquete*, pero no en ambos a la vez.

## Capítulo 2

### LA FAMILIA XDSL.

Para hablar de HDSL, tenemos que conocer su origen, o sea, cual es la familia y las características generales que comparten. Estas tecnologías forman una familia llamada comúnmente tecnologías XDSL (de acuerdo a sus siglas en Ingles, *X-type Digital Subscriber Line*), lo que conocemos como *línea de abonado digital de tipo X*, donde la X puede ser alguna letra del alfabeto, representando alguna de las variantes de la tecnología, enfocando el tema hacia el miembro de esta familia llamado HDSL. Es importante observar que algunas de estas tecnologías están basadas en los módems, esto es, algunas tecnologías de la familia XDSL utilizan métodos de señalización analógica para transportar información analógica o digital a lo largo de la línea de acceso o del bucle local. Por supuesto, tienen mucho en común con otras tecnologías de módems. Otros miembros de la familia XDSL utilizan auténticas soluciones CSU / DSU. Estas tecnologías utilizan señales digitales para transportar información digital (en contadas ocasiones transportan información analógica) a lo largo de la línea de acceso o del bucle local.

El rasgo familiar que une a toda la familia, es que están basados en los pares de cobre existentes e instalados en los bucles locales, un ejemplo sería, la empresa Telmex, que al contrario de otras empresas, requieren de las soluciones alternativas que necesitan redes e infraestructuras totalmente nuevas, por ejemplo, la empresa AT&T (que se requiere instalar fibra óptica, lo cual genera un costo muy elevado). Una vez que se pueden utilizar las frecuencias superiores a 4,000 Hz, es posible alcanzar altas velocidades en el bucle local. La familia XDSL es un conjunto de soluciones "basadas en el cobre", por lo que logramos el mantenimiento al par de cobre con tecnología HDSL y cada una de sus integrantes de la familia.

#### 2.1 MANTENIMIENTO AL PAR DE COBRE

Las soluciones utilizadas en el par de cobre, para su mantenimiento son muchas, debido a los problemas de sobrecarga de la red telefónica producidos por los paquetes de datos y de servicios interactivos de banda ancha. Algunas soluciones implican la construcción de sistemas completamente nuevos basados en redes de radio o de satélites, no hay nada malo en ello. De todos modos, puede ser deseable comenzar con algo que ya existe, para tomarlo como base o mejorar las capacidades funcionales del bucle local analógico de cobre. La única solución basada en el uso del bucle local de cobre no considerada aquí son los módems de 56 Kbps ya que no hacen nada para evitar los problemas con los conmutadores de

la Red Telefónica. Por cierto, con los módems de 56 Kbps pueden empeorar las cosas, al promoverse largas conexiones sobre los conmutadores de voz.

Este método no implica menospreciar los módems de cable u otro tipo de soluciones. Solamente es un método más práctico. Por ejemplo, dado que más del 90 por ciento de los sistemas de TV por cable operan exclusivamente de un Modo Unidireccional (en sentido descendente), la adaptación de estos sistemas para los módems de cable implicaría la reconstrucción total de la Infraestructura. Una solución más realista y más rentable sería la siguiente:

1. Conseguir el máximo provecho de los bucles locales analógicos.
2. Incluir algún tipo de compatibilidad con los equipos vocales existentes (teléfono analógico).

De momento, parece ser que las soluciones basadas en el cobre satisfacen estos dos criterios.

La Línea Digital de Abonado (DSL), comenzó al mismo tiempo que la *Red Digital de Servicios Integrados* (RDSI), que fue creada para fomentar la digitalización extremo a extremo de la Red Telefónica Conmutada, desde un dispositivo de usuario (teléfono, PC, etc.) hasta otro dispositivo de usuario. La RDSI fue el primer servicio DSL y su posición como primera tecnología basada en DSL nunca debería ser olvidada.

Para servicios residenciales, la RDSI DSL toma la forma de Interfaces Básicos BRI (*Basic Rate Interface*). El BRI opera a 144 Kbps *full-duplex* (esto es, en ambas direcciones), divididos en 2 canales B que operan a 64 Kbps cada uno, y una canal D para señalización y datos que opera a 16 Kbps. Los dos canales B pueden unirse para alcanzar 128 Kbps en la mayoría de las ocasiones, aunque no en todas ellas. El conmutador RDSI debe permitir esta fusión utilizando los números de Identificación del Proveedor del Servicio (SPID). En algunas ocasiones el conmutador de la RDSI utiliza estos números de tal manera que hace imposible la unión de los canales en estos conmutadores.

Algunas tecnologías XDSL son denominadas en ocasiones *dúplex*, porque el sentido de que las velocidades son idénticas en ambas direcciones. Obsérvese que el término *dúplex* difiere del termino simétrico o asimétrico, ya que tiende a parecer confuso. Cuando es dúplex puede ser simétrico con la misma velocidad en ambos sentidos y asimétrico diferente velocidades en cada una de sus direcciones o sentido. A pesar de este uso del término *dúplex*, es más normal describir las velocidades de DSL como simplemente simétricas (la misma velocidad en ambas direcciones) o asimétricas (diferentes velocidades en cada dirección).

De cualquier modo, muchos servicios residenciales de banda ancha son claramente asimétricos, como el vídeo bajo demanda o el acceso a Internet. Es decir, la cantidad de tráfico enviado en sentido ascendente (upstream) desde un PC cliente es mucho menor que el tráfico enviado en sentido descendente

(downstream) por un servidor Web hacia un usuario. En este caso, tiene más sentido permitir velocidades más altas en sentido downstream que en sentido upstream.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA FAMILIA XDSL

Se describe brevemente las diferentes miembros de la familia XDSL, donde se encuentra la tecnología HDSL que es el tema de estudio.

**HDSL, (High-bit-rate DSL) que significa DSL de alta velocidad y HDSL2 (una versión actualizada de HDSL) es una tecnología dúplex (con velocidades simétricas). La velocidad en *upstream* y en *downstream* es de 1.5 Mbps en los Estados Unidos o 2.0 Mbps en otras zonas del mundo. Esto coloca al HDSL a la altura de la velocidad DS-1 de la portadora-T en Estados Unidos y la velocidad de un enlace E1 de la portadora-E en el resto del mundo (en Europa y en México, por ejemplo una Interfaz E1 opera a 2.0 Mbps). De hecho, HDSL y HDSL2 están diseñados para el transporte de un enlace E1 sobre líneas de cobre y a menudo se utilizan como un método efectivo para desplegar servicios E-1. El cliente ve y adquiere un enlace E1, pero en el interior de la red es administrada como HDSL o HDSL2. Como una moderna y mejorada E-1, HDSL y HDSL2 a menudo se utilizan para los mismos propósitos, como servicios portadores para instalaciones como los sistemas DLC, para interconexión de LAN o como líneas de acceso WAN dedicadas.**

La siguiente tecnología a considerar es la DSL *simétrica* (SDSL). Durante un tiempo, SDSL pareció ser una variante prometedora de HDSL, diseñada para hacer todo lo que hacía HDSL y algo más. Por ejemplo, SDSL era capaz de operar a 1.5 o 2.0 Mbps en ambas direcciones, pero sólo a distancias determinadas, menores que las que alcanza HDSL. En su forma más común, SDSL se dedicará a soluciones que ofrecerán velocidades por debajo de un enlace E1.

Algunas tecnologías XDSL son asimétricas por naturaleza. Las velocidades *upstream* son normalmente menores que las velocidades *downstream*. Dada la naturaleza extremadamente asimétrica de la mayoría de las interacciones cliente-servidor, especialmente en la Web, esto no debería ser un inconveniente. Una posible excepción se puede presentar cuando un usuario residencial o una pequeña empresa quiera montar un servidor Web propio. En este caso, naturalmente, es deseable tener al menos velocidades simétricas. Por lo que HDSL o HDSL2 es una buena solución para estos usuarios.

La DSL *asimétrica* (ADSL) y su pariente cercano la DSL de velocidad adaptable (*Rate Adaptive DSL RADSL*) no difieren mucho entre sí, en términos de velocidades y distancias. De hecho, desde que la mayoría de los equipos ADSL son de velocidad adaptable, tiene menos sentido distinguir entre ADSL y RADSL, aunque se haga por razones históricas y educativas. Ambos operan a velocidades comprendidas entre 1.5 Mbps y 8 Mbps en sentido *downstream* y 16 Kbps y 640 Kbps en sentido *upstream* (hoy en día pueden llegar incluso a 1 Mbps en *upstream*).

Ambos tienen una gran variedad de aplicaciones, todas ellas centradas en el campo de las aplicaciones interactivas multimedia. ADSL y RADSL funcionarían sin problemas para un acceso simple a Internet o a la Web. Incluso para servicios de *video bajo demanda* o servicios de TV unidireccional, las velocidades más altas tanto de ADSL como de RADSL serían más que adecuadas. ADSL y RADSL también podría ser un servicio clave para el acceso a LAN remotas para teletrabajadores. Por supuesto, tanto ADSL como RADSL permiten continuar con el uso de los teléfonos analógicos existentes, una ventaja extra.

RDSI DSL (*ISDN DSL*) o IDSL. Puede sonar algo extraño porque la RDSI ya emplea una DSL, pero esta combinación de hecho tiene sentido. IDSL soporta la estructura del acceso básico de la RDSI (2B+D) que opera a 144 Kbps en ambas direcciones. El problema está en que los BRI de la RDSI se utilizan en gran medida para obtener un acceso rápido a Internet y a la Web. IDSL desvía el tráfico de los BRI de la RDSI del conmutador de circuitos cuando se utiliza la línea para el acceso a Internet, aliviando en gran manera la congestión del conmutador, permitiendo que otros usuarios más reales de la RDSI puedan utilizar el conmutador. El canal D del BRI ya no puede ser utilizado para transportar la señalización de las conexiones de voz, pero si se utiliza el BRI de manera exclusiva para el acceso a un ISP, esto deja de ser un problema.

La DSL de *muy alta velocidad* (*Very High Speed DSL*) o VDSL. Es una tecnología ambiciosa y prometedora. Considerada normalmente una tecnología asimétrica, las especificaciones de VDSL demandan una configuración simétrica opcional. Las velocidades de VDSL no pueden alcanzarse plenamente sobre bucles locales de demasiada longitud y debe emplear DLC (*Digital Loop Carrier*) de fibra, o sea, *Portadora Digitales de Bucle de Fibra*, sobre la mitad de distancia que separe al usuario de la central de conmutación. Se alcanzan sorprendentes velocidades de entre 13 Mbps y 52 Mbps en sentido *downstream* y unos considerables 1.5 a 6.0 Mbps en sentido *upstream*. Soporta todas las aplicaciones para las que fueron diseñadas ADSL y RADSL, así como servicios de televisión digital de alta definición (HDTV). VDSL es normalmente considerada la última evolución de las tecnologías XDSL.

Obsérvese que las velocidades XDSL varían en ambas direcciones, dependiendo de las características físicas de los bucles locales analógicos. Aunque una casa pueda disfrutar con ADSL de una velocidad de 1.5 Mbps en sentido *downstream*, otra casa situada en la calle paralela puede obtener sólo una velocidad de 768 Kbps en sentido *downstream*. De todos modos, en la mayoría de los casos, las velocidades superan varias veces las alcanzadas con módem corrientes o con accesos BRI de la RDSI.

Otro punto al que se debe prestar una atención especial es el hecho de tratar con cuidado los límites de velocidad y distancia. En la mayoría de los casos, éstos son sólo *parámetros de diseño* y no son siempre exactos. Los distribuidores siempre destacan los aspectos de velocidad y distancia de XDSL. Lo que siempre es cierto es que las mayores velocidades se alcanzan con las menores distancias.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA XDSL.

Se presta una atención especial al funcionamiento técnico. Existen nuevas variaciones, como por ejemplo la MultiSpeedDSL (MDSL), pero son relativamente recientes, tecnologías abanderadas por uno u otro distribuidor y que son difícilmente aceptables como miembros de la familia de pleno derecho. El orden que se ha establecido ha sido cronológico. Esto es, **HDSL fue lo que primero apareció**, y VDSL es la tecnología más moderna y reciente, con la excepción de CDSL (Consumer DSL) por razones que se comentarán más adelante.

Recordemos que los límites de velocidad y distancia se deben tratar con cautela; los consideraremos parámetros de diseño, no unas reglas inflexibles. Los distribuidores siempre destacan el envoltorio de XDSL, por lo que en muchos casos es posible encontrarse con productos HDSL basados en la modulación de *Multitono Discreta* (DMT *Discrete MultiTone*), ADSL a 1.5 Mbps con un alcance de hasta 5.5 kilómetros y SDSL con soporte analógico por medio de filtros (sólo por mencionar alguna de las variantes que podemos encontrar).

Los miembros de la familia XDSL se explican a continuación:

**HDSL / HDSL2 High-bit-rate DSL (DSL de Alta velocidad).** Como se mencionó previamente, HDSL opera a 1.544 Mbps (la velocidad del enlace T1) en los Estados Unidos (realmente en la mayor parte de Norteamérica) y a 2.048 Mbps (La velocidad del enlace E1) en prácticamente todo el resto del mundo. Ambas velocidades son simétricas (La misma velocidad en ambas direcciones). El HDSL original a 1.544Mbps utilizaba 2 pares de cobre y se extendía hasta 4.5 kilómetros. El HDSL a 2.048 Mbps necesitaba 3 pares para las primeras versiones y 2 pares para los equipos actuales, que se extiende a 5.5 Kilómetros. Las últimas versiones de HDSL, conocidas como HDSL2, emplean sólo un par de hilos y se espera que se conviertan en un estándar para garantizar la compatibilidad entre equipos, el cual siguen a prueba. Para nuestras pruebas se utiliza un HDSL con dos pares.

**SDSL Symmetric DSL (DSL Simétrico o DSL de par único).** Si el objetivo de la tecnología XDSL es la reutilización de los bucles locales analógicos, entonces quizá lo mejor sea emplear un único par de hilos, que es de lo que se componen los bucles locales analógicos. SDSL utiliza sólo un par de hilos, pero tiene su tope en los 3 kilómetros, al menos en sus especificaciones de diseño. No obstante, las velocidades son las mismas que en HDSL. SDSL se ofrece normalmente a 768 Kbps. Dado que parece que HDSL2 hará todo lo que puede hacer SDSL y seguramente algo más, parece probable que SDSL sea reemplazado por HDSL2.

**ADSL Asymmetric DSL (DSL Asimétrico).** SDSL utiliza sólo un par de hilos, pero la necesidad de soportar velocidades simétricas, limita la distancia. ADSL aprovecha la naturaleza asimétrica de muchos servicios de banda ancha y a la vez amplía la distancia a la que puede operar hasta los 5.5 kilómetros.

**RADSL Rate Adaptive DSL (DSL de velocidad adaptable).** Normalmente, cuando se instala un equipo se asume que se cumplen algunos criterios mínimos para operar a una velocidad dada. Esto ha sido así con tecnologías anteriores, tales como la portadora-T o la RDSI. RADSL, al utilizar la modulación DMT (característica también de ADSL) puede adaptarse a cambios en las condiciones de la línea y ajustar las velocidades por separado para maximizar el rendimiento de cada línea individual.

**CDSL Consumer DSL (DSL de Consumidor).** Aunque está relacionada de manera cercana con ADSL y RADSL, CDSL mantiene algunas diferencias para ostentar una entrada en la tabla. CDSL es generalmente más modesto en términos de velocidad y distancia comparado con ADSL y RADSL, pero tiene una clara ventaja: con CDSL no hay que preocuparse por los dispositivos conocidos como splitters (filtros). La función de estos filtros en la casa del usuario es la de permitir la utilización de teléfonos y faxes de la misma manera que se utilizaban con anterioridad. La ventaja de CDSL es que no necesita este filtro y su cableado asociado.

**ISDL ISDN DSL (DSL de RDSI).** Esta técnica toma el acceso básico (BRI) de la RDSI, compuesto por los canales 2B+D, que opera a 144 Kbps (dos canales B a 64 Kbps cada uno y un canal D a 16 Kbps), y lo desvía del conmutador de voz de la RTC para dirigirlo a los equipos XDSL. ISDL también funciona sobre un par de hilos y alcanza 5.5 kilómetros.

**VDSL Very High-Speed DSL (DSL de muy alta velocidad).** Es el miembro más reciente de la familia, es considerado el último objetivo de la tecnología DSL. Las velocidades son las más altas posibles, pero con un alcance de sólo entre 300 y 1,300 metros sobre un par de cobre trenzado. Esto no es un problema para VDSL. VDSL espera encontrar una red de fibra en ese punto, y también tiene proyectado transportar celdas ATM (Asynchronous Transfer Mode), que es una tecnología basada en el Modo de Transferencia Asíncrono, no como una opción, pero sí como una recomendación.

## 2.4 HDSL COMO UN ENLACE E1 SIN REPETIDORES

El sistema de troncales multiplexados de enlaces E1 formaba la base de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). En su forma de acceso Primario (PRI), un enlace E1 ofrecía al mercado corporativo y de negocios un acceso de 2.048 Mbps a un conmutador RDSI. De todos modos, en la mayoría de los casos, estos 2.048 Mbps se ofrecían como 30 canales de 64 Kbps. En su forma de acceso básico (BRI), de manera conceptual, se proporcionaba al cliente residencial (o pequeña empresa) un trozo del enlace E1 con un acceso de 144 Kbps a un conmutador RDSI. De cualquier modo, estos 144 Kbps se suministraban en la mayoría de los casos como 2 canales de 64 Kbps y un canal de 16 Kbps para señalización o datos. Normalmente los dos canales de 64 Kbps se podían unir para formar uno de 128 Kbps.

Hasta ahora, parece no haber ningún problema; pero la velocidad de los módems analógicos creció y creció hasta acercarse a los 64 Kbps, y las velocidades de la RDSI "que un día parecieron velocidades rapidísimas" se mostraban relativamente lentas para muchos servicios. Incluso los Primarios eran a menudo canalizados en fracciones de 64 Kbps.

En México, como el resto de Latinoamérica y Europa, excepto Japón, los Primarios (PRI) se suministran sobre un enlace E1 y no sobre un enlace T1. El enlace T1 es muy parecida al enlace E1 en el sentido de que existen canales de 64 Kbps. Donde el enlace el enlace T1 de Estados Unidos proporciona 24 canales, el enlace E1 proporciona 32, dedicándose 30 a la Información de usuario. La velocidad del enlace T1 es de 1.544 Mbps.

Un enlace T1 o un enlace E1 necesitaban dos pares de hilos y repetidores de línea que limpiaban y reconstruían la señal digital) cada 1,800 metros. Esto hizo que el uso generalizado del enlace T1 para servicios residenciales fuese una opción muy costosa, ya que cada circuito tenía que ser diseñado cuidadosamente. De todos modos, si un enlace E1 utiliza sólo un par de hilos o si no necesitase ningún tipo de repetidor amplificador para largas distancias, quizá el enlace E1 descubriera una nueva vida tecnología DSL residencial. HDSL fue diseñado especialmente para cumplir estos propósitos.

Bellcore propuso HDSL a mediados de los años 80 para dar solución a los límites velocidad de los canales RDSI y las restricciones de nivel físico del enlace E1 en los primarios (y por tanto en los básicos). A HDSL se le llamó en aquella época modelo de reemplazo del enlace T1 / E1 sin repetidores. Lo que Bellcore adaptó fue un esquema que aún utilizaba el mismo código de línea 2B1Q (dos binario, uno cuaternario) que el BRI RDSI DSL, pero que ahora quedaba definido de tal modo que alcanzase los 1.024 Kbps sobre un par de hilos hasta una distancia de 3.6 kilómetros sin repetidores (Algunos productos HDSL utilizan otra codificación de línea como CAP o incluso DMT). Los 1.024 Kbps representan 16 canales de 64 Kbps, junto con el canal de señalización de 16 Kbps del BRI.

Cuando el HDSL original fue desdoblado hasta ocupar dos pares de hilos, HDSL fue capaz de alcanzar 2.048 Mbps en cada dirección, al igual que el enlace E1, pero sin repetidores cada 1,800 metros. Se toleraban incluso algunas ramas multipladas, siempre que no fuesen muy largas. Los 3.6 kilómetros se aplicaban al bucle al que se conectaba el terminal remoto (RT) en una determinada *área de servicio de portadora CSA* siempre que éste fuera de calibre 24 (24 AWG). Si el bucle era de calibre 26 (26 AWG) el límite estaba en los 2.7 kilómetros. De cualquier modo, la línea HDSL seguía necesitando dos pares de hilos de cobre, lo cual limitaba la aplicación de HDSL a clientes residenciales y pequeñas empresas, donde era complicado obtener un segundo par de cobre.

Las versiones iniciales de HDSL a 2.0 Mbps (velocidades del enlace E1) solamente reutilizaban los chipsets disponibles que trabajaban a 784 Kbps, por lo que necesitaban un tercer par de cobre para alcanzar los 2.048 Mbps del enlace E1.

Debido a que los dos pares en HDSL operaban a 784 Kbps, se necesitaba uno más para ir más allá de esta velocidad. Las versiones más novedosas de los productos HDSL pueden operar a 1.168 Mbps sobre cada par, lo que hace posible soportar las velocidades del enlace E1 sobre dos pares. Además, HDSL no necesita una planificación especial en el bucle, ni necesita repetidores siempre que este bucle sea menor de 3.6 kilómetros y la velocidad es idéntica a la conseguida con un enlace T1.

La ventaja principal de HDSL es que permite a los proveedores de servicios ofrecer del enlace E1 de un modo rápido y económico. Funciona prácticamente con cualquier bucle local. No se necesita un diseño especial de la línea, ni ningún tipo de repetidores o amplificadores y siempre existirá un par de hilos disponible. Esto hace que los proveedores de servicio reduzcan el coste mensual de lo que, en esencia, sigue siendo un servicio de enlace E1, aunque internamente se implemente sobre HDSL.

Se puede observar que HDSL no opera a través del conmutador de la Red Telefónica Pública. HDSL es sólo una solución para las líneas privadas delicadas. El otro extremo de un enlace HDSL es otra línea de acceso utilizada como línea privada. No existen señales analógicas sobre una línea digital que utilice 2B1Q, a no ser que se haga un esfuerzo extraordinario para conseguirlo. Además, un bucle local empleado para HDSL no puede utilizarse con teléfonos analógicos simultáneamente, excepto en extrañas configuraciones.

No se ha hecho ninguna previsión en HDSL sobre temas de compatibilidad con los teléfonos analógicos. Presumiblemente, una unidad de codificación digital especial se conectaría a estos teléfonos de tal modo que pudieran utilizar uno de los canales de 64 Kbps. Otra opción sería retirar los teléfonos analógicos y sustituirlos por teléfonos digitales. A menudo, se utilizan pequeñas centralitas PBX (*Private Branch Exchange*).

En algunas ocasiones, especialmente en estos últimos años, la versión básica de HDSL que utiliza un único par de hilos se ha empleado a bajas velocidades MDSL (denominadas en ocasiones SDSL o incluso DSL de Velocidad Media), que puede llegar a alcanzar los 6.7 kilómetros. De cualquier modo, las pruebas realizadas sobre distancias de 6.7 kilómetros muestran unas velocidades de 272 Kbps en la mayoría de los casos. Aun así, las distancias mejoran cada día con nuevos productos. De cualquier modo, todo esto puede cambiar con la introducción y estandarización de HDSL2, el cual solo se menciona y no se profundiza esta evolución de HDSL.

## 2.5 CÓDIGO DE LÍNEA 2B1Q Y RDSI

Podría ser una buena idea estudiar un poco más en detalle la relación entre la codificación de línea 2B1Q y la RDSI. La codificación de línea 2B1Q (2 binario, 1 cuaternario) se ideó para ser utilizada con RDSI DSL. 2B1Q es un código de línea de cuatro niveles (por eso se conoce como cuaternario) que representa dos bits binarios (2B) como un símbolo de un conjunto de cuatro posibles (1Q). La codificación de línea 2B1Q se considera una gran mejora sobre la codificación de Línea original del enlace T1, que era denominada *bipolar (AMI) Alternate Mark Inversion* (Inversión alternada), ya que 2B1Q codificaba dos bits en lugar de sólo uno con cada nivel de la señal (baudios). Esto también significa que un moderno enlace RDSI que opere con un Acceso Básico (BRI) a 160 Kbps (2 canales B de 64 Kbps, más un canal D de 16 Kbps, más otros 16 Kbps de cabeceras) funciona a 80,000 símbolos por segundo (80 Kbaudios) en lugar de a 160 Kbaudios.

La codificación de línea 2B1Q se ideó para ofrecer velocidades de BRI RDSI (144 Kbps, más las cabeceras) a través de bucles locales de hasta 5.5 kilómetros. Esto sí se conseguía mediante un único par de hilos, y básicamente se conseguían 144 Kbps full-duplex en cada dirección utilizando el mismo rango de frecuencias.

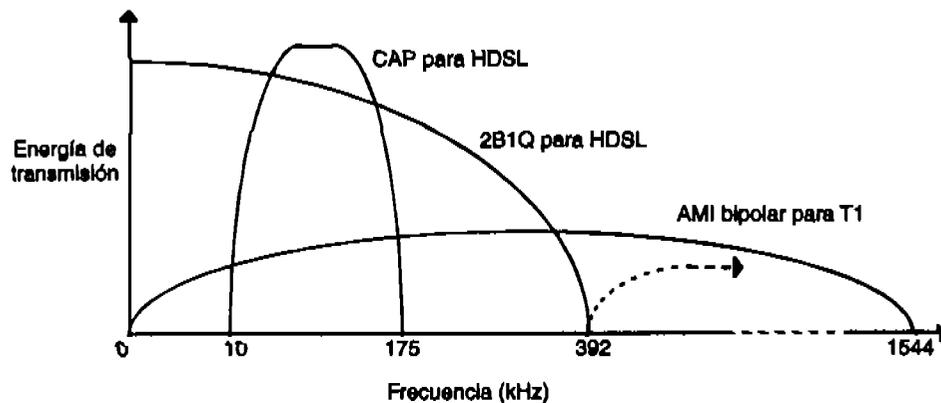
La relación entre 2B1Q y XDSL, se puede observar, en que 2B1Q no es lo suficiente sofisticado para alcanzar velocidades del orden de Megabits sobre largas distancias y aunque 2B1Q requería menos ancho de banda que el AMI bipolar, 2B1Q aún utilizaba el rango de frecuencias que normalmente utilizaría la voz analógica en un bucle local analógico. La **Figura 2.1** ilustra esto. La modulación CAP (Carrierless Amplitude / Phase) que significa Amplitud/Fase sin Portadora, utilizada en HDSL utiliza una menor cantidad del espectro de frecuencias disponible en el par de cobre trenzado que el AMI bipolar o 2B1Q. De igual modo, CAP, como cualquier otro método de modulación paso banda, al menos deja abierta la posibilidad de reservar la banda comprendida entre los 300 y 3,400 Hz para cuando se requiera ofrecer el servicio de voz analógica sobre el mismo par de hilos. No sólo eso, la tecnología 2B1Q es una tecnología arcaica para los tiempos que vivimos. Quizá para las tecnologías DSL más modernas, 2B1Q no sea la solución más adecuada, sin embargo, es la que actualmente se está utilizando en los equipos, con la evolución del HDSL, podrá cambiarse en un futuro y mejorar la transmisión, en el caso de nuestro equipo de práctica, sigue utilizando 2B1Q.

Este puede ser un buen momento para estudiar algunos de los códigos de línea utilizados en las tecnologías DSL. El familiar 2B1Q de la RDSI es un miembro de un conjunto de códigos conocidos como códigos PAM (*Pulse Amplitude Modulation*) conocido como la Modulación de Pulsos en Amplitud. Para hacer los códigos PAM más adecuados y más eficientes para las tecnologías DSL, es normal intentar optimizar el código PAM con una técnica conocida como *modelado espectral*. Esto quiere decir que el código PAM, no debería llegar hasta las frecuencias próximas a 0, lo que se traduce en añadir una componente continua. Es importante tener en cuenta que un código PAM, optimizado o no, no es

exactamente un CAP o QAM, sino algo diferente. PAM es aún un código en banda base, aunque una definición formal de banda base es complicada de dar sin utilizar términos técnicos.

Cada vez que se propone una nueva apariencia de tecnología XDSL, se provoca un gran debate sobre la utilización de PAM, CAP o QAM como código de Línea. Estos debates se centran en tres puntos principales:

1. Si el código utiliza todo el ancho de banda disponible.
2. Cuál es la eficiencia del código en términos de velocidad y distancia.
3. Si el código es susceptible de recoger ruido e interferencias procedentes de otros códigos utilizados en pares cercanos.



**Figura 2.1 Rangos de frecuencia de los códigos bipolar, CAP y 2B1Q**

Para hacer las cosas más complicadas, dado que el BRI RDSI utilizaba un par de hilos, se necesitaba una configuración especial de bobinas híbridas dado que la RDSI operaba básicamente sobre dos pares. Esta operación necesitaba la participación de canceladores de eco especiales en los equipos DSL. (Generalmente cuando se necesita una comunicación full-duplex con un mismo rango de frecuencias sobre un mismo par de hilos, se requiere la cancelación de ecos). Obsérvese que la cancelación de eco se necesita para establecer conversaciones voz de larga distancia full-duplex, de igual modo que para enlaces digitales que comparten ciertas frecuencias "esto es, se aplica por igual a la voz analógica, la RDSI o a XDSL, lo cual es un punto a tener en cuenta". Cuando el mismo rango de frecuencias se utiliza para señales que se transmiten en ambas direcciones a la vez, se debe utilizar algún método de cancelación de eco, tanto si la señal es analógica como digital.

Además, todos los módems desde principios de los 80 han utilizado sus propias técnicas de cancelación de eco para conseguir comunicaciones *full-duplex* sobre el mismo rango de frecuencias (300 y 3,400 Hz) a través del par de hilos del bucle local analógico.

En cualquier caso, no es totalmente cierto que los productos HDSL utilicen de manera universal y exclusiva la codificación de línea 2B1Q. También se usan otros códigos, como la modulación CAP o la DMT *Discrete MultiTone* que es de multitonos discretos, aunque de manera marginal.

## 2.6 HDSL DE PAR ÚNICO: SDSL

SDSL es definido normalmente como DSL simétrico, pero este término puede resultar confuso, ya que HDSL (y otras variaciones XDSL) también son simétricos. SDSL comenzó tomando la mitad de un sistema HDSL de dos pares. De este modo, SDSL operaba a 784 Kbps sobre un único par de hilos.

Posteriormente, SDSL ha empezado a ser conocido como un HDSL de par único, que es una definición más acertada ya que SDSL tiene muchas cosas en común con HDSL, de hecho, funciona sobre un único par de hilos. (El HDSL original necesita dos pares en la mayoría de los casos e incluso tres pares, como cuando era necesario soportar velocidades del enlace E1 de 2.048 Mbps.)

Por supuesto, la utilización de varios pares de cobre para ofrecer servicios residenciales no es una situación ideal. La digitalización del bucle local sería más sencilla si un sistema DSL utilizara el par de hilos existente (por esta razón aparece SDSL).

Una vez se presentó la idea, los distribuidores comenzaron a mostrarse muy creativos. Algunos fabricantes realizaron versiones que operaban más rápido (por ejemplo, a 1.5 o 2.0 Mbps) pero con unas distancias de transmisión muy limitadas. Otros realizaron versiones que operaban a menores velocidades (384 Kbps), intentando con ello alcanzar mayores distancias. Esta última versión de SDSL es conocida en ocasiones como MDSL, aunque no es una tecnología demasiado extendida.

## 2.7 VENTAJAS DE XDSL

Es hora de examinar las ventajas que tienen XDSL con respecto a las otras tecnologías de acceso. Los proveedores de servicios se sienten atraídos por una serie de características que se presentan a continuación.

En primer lugar, XDSL se pone en marcha sólo cuando un cliente requiere el servicio. Un proveedor de servicios no necesita desembolsar millones de pesos y esperar a que los clientes se abonen. Desde luego, se necesita partir de unos gastos iniciales, pero generalmente son mucho menores que en otras tecnologías.

Ninguna tecnología XDSL requiere cambios en el software del conmutador de la central local. En la mayoría de los casos, un filtro dirige la voz analógica normal hacia el conmutador y el resto de servicios se encaminan hacia ruteadores y

servidores. De igual modo, XDSL puede utilizarse para usuarios residenciales, pequeñas y medianas empresas, y grandes corporaciones. La tecnología XDSL puede ser diferente (por ejemplo, HDSL), pero el servicio debería ser esencialmente el mismo, con la posible excepción de los servicios de vídeo. XDSL ofrece, la infraestructura necesaria para el transporte de celdas ATM (especialmente la DSL de muy alta velocidad, aunque también la tiene la DSL asimétrica). Esto es importante ya que ATM, a su vez, forma la base para el estándar internacional de servicios de banda ancha, conocido como RDSI de Banda Ancha (B-RDSI).

## Capítulo 3

### **"HDSL" DSL DE ALTA VELOCIDAD.**

Para hablar de la tecnología HDSL, es importante definir algunos temas y conceptos que son comunes o muy utilizados en el medio, como lo es la tecnología de la Red Digital de Servicios Integrados, los sistemas de troncales multiplexados T1 (1.5 Mbps) y E1 (2.0 Mbps), que se utilizó durante muchos años como una tecnología dedicada a los troncales.

Para definir un enlace T1, se puede indicar que los troncales podían transportar 24 canales de voz sobre dos pares de hilos de cobre. Sobre un enlace E1, los troncales podían transportar 30 canales sobre esos mismos pares. Durante los años 70, tanto los enlaces T1 como unos enlaces E1 se utilizaron casi exclusivamente en el Interior de las redes y los clientes solo podían conseguir canales digitales DS-0 de 64 Kbps en la parte de usuario.

Tanto un enlace T1 como un enlace E1 han aparecido como soluciones para el acceso a la línea desde mediados de los años 80. Siempre se ha buscado tener la mayor velocidad a un costo accesible, buscando el despliegue de estas tecnologías en todo el mundo. Normalmente, un enlace T1 o un enlace E1 ofrecen a los usuarios 24 o 30 canales a 64 Kbps respectivamente, pero las versiones que no utilizan estos canales pueden operar a 1.544 Mbps o a 2.048 Mbps.

Sin embargo, el 80 por ciento de los enlaces existentes son ofrecidos sobre dos pares de hilos de cobre. Esto es así a pesar de la existencia de tecnologías alternativas como radio, coaxial o fibra óptica basada en SONET o en una Jerarquía Síncrona Digital (SDH).

**Todas las nuevas tecnologías buscan mejorar a la anterior, sin embargo, en algunos casos, se busca cambiar toda la Infraestructura existente, lo cual no es factible por los altos costos que esto implica. La persistencia de los cuatro hilos de cobre en los circuitos T1 y E1 se debe principalmente a que existen pocas interfaces de fibra y muchas interfaces basadas en el cobre.**

Los ordenadores y las PBX (centralitas) esperan algún tipo de hilo de cobre para enfrentarse a los puertos serie o paralelo y el uso de cualquier otro tipo de cable ha resultado demasiado caro, aun en la actualidad. Aun cuando los circuitos T1 o E1 se ofrecen sobre SONET, SDH o sobre algún otro tipo de anillo de fibra como FDDI, el último kilómetro (o la última milla como también se le conoce) casi siempre suele ser dos pares de hilos de cobre.

No existe una gran diferencia si el enlace T1 o E1 se utiliza en las redes privadas de un cliente o si se utiliza como acceso a una red de servicio público como la RDSI, el enlace continúa siendo un enlace T1 o E1.

### 3.1 INCONVENIENTES DE LOS ENLACES "T1 / E1"

Es muy utilizada aun hoy en día con los proveedores de servicios y con los usuarios, sin embargo, un enlace E1 como T1 tienen una serie de inconvenientes que son el resultado de la propia edad de la tecnología. Como es obvio, se han realizado mejoras a lo largo de los años, en muchos aspectos en enlace T1 y E1 siguen siendo tecnologías representativas de los años 80 con características que datan de los años 60.

Muchas de estas limitaciones giran en torno a los repetidores. En la mayoría de las instalaciones de enlace E1 y T1, se utilizan repetidores cada 2 Kilómetros para regenerar la señal. Esto se tuvo que hacer de este modo, porque los equipos electrónicos accesibles en aquella época no eran tan sofisticados como los de hoy en día, capaces de recuperar señales demasiado débiles.

Los repetidores eran la principal causa de que fuese tan laborioso diseñar, instalar y acondicionar los enlaces T1 o E1. Debían eliminarse las bobinas híbridas y las ramas multipladas para añadir los repetidores. De igual modo, se necesitaba evitar en lo posible las combinaciones de diferentes calibres en los hilos para obtener el máximo rendimiento.

Si no se prestaba una atención cuidadosa a las características de la línea y a sus parámetros eléctricos, se corría el riesgo de que el enlace E1 o T1 no funcionase adecuadamente, por lo que el proceso completo de aprovisionamiento de un enlace podía llevar semanas (o incluso meses). Era habitual que los proyectos tuvieran que retrasarse varias semanas debido a la indisponibilidad de los enlaces.

Los repetidores se convertían en un verdadero quebradero de cabeza para los proveedores de servicios ya que eran numerosos (la mayoría de las líneas necesitaban, al menos, un par de repetidores: uno en cada dirección y en cada par de hilos), sencillos (tenían que ser económicos), **con dificultades para descubrir y tratar las averías** (ninguno ejecutaba ningún tipo de software de administración de red) y **difíciles de mantener** (muchos repetidores se encontraban en conducciones bajo tierra).

Después de mucho tiempo y ante tantos problemas, se llegó a una brillante idea de finales de los 80: ¡Intentemos deshacernos de los repetidores!. Los avances producidos en el mundo de la electrónica consiguieron que se consiguiese una tecnología más eficaz.

### 3.2 LA CREACION DE HDSL

Considerando que un enlace E1 y T1 tengan algunos inconvenientes. Ambas tecnologías fueron consideradas "tecnologías actuales". El problema está en que la época en que se desarrolló la tecnología se remonta a los años 60. Tecnología que actualmente sigue vigente aunque el desarrollo tiene mucho tiempo.

Ante tantos cambios en los componentes electrónicos que han sido mejorados y reducidos de tamaños, con amplias mejoras desde los años 60. Considérese solamente el avance en los ordenadores personales desde 1990 hasta el momento actual. Hoy en día los componentes de telecomunicaciones pueden beneficiarse del incremento en la potencia de procesamiento, el bajo costo de las memorias y de los avances en los chipsets DSP (Procesamiento Digital de Señales) que permite el tratamiento de los bits, prácticamente, de cualquier manera imaginable.

La filosofía de las telecomunicaciones que comenzó en los años 80 seguía las premisas de no adaptar las condiciones de la línea a los componentes electrónicos, sino adaptar los componentes a las condiciones de la línea. Después de todo, los módems analógicos habían utilizado este concepto durante años, especialmente desde 1982. Los módems más modernos realizan su propia equalización dentro de un rango de frecuencias (lo que se conoce como auto-equalización) en lugar de confiar en un técnico para que lo haga para toda la línea (algo complicado en una conexión dial, es decir, la que se realiza mediante una llamada telefónica). Se añadieron también circuitos canceladores de eco para minimizar las diafonías de las propias señales (auto-diafonías).

**Aplicamos ahora este dispositivo inteligente a un enlace E1. El resultado es DSL de Alta velocidad (HDSL). HDSL no necesita (normalmente) repetidores ni ningún acondicionamiento especial de la línea. Incluso, en la mayoría de los casos, no hay problemas con las ramas multiplexadas, siempre que no haya más de dos y tengan unas longitudes limitadas.**

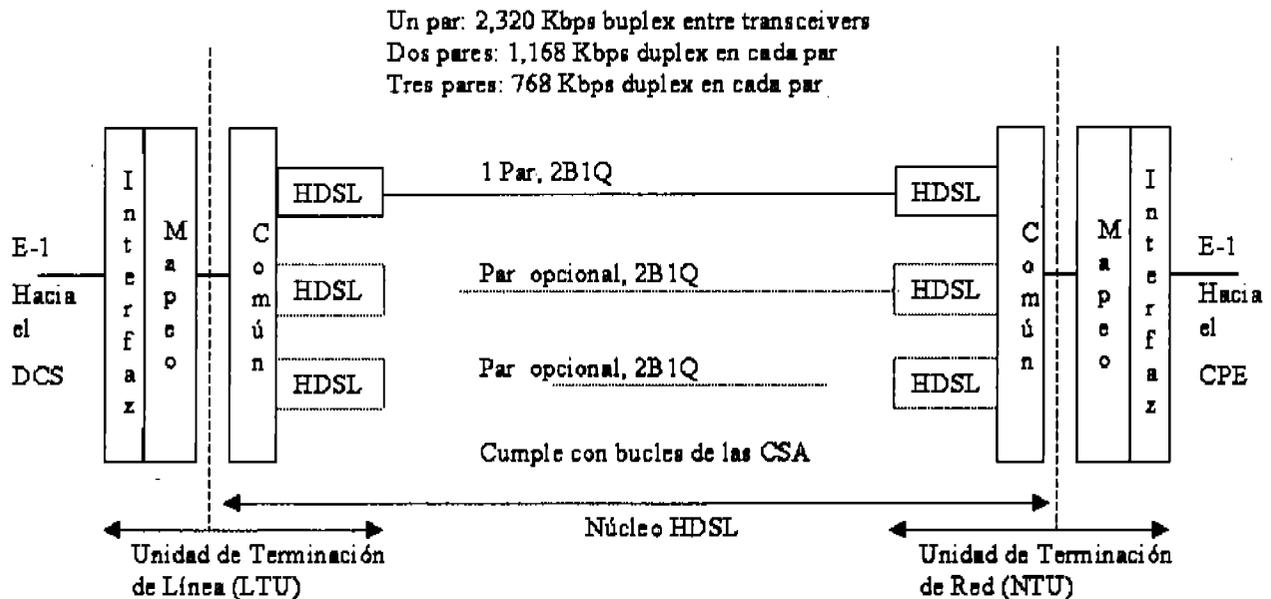
**La ventaja de HDSL es que además de disminuir los costos de aprovisionamiento de las líneas, hace aparecer al cobre como un medio similar a la fibra en términos de rendimiento, lo que significa que la confiabilidad del enlace y las tasas de error son mucho menores que en hilos de cobre con un enlace E1. Esta confiabilidad supone una gran ventaja, pues aunque existe más fibra que nunca en el corazón de la red, ésta fibra no llega directamente a los equipos de usuario.**

### 3.3 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA HDSL EN UN ENLACE E1

Cuando la tecnología HDSL se utiliza para ofrecer un enlace E1, la impresión que tienen los usuarios es la de estar precisamente ante una línea E1 operando a 2.0 Mbps.

La **Figura 3.1** basada en la documentación del HDSL (ETSI) "European Telecommunications Standard Institute", muestra este funcionamiento. La parte izquierda de la figura muestra un enlace E1 ingresando en el equipo HDSL en la central del proveedor del servicio y un enlace E1 saliendo hacia los usuarios para conectar los CPE (equipos de usuario). En medio, HDSL transporta un enlace E1. *Debería tenerse en cuenta que las versiones de HDSL que utilizan tres pares de hilos prácticamente han desaparecido.*

Los componentes HDSL se agrupan tanto en LTU (Unidades de Terminación de Línea) en la parte del proveedor, como en NTU (Unidades de Terminación de Red) en la parte del usuario. Cada Unidad de Terminación consiste en cuatro grandes equipos.



**Figura 3.1 Un enlace E1 provisionado sobre HDSL**

- 1.- El propio *transceiver* HDSL (un *transceiver* es un equipo transmisor-receptor).
- 2.- Un sistema de circuitos eléctricos común utilizado en todas las versiones de HDSL: sistemas de uno, dos o tres pares.
- 3.- Un módulo para mapear los bits de la trama E1 en una estructura de trama HDSL y viceversa.
- 4.- Finalmente, una interfaz para aceptar un conector estándar E1.

Los componentes, desde el sistema de circuitos hasta el *transceiver* HDSL de cada extremo forman el núcleo HDSL del sistema.

Hay que tener en cuenta que las líneas privadas delicadas E1, al igual que ocurría con unos enlaces T1, no pasan a través del conmutador de circuitos del proveedor de servicio. Las líneas privadas son encaminadas a través de un DCS o DACS, hacia una red de troncales. Esto no se muestra en la figura, ni tampoco es una práctica común agrupar varias LTU en bastidores comunes.

En su forma más simple, el enlace HDSL entre la LTU y la NTU es un par de cobre trenzado. Este enlace puede tener alguna combinación de calibres, o incluso ramas multipladas, pero debe cumplir con los estándares internacionales de los bucles locales de las CSA. Este par utiliza la codificación 2B1Q, exactamente el mismo que cuando HDSL soporta un enlace E1 y opera a un total de 2.320 Mbps entre los *transceivers* HDSL. Los bits extra por encima de los 2.048 Mbps se utilizan en cabeceras y elementos de compatibilidad con las señales SDH.

Es más común encontrarse con varios pares en los sistemas HDSL E1. Con dos pares de hilos, cada uno de los pares opera a 1.168 Mbps full-duplex en upstream y en downstream. Se puede observar que la velocidad total es ligeramente superior ( $2 \times 1.168 = 2.336$  Mbps) debido al incremento de cabeceras. También difiere de un enlace E1 tradicional, donde cada par de hilos transmite bits en una única dirección. Este método de operación unidireccional se utilizaba principalmente por cuestiones de simplicidad de diseño de transmisores, receptores y repetidores.

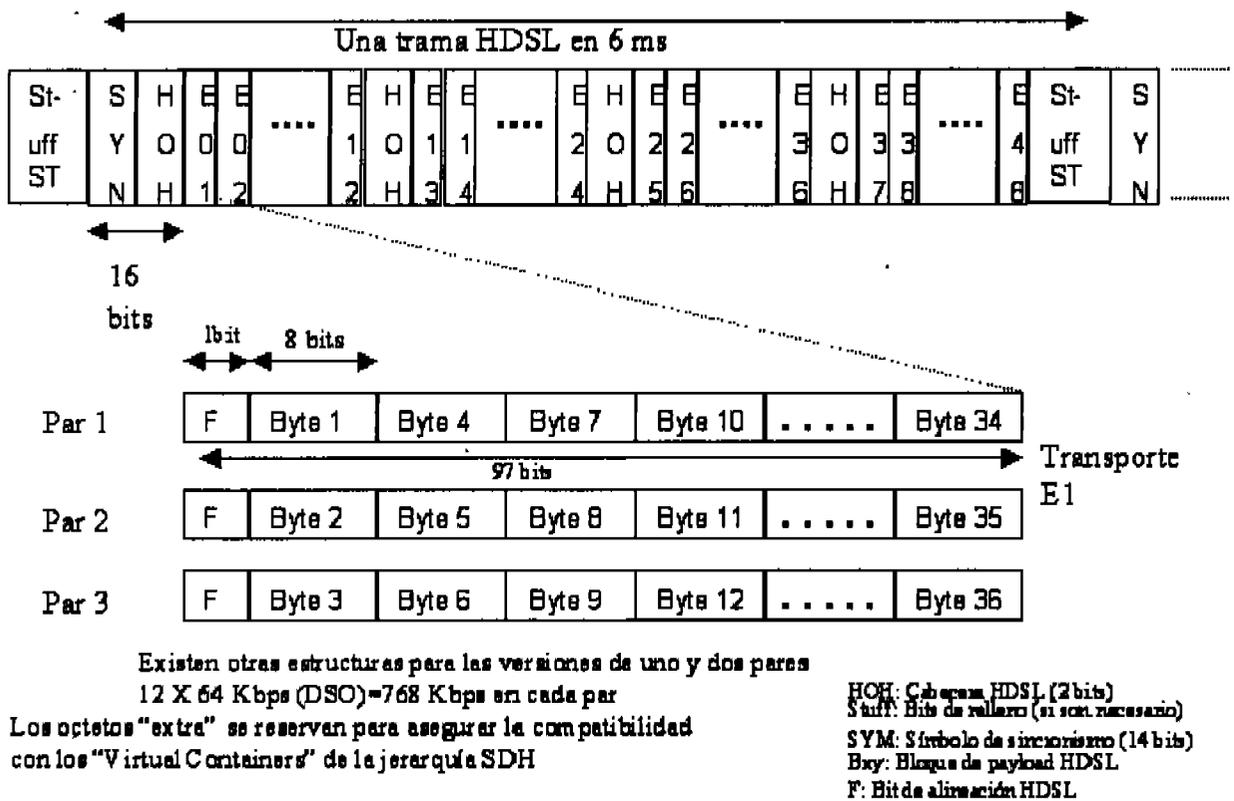
Existen variaciones de HDSL E1 que utilizan CAP como codificación de línea, aunque son meramente anecdóticas. Lo importante es que cualquiera que sea la codificación entre LTU y NTU compatibles, todos los equipos de usuario y todos los equipos del proveedor del servicio sigue funcionando del mismo modo que antes.

### 3.4 LA TRAMA HDSL PARA UN ENLACE E1

Una de las cosas que hacen al HDSL adecuado tanto para un enlace T1 como para la E1, es el hecho de que ambos utilicen exactamente el mismo formato de trama HDSL. De todos modos, existen algunas diferencias entre una trama HDSL transportando un enlace T1 y una trama HDSL transportando un enlace E1. El enlace E1 es el que utilizaremos en nuestro equipo y el más común en México por lo que lo que se comenta del enlace T1 es informativo, sin que esto le quite importancia.

En un enlace E1 el enlace HDSL es un transporte basado en tramas, el enlace envía una serie de tramas, una tras otra, de manera continua. Si no existe ninguna información que enviar, se transmite una trama especial que contiene un patrón determinado de bits indicando esta inactividad.

La Figura 3.2 muestra el contenido de una trama HDSL cuando se utiliza para transportar un enlace E1 sobre tres pares de hilos, según la documentación del ETSI. Se envía una trama HDSL cada 6 milisegundos, aproximadamente 167 tramas por segundo. Una trama consiste en un símbolo especial de sincronización en codificado en 2B1Q, con un tamaño de 14 bits. También existen cabeceras HDSL (HOH), de entre dos y diez bits.

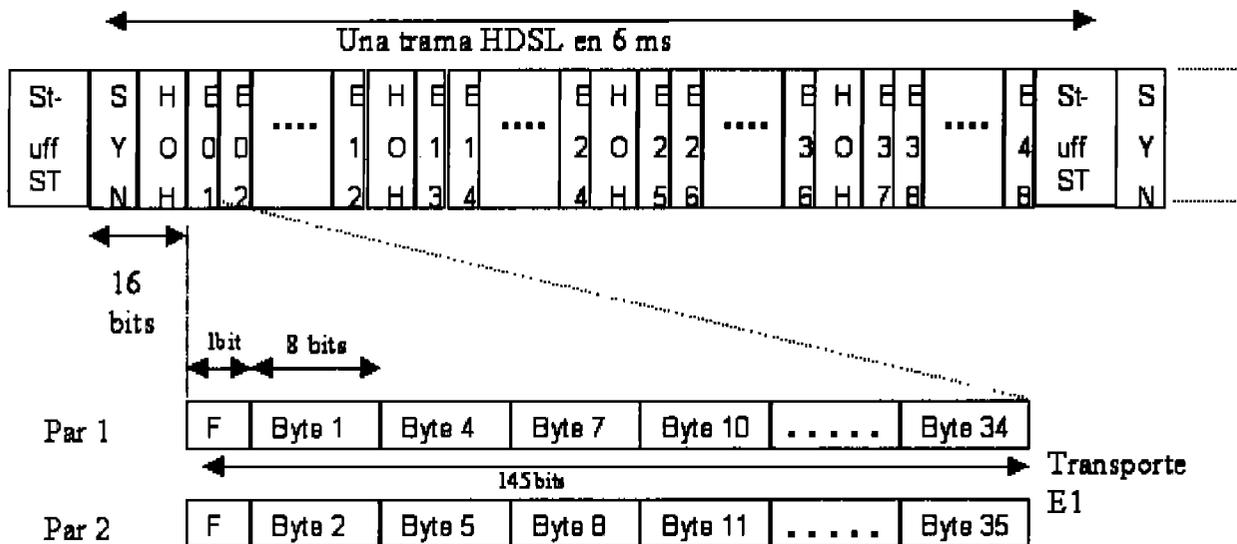


La Figura 3.2 Trama HDSL transportando un enlace E1 sobre 3 pares

El resto de la trama HDSL se divide en 48 bloques HDSL de carga útil (payload), que a su vez son divididos por los bits HOH en cuatro grupos, cada uno de los cuales contienen 12 bloques HDSL de payload. Estos bloques están numerados del BO1 al B48, y cada uno se compone de 97 bits. Hasta ahora, la estructura de la trama es exactamente igual que la estructura utilizada para un enlace E1.

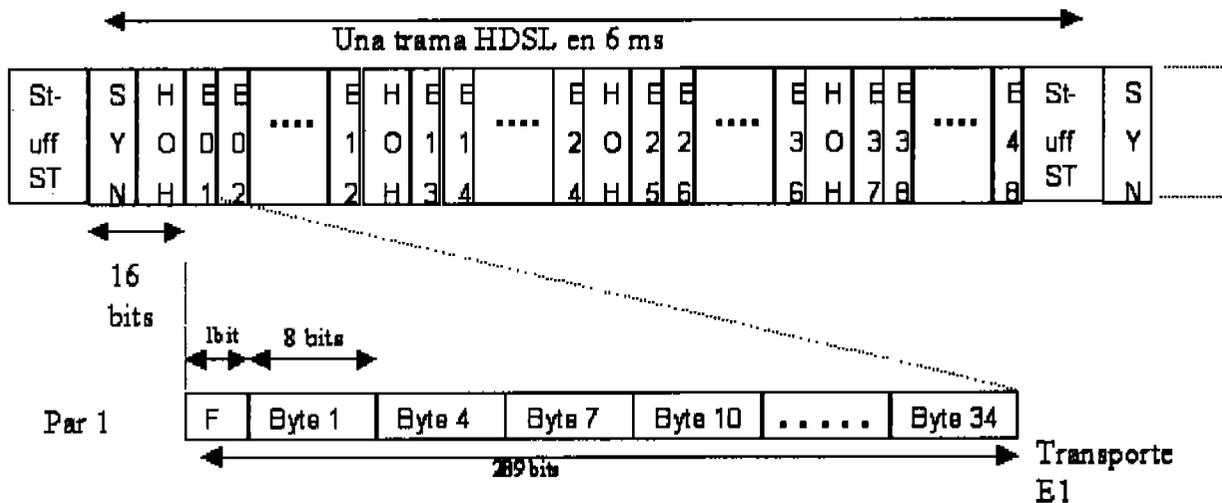
El contenido de los bloques de payload también se muestra en la figura 3.2. Las mayores diferencias entre las estructuras de trama T1 y un enlace E1, así como la terminología que se utiliza, se ponen de manifiesto en este punto. El bit de alineación F de la trama T1, ahora se denomina bit Z en la versión E1 del ETSI. Los bytes (curiosamente, la documentación de la ETSI los denomina bytes en lugar de octetos) se introducen en los bloques de payload de cada uno de los tres pares siguiendo un proceso muy simple. Los bytes 1, 4, 7, ... 34 forman la secuencia de bloques del primer par, los bytes 2, 5, 8, ... 35 forman las del segundo par, y los bytes 3, 6, 9, ... 36 forman la secuencia del tercer par. Solamente existen 32 bytes en la estructura de la trama E1, por lo que los bytes extra se utilizan para temas de compatibilidad con la estructura SDH E1.

Los grupos se transportan 48 veces por cada trama HDSL, una vez por cada bloque o 48 veces cada 6 milisegundos. Cada par de hilos transporta tráfico bidireccional, dado que 12 por 64 Kbps da un resultado de 768 Kbps, la velocidad de la línea de 784 Kbps por cada par representa los 12 canales DS-O más los 16 Kbps de las cabeceras HDSL.



La Figura 3.3 Trama HDSL transportando un enlace E1 sobre 2 pares

Existen variaciones de dos pares, incluso de un par que forman parte del estándar *HDSL del ETSI*, aunque no se muestran en la **figura 3.3**. Básicamente, se incrementa el tamaño de los bloques y la velocidad de las líneas para mantener la trama con una duración de 6 milisegundos. Estas estructuras de trama se muestran en la **Figura 3.3**. En cada caso, se deben añadir 16 Kbps debido a las cabeceras de la trama y así el sistema de dos hilos opera a  $1,152 \text{ Kbps} + 16 \text{ Kbps} = 1,168 \text{ Kbps}$  en cada par. Los sistemas de un par operan a  $2,304 \text{ Kbps} + 16 \text{ Kbps} = 2,320 \text{ Kbps} = 2.320 \text{ Mbps}$ .



La Figura 3.4 Trama HDSL transportando un enlace E1 sobre 1 par

En la figura 3.4 se muestra la trama de HDSL transportando un enlace E1 en un solo par donde por lo que se entiende, no tiene que distribuir su carga de ninguna manera, siendo esta en un solo par el que lleva toda la trama. Los sistemas de un par operan a  $2,304 \text{ Kbps} + 16 \text{ Kbps} = 2,320 \text{ Kbps}$  que esto es igual a 2.320 Mbps.

### 3.5 LOS BENEFICIOS DE HDSL

La utilización de HDSL supone una serie de ventajas en los servicios de los enlaces E1, tanto para los proveedores de servicio como para los usuarios. **La mayoría de estas ventajas están en la parte del proveedor, aunque los clientes también obtienen beneficios de manera indirecta.**

Lo primero y lo más importante es que sólo se necesita una tarjeta en la central local (la HTU-C si es para un enlace T1 o la LTU para un enlace E1) y una tarjeta de abonado (la HTU-R para un enlace T1 o la NTU para un enlace E1) para ofrecer un servicio HDSL básico.

**Los bucles no necesitan repetidores en unos cuantos metros.** En cambio, HDSL permite pares de cobre de calibre 24 AWG (0.5 mm) para ofrecer servicios hasta 3.6 kilómetros de distancia. Sobre cobre de calibre 26 AWG (0.4 mm) se pueden ofrecer servicios hasta 2.7 kilómetros de distancia. Normalmente, se permiten dos ramas multipladas si sus longitudes no superan los 1.525 Kilómetros cada una.

HDSL puede alcanzar hasta los 7.93 kilómetros utilizando unos calibres mayores (22 AWG o 0.63 mm.) usando repetidores HDSL, a menudo denominados dobladores, ya que doblan la longitud alcanzable. Puede sonar raro que existan repetidores HDSL, pero estos modernos equipos son mucho más potentes y mucho más eficientes que sus parientes de los enlaces de E1.

Los equipos HDSL remotos, los repetidores HDSL, las tarjetas HDSL de cliente, pueden ser alimentados desde el propio conmutador local. Existe una práctica común conocida como "HDSL Húmedo" debido a la manera que tenían los técnicos de comprobar la corriente de bajo voltaje de los pares "extrayendo saliva de la boca con los dedos, para humedecerlos y tocando el cable".

Otra ventaja importante es que HDSL puede ser administrado con los mismos equipos y el mismo software que el utilizado hasta entonces OSS (Operations System Support). Después de todo, en el exterior del núcleo HDSL, el enlace continúa siendo un E1.

Finalmente, HDSL puede utilizarse casi en cualquier lugar. Entre el 80 y el 90 por ciento del tendido de cable es adecuado para HDSL, si se basa en la modulación CAP o en el código de línea 2B1Q (PAM).

### 3.6 LAS APLICACIONES DE HDSL

Las aplicaciones del HDSL pueden parecer obvias. Básicamente, donde tenga sentido un enlace E1, lo tiene con más fuerza HDSL. De todos modos, este podría ser un buen momento para enumerar las principales aplicaciones de HDSL para ofrecer servicios de enlace E1 desde la perspectiva del usuario. Las aplicaciones principales de HDSL se presentan a continuación:

- **Acceso a Internet para servidores, no sólo para clientes.**
- **Redes universitarias privadas con un tendido de cable de cobre.**
- **Extensiones de PBX centrales hacia diferentes sucursales.**
- **Extensiones de LAN y conexiones a anillos de fibra.**
- **Aplicaciones de videoconferencia y de educación a distancia.**
- **Conexiones de sistemas de radio hacia la estación base.**
- **Acceso Primario (PRI) para la RDSI.**

HDSL es ampliamente utilizado para ofrecer un acceso rápido a Internet a los servidores de determinadas compañías. Las tecnologías DSL asimétricas limitan el tráfico upstream a una fracción de la velocidad downstream. La instalación de servidores en los hogares o en pequeñas empresas es complicada, ya que, en este caso, el tráfico downstream de los usuarios remotos será una fracción del tráfico upstream del servidor local. En este caso, se necesita un ancho de banda importante en sentido upstream.

También se utiliza HDSL en redes universitarias privadas con una instalación de cobre. No sólo universidades, sino también multitud de compañías tienen tendidos cables de cobre entre sus edificios. Hasta que apareció HDSL, era caro y difícil alcanzar más de 64 Kbps por cada par de hilos.

Las organizaciones que dispongan de una PBX pueden extender 24 o 30 canales de voz hacia alguna de sus sucursales de manera sencilla con HDSL. Lo mismo se puede aplicar a las extensiones LAN y a las conexiones a anillos de fibra, aunque, en este caso, HDSL (realmente un enlace T1 o un enlace E1) probablemente sea utilizada como un método de transmisión a 1.5 Mbps o 2.0 Mbps, sin ningún tipo de división en canales.

La Videoconferencia y las aplicaciones de educación a distancia son algo natural para HDSL. De nuevo, en este caso, el enlace no estará dividido en canales. La posición del cliente y el servidor carece de importancia, debido al carácter simétrico del enlace HDSL.

Volviendo a las aplicaciones que utilizan los canales de HDSL, los sistemas de radio también utilizan pares de cobre. Cada transceiver de la estación base debe ser conectado a un centro de operaciones, al igual que a conmutadores y a

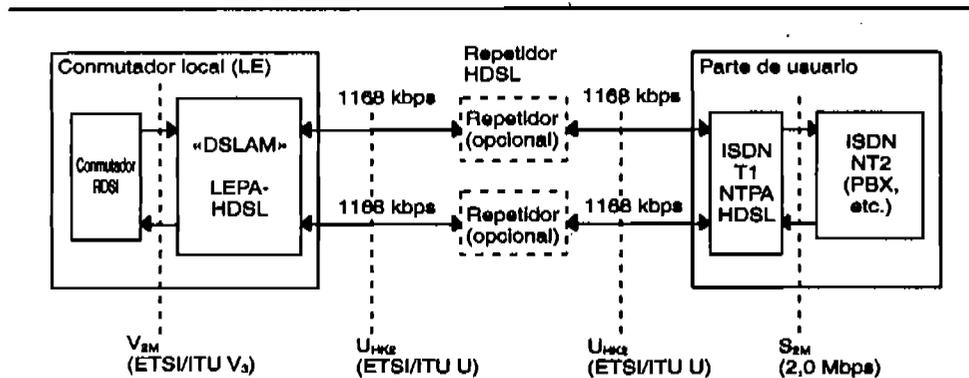
troncales. HDSL resulta un método muy adecuado para interconectar estaciones base de radio.

Finalmente, HDSL se puede utilizar para ofrecer accesos primarios para la RDSI. El costo de aprovisionamiento de una línea digital de alta velocidad para la RDSI ya se ha comentado con anterioridad. HDSL hace que este aprovisionamiento de primarias sea más simple y más barato. Desde luego, una de las grandes barreras que se encuentra HDSL para convertirse en una tecnología generalizada, es el miedo existente entre los proveedores de servicio de que HDSL desplace a los enlaces T1 y E1, de este modo dejen de ingresar los enormes beneficios que estas costosas líneas les proporcionan. De hecho, esto ya ha ocurrido en otras muchas áreas.

### 3.7 HDSL PARA LA RDSI

Ya se ha mencionado entre las aplicaciones de HDSL la de ofrecer accesos primarios RDSI. En este caso, el enlace operaría a una velocidad determinada dependiendo del país del que se hable. En los Estados Unidos, las primarias operan a 1.5 Mbps y prácticamente en el resto del mundo a 2.0 Mbps.

La Figura 3.5 muestra cómo se podría utilizar HDSL para ofrecer accesos primarios a un equipo de usuario desde una central local RDSI. La figura muestra HDSL sobre dos pares de cobre, cada uno operando a 1,168 Kbps, dando como resultado la velocidad E1 de 2.336 Mbps cuando se incluyen las cabeceras HDSL. En los casos donde los equipos de usuario se encuentren a una distancia determinada, se pueden añadir repetidores a cada par de hilos. Se puede observar el comportamiento bidireccional de cada par.



Si se emplean dos interfaces S<sub>2M</sub> en ambos extremos, esto se convierte en una línea privada E1

LEPA: Acceso primario de conmutador local  
 NTPA: Terminación de red del acceso primario

La Figura 3.5 HDSL para RDSI

En esta configuración, la parte de central del enlace es el LEPA-HDSL "Local Exchange Primary Access" (Acceso Primario de la Central Local). Estos equipos se pueden agrupar en bastidores, pero, realmente, el término DSLAM no es apropiado aquí. En cualquier caso, se pueden encontrar un puerto de entrada E1 y un puerto de salida E1 en el conmutador RDSI.

En la parte de usuario, el NTPA-HDSL "Network Termination Primary Access" (Acceso Primario de la terminación de red) lo conforma la unidad NT1 "Terminación de Red Tipo 1", técnicamente, un grupo funcional. A su vez, el NT1, puede conectarse a una unidad de Terminación de Red RDSI de tipo 2 (NT2), como una PBX o cualquier otro equipo compatible con la RDSI. Obsérvese el funcionamiento unidireccional de estas interfaces.

Las propias interfaces se muestran también en la **figura 3.5**. En la central local, las interfaces entre el LEPA-HDSL y el conmutador cumplen la especificación ETSI/ITU V2M a 2.0 Mbps (E1). En la parte de usuario la interfaz entre la NT1 y la NT2 cumple la especificación ETSI / ITU S2M, también a 2.0 Mbps.

Los enlaces HDSL también cumplen las especificaciones, concretamente la ETSI/ITU UHK2. HK2 significa, básicamente, "HDSL sobre dos pares" en este caso. Quizá lo más importante sea destacar que la ETSI y la ITU han hecho de HDSL una parte oficial de las interfaces de los Primarios RDSI.

Obsérvese que si se emplean dos interfaces S2M o si la Interfaz V2M llegase a un panel digital de interconexión, (un cross-connect digital), en lugar de a un conmutador RDSI, la línea se convierte inmediatamente en una línea E1 privada dedicada. Por supuesto, esta línea privada continuaría cumpliendo los estándares RDSI de la ETSI y la ITU.

### **3.8 LAS LIMITACIONES DE HDSL**

A pesar del gran atractivo y de los notables beneficios que HDSL ofrece a los proveedores de servicio y a los usuarios, existen ciertas limitaciones que hacen que HDSL no sea la tecnología ideal en ciertas situaciones.

Una de los mayores problemas es que en las especificaciones de Bellcore y del ETSI sólo se contemplan los aspectos básicos de HDSL, lo que da lugar a múltiples implementaciones propietarias de HDSL, con grandes variaciones entre unas y otras, haciendo imposible una interoperabilidad entre fabricantes. Esto da lugar a una situación comprometida para los proveedores, que preferirían una consistencia mayor entre los productos.

Otra característica de HDSL es que los beneficios más técnicos son casi invisibles para los usuarios. Podría conseguirse un mejor rendimiento en términos de velocidad y de costos, pero el cliente sigue percibiendo un enlace E1. Los

clientes, en cualquier caso, esperan siempre un buen rendimiento, y un descenso de precios.

De igual modo, en bucles de más de 3.6 kilómetros aún se necesitan repetidores. Existen excepciones con cables de calibres extraños y algunas variaciones de HDSL alcanzan hasta 5.49 kilómetros sin necesidad de estos equipos amplificadores, pero, según Bellcore, los repetidores deben utilizarse en bucles de más de 3.6 kilómetros. Aunque los repetidores HDSL son mucho más sofisticados que los modelos de los enlaces T1/E1, siguen siendo repetidores, un equipo del que hay que prescindir siempre que sea posible.

Tanto si la línea es T1/E1, se supone que HDSL utiliza el código de línea 2B1Q. El problema es que el código 2B1Q tiene bastantes limitaciones en términos de eficiencia de ancho de banda y de distancias.

Además, la necesidad de utilizar múltiples pares de hilos, reduce la disponibilidad del servicio de un enlace E1 en un área determinada entre un 50 y un 66 por ciento. Si HDSL se pudiese estandarizar como un servicio ofrecido sobre un solo par de hilos, como de hecho se ha realizado en algunas variaciones propietarias del servicio, se conseguiría maximizar el uso del tendido de cobre.

El hecho es que los precios de los equipos HDSL han caído de tal modo, que hasta el costo de dos pares de cobre se convierte en un factor económico significativo.

Finalmente, a pesar de su rendimiento, el despliegue de HDSL puede ser bastante lento. Una vez que se han localizado dos o tres pares de cobre, el resto del proceso puede llevar sólo unas horas. Sin embargo ocurre que, en algunas zonas, existe una carencia importante de pares de cobre. De todos modos, es necesario encontrar dos o tres pares tendidos entre los puntos finales precisos. Por el contrario, un par siempre opera entre los mismos puntos finales.

### **3.9 LA UTILIZACIÓN DE HDSL Y HDSL2 EN EL MUNDO**

Existe un gran interés en la utilización de HDSL y HDSL2 en muchos países del mundo. Sin HDSL, el suministro de enlaces digitales de alta velocidad a 1.5 o 2 Mbps puede convertirse en una oferta bastante costosa.

Un inconveniente potencial para HDSL, al menos hasta ahora, era el hecho de que el servicio de 2 Mbps requería la utilización de dos pares de hilos. Por supuesto el servicio de un enlace E1 de 2 Mbps se usa generalmente en todo el mundo, excepto en Estados Unidos, Japón y Filipinas.

Aparte del número de pares, la utilización de HDSL sobre los pares de hilos existentes ofrece numerosas ventajas en lugar de la instalación de una nueva infraestructura.

Con el propósito de ofrecer el servicio E1 de 2 Mbps sobre un nuevo cableado, se deben levantar zanjas en las calles. Dos técnicos pueden tardar hasta 30 días para ofrecer el servicio.

Consideremos ahora el mismo servicio E1 a 2 Mbps utilizando HDSL/HDSL2. Sólo se necesitan seis personas y algunas horas, es decir, podría ser una persona durante seis horas o dos personas durante tres horas.

Comparando los casos anteriores, se observa sin necesidad de citar cantidades, que el tiempo y esfuerzo reducen el costo tres o cuatros veces con HDSL y por el tiempo, se logra mayor productividad, lo cual evita gastos innecesarios.

### **3.10 EVALUACIÓN DE HDSL**

Nunca es demasiado pronto para percibir cómo se está comportando algo a lo largo de un período de tiempo, y, por eso, aquí presentamos una primera evaluación de HDSL2. Aún pueden cambiar muchas cosas, pero así es como se presenta HDSL hoy en día.

En primer lugar, parece obvio que surgen una gran cantidad de problemas como el uso de un único par de hilos para todas las configuraciones de HDSL2. HDSL tenía la posibilidad de implementar configuraciones con un único par, pero siempre podía utilizar uno o dos pares más si era necesario. Los problemas del par único incluyen rendimiento (es necesario apretar más los bits para que viajen sobre un único par de hilos), latencia (los retardos debido al procesamiento y envío de los bits), y lo que se conoce como compatibilidad espectral (la tendencia de las señales de hilos adyacentes a interferir unas con otras).

## Capítulo 4

### UTILIZANDO EL EQUIPO DE PRUEBA "WATSON II"

En este capítulo de la tesis, se explican las especificaciones y el funcionamiento del equipo Watson II, la configuración y sus repisas, utilizando los términos explicados ampliamente (conceptos básicos y teoría de HDSL) en los capítulos anteriores.

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO WATSON II

Se instala un enlace HDSL normalmente entre un punto (central o concentrador) y un sitio de usuario. También es posible instalar enlaces entre dos puntos centrales o entre dos sitios de usuario. Se encuentra entonces en el sitio central una repisa con una LTU para cada enlace y en el sitio del usuario una NTU.

Con la tecnología HDSL se puede entregar un servicio de datos a una velocidad de 2 Mb/s, para comunicación de datos entre computadoras, videoconferencia y/o voz (30 canales)

Para velocidades de datos de 2 Mbits/s o fraccionales, se puede igualar la calidad de la fibra óptica a solamente una fracción del costo, también se pueden ofrecer ahora enlaces E1 fraccional en forma económica. Esto es un enlace E1 con menos de los acostumbrados 30 canales de voz o (31 canales de datos).

De esta manera, se puede beneficiar al máximo la inversión en la red de acceso por cables de cobre, entregando a sus clientes un servicio de alta calidad, bajo costo y en un mínimo de tiempo. También es importante mencionar que alguna falla en el cableado puede ser reparada en poco tiempo, comparado con la reparación de fibras ópticas.

Facilidades como la conexión de conmutadores a la red digital, conexión de sistema de computo alta velocidad, Internet de alta velocidad, videoconferencia y muchos más quedarán al alcance de más usuarios mediante interfaz E1, V.35, Ethernet y otras.

#### 4.1.1. INTRODUCCIÓN A LA FAMILIA WATSON

La familia Watson, es de la marca SCHMID Telecom, original de Suiza, el equipo para las prácticas es el "Watson II", de los otros dos de la familia, solo se mencionaran algunas características particulares.

El código de línea que se utiliza en la familia el Watson II, es actualmente el más usado. Tiene la ventaja de poder aumentarse la distancia máxima mediante regeneradores intermedios. El código de línea empleado por estos productos es el 2B1Q (cada 2 bits son convertidos en un cuaternario). Sin embargo, el código CAP (Utilizado en las familias Watson III y Watson IV) tiene cada vez mayor aceptación por su resistencia a interferencias externas y mayor distancia.

Toda la familia Watson utiliza la misma plataforma de repisa (también nombrada Sub-bastidor, armazón o magazín) y sistema de gestión centralizada.

Con los productos de la familia WATSON II se puede enlazar usuarios con una velocidad de 2.048 Mbits/s sobre dos pares de cobre. Si necesitamos solo hasta 1.024 Mbits/s, podemos utilizar un solo par para el enlace.

Con este equipo se puede cubrir distancias (longitud de cable) entre la central y el usuario de hasta 3.6 Km. con cable de calibre 26. Si el trayecto de cable de cobre tiene un calibre mayor o es una mezcla de varios calibres, la distancia máxima de puede aumentar hasta más de 9 Km. con calibre 20.

En el caso de una distancia demasiado grande para un enlace entre LTU y NTU, se puede utilizar un regenerador para duplicar la distancia máxima que el enlace pueda cubrir.

En la central se conecta una señal E1 (esto es la señal digital como se describe en la norma ITU G.703 a 2.048 Mbits/s) se representa este enlace en la figura 4.1. Al utilizar una señal E1 con trama (según la norma ITU G.704), está señal puede contener 30 canales de voz o 31 de datos. También se puede utilizar un E1 fraccional.



La Figura 4.1 Representación de un enlace HDSL de NTU a LTU

Existe una variedad de interfaces de usuario como E1, V.35, V.36, X.21, PRA (Acceso Primario de RDSI) y Ethernet (redes locales de datos) Esto hace posible mediante unos sofisticados circuitos de balanceo de línea y cancelación de eco, dentro de la interfaz hacia la línea HDSL.

La trama HDSL contiene una palabra de sincronización para indicar al lado de recepción en cual momento inicia la trama. En el lado de la recepción se busca continuamente por esta palabra de sincronización y a partir de reconocerla empieza a desglosar la trama para recuperar los bits transmitidos.

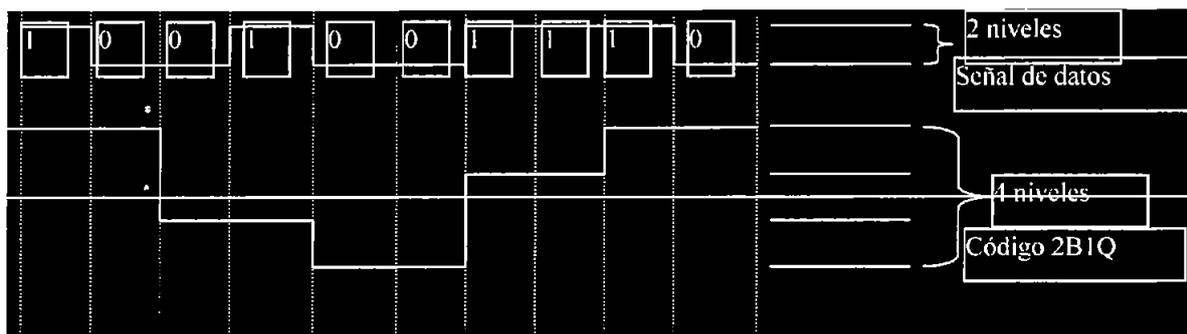
Se transmiten bits de mantenimiento, así como bits para indicar alarmas (como falta de señal errores de bits, problemas de alimentación), bits de comunicación y bits para detectar errores en la trama.

Para un sistema HDSL de 2 pares, cada trama tiene aproximadamente 6 mili segundos de duración y contiene un promedio de 7008 bits. Esto da una velocidad de 1.168 Kbits/s en cada par.

Los 4 niveles del código 2B1Q se nombran 3, 1, -1 y -3, como se muestra en la **tabla 4.1** y en la **figura 4.2**. Estos no son voltajes en la línea sino nombres. Para un par de hilos con una impedancia característica de 135 Ohms, el voltaje entre los hilos para cada nivel es:

Primer Bit	Segundo Bit	Símbolo 2B1Q	Voltaje Nominal
1	0	+3	+2.64 V
1	1	+1	+0.88 V
0	1	-1	-0.88 V
0	0	-3	-2.64 V

La tabla 4.1 Niveles de código 2B1Q



La figura 4.2 Grafica de niveles de código 2B1Q

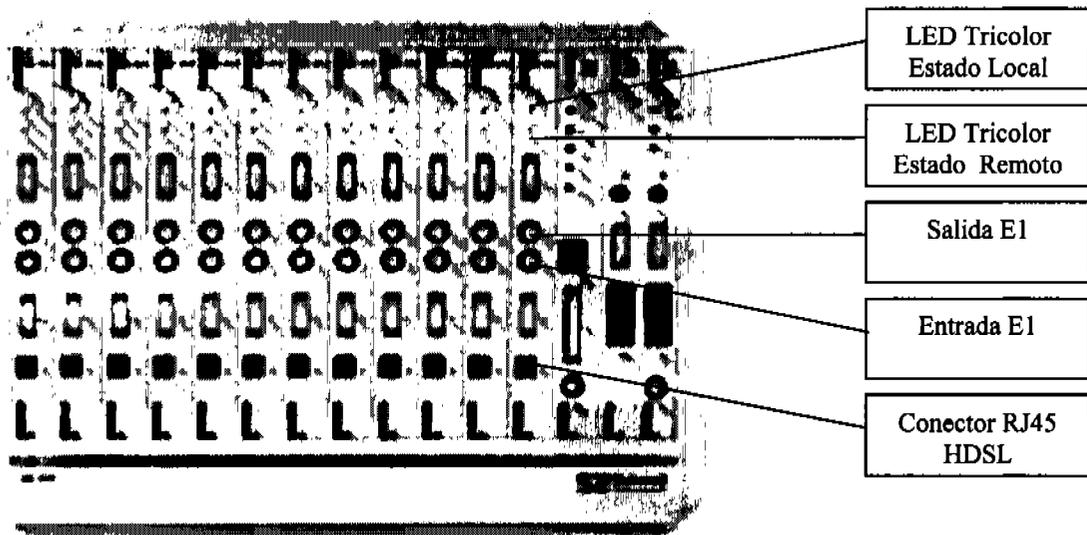
## 4.2 DESCRIPCIÓN DE LA LTU

La descripción de los componentes que tienen los enlaces HDSL se ha realizado en la teoría del capítulo 3, sin embargo, en este capítulo, haremos la descripción del equipo Watson 2 en el lado del usuario y de la central.

La Unidad de Terminación de línea LTU es para instalarse dentro de una repisa. La LTU obtiene su alimentación desde la repisa, donde tiene las siguientes funciones principales.

- Interfaz E1 (G.703) para el equipo de la central.
- Interfaz HDSL hacia la línea al usuario.
- Alimentación de un regenerador y/o una NTU vía la línea HDSL.
- Supervisión del enlace HDSL.

Para conocer la LTU podemos observar en la **figura 4.3** la foto de una repisa que contiene 12 LTU's, de la cual seleccionamos una y describimos lo que contiene, de la placa frontal de la LTU podemos describir lo siguiente:



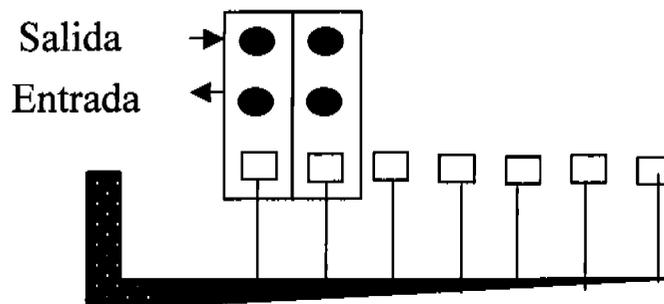
La figura 4.3 Foto de Repisa de 12 LTU's (descripción), ACU y CMU.

- **LED tricolor para indicar el estado Local:** El LED es un indicador que puede emitir luz de color rojo, ámbar o verde, el cual indica el estado de la propia LTU, se encuentra en lado izquierdo junto al LED del estado remoto.
- **LED tricolor para indicar el estado Remoto:** El LED es un indicador que puede emitir luz de color rojo, ámbar o verde, el cual indica el estado del equipo remoto o NTU, se encuentra en lado derecho del LED del estado local.

- **Salida E1:** Es un conector BNC-Hembra (Out) para la recepción de la señal de un E1 a 2 Mbits/s.
- **Entrada E1:** Es un conector BNC-Hembra (In) para la transmisión de la señal de un E1 a 2 Mbits/s.
- **HDSL:** Un conector RJ-45 de 8 posiciones, es el conector HDSL para la conexión de los pares de cobre.

Para la LTU de dos puertos, existen otro par de indicadores LED y otro par de conectores BNC para el segundo circuito. Los dos extras pares para la línea HDSL se conectan en el mismo conector HDSL (RJ-45).

En general, se conectan a las unidades LTU con los pares de las líneas HDSL mediante un cable de 25 pares (se utilizan solo 24 pares) se muestra en la **Figura 4.4**. Este cable se termina en un extremo en la repisa 12 conectores HDSL (RJ45) y en el otro extremo en el distribuidor general (DG).



Cable 25 pares con 12 conectores para los pares HDSL

#### La figura 4.4 Conexión de 25 pares en una unidad LTU

Cuando se utilizan unidades LTU de WATSON II HDSL con unidades diferentes, se debe tomar en cuenta la cantidad de pares que se van a cablear en la repisa:

- WATSON II, LTU con un puerto HDSL: 2 pares en cada posición.
- WATSON II, LTU con dos puertos HDSL: 4 pares en cada posición.
- WATSON IV, LTU con un puerto MSDSL: 1 par en cada posición.
- WATSON IV, LTU con dos puertos MSDSL: 2 pares en cada posición.
- WATSON IV, LTU con cuatro puertos MSDSL: 4 pares en cada posición.

Las señales E1 de transmisión hacia la línea HDSL (entrada) y de recepción desde la línea HDSL (salida) son también conectadas en el frente de la LTU (para una LTU de 75 Ohm asimétrico, mediante conectores BNC-Hembra).

Para la instalación de la **NTU-E1** se requiere:

- Una unidad NTU-L/R-E1.
- Un cable de interfaz HDSL.
- Dos cable de interfaz E1.
- En caso de alimentación local: un adaptador.

Para la instalación de la **NTU-V.35** se requiere:

- Una unidad NTU-L/R-V.35.
- Un cable de interfaz HDSL.
- Dos cable de interfaz V.35 (DTE).
- En caso de alimentación local: un adaptador.

Se recomienda escoger un lugar seco, fuera de la luz directa del sol y alejado de fuentes de calor y/o humedad (calefacción, llaves de agua). Conectar la NTU con la línea HDSL (en la roseta del usuario). En caso de alimentación local, conectarla mediante el adaptador de 115 VAC. Conectar la interfaz E1 o V.35 en la NTU y en el equipo del usuario.

### 4.3 EL BASTIDOR

El bastidor, es la estructura metálica tipo rack de 19" que sostiene las repisas de las LTU, es la mejor forma de organizar las repisas, donde también se incluyen el panel de alarmas y las características son las siguientes:

- Altura: 2.6 m (para 6 repisas) o 2.2 m (para 5 repisas).
- Medidas exteriores: 60 x 30 cm.

Panel de alarmas, las cuales son:

- Lámparas de alarma y botón de prueba
- Conexión para alarmas de bastidor y de repisas individuales
- Patas niveladoras y conexión de tierra

El bastidor tiene la función de alojar las repisas HDSL (también otros equipos) y de recolectar las alarmas de estas para presentarlas de varias maneras.

Las repisas requiere de un bastidor que permita la norma EIA de 19" y la distancia entre las repisas debe ser de una unidad de rack EIA (1.75").

Para montar la repisa en el bastidor ETSI, se proporciona un juego de adaptadores (orejas) con la repisa. La versión de 19" del bastidor no requiere de estas orejas.

El bastidor ETSI permite la instalación de equipos con medidas EIA de 19" y de equipos con medidas ETSI de 60 cm.

Las medidas EIA de 19" son:

- Espacio libre para repisa de 450 mm (horizontalmente).
- Distancia entre perforaciones de 465 mm (horizontalmente).
- Distancia entre perforaciones de 0.625" - 0.6425" - 0.500" o 1.250" - 0.500" (Verticalmente).

Las medidas ETSI de 60 cm son:

- Espacio libre para repisa de 500 mm (horizontalmente).
- Distancia entre perforaciones de 515 mm (horizontalmente).
- Distancia entre perforaciones de 25 mm (Verticalmente).

El bastidor es fijado en el piso mediante taquetes expandibles y en la superestructura mediante un herraje. Cuatro patas de tornillo permitan nivelar el bastidor (acceso desde el interior del bastidor). Barras laterales permiten la fijación del cableado.

Arriba en el bastidor se encuentra una unidad de conexión de alarmas para concentrar los contactos de alarmas de hasta seis repisas (urgentes y no-urgente, cerrados con alarmas). Esta unidad de conexión de alarmas cuenta con borneros de tornillo para conectar los contactos duros de alarmas de hasta 6 repisas, -48V de alimentación de las lámparas y alarmas hacia sistemas de supervisión.

Enfrente del bastidor están montadas dos lámparas y un botón de prueba para estas lámparas. Al oprimir este botón iluminan las dos lámparas del bastidor sin causar alarma hacia el exterior, se muestran en la **tabla 4.2**.

Repisa	Posición en bornero Alarma			Posición en sub-D Alarma	
	Urgente	no-Urgente	Común	Urgente	no-Urgente
1	1	3	2	8	15
2	4	6	5	7	14
3	7	9	8	6	13
4	10	12	11	5	12
5	13	15	14	4	11
6	16	18	17	3	10

Retorno Común: 1, 2 y 9

**La tabla 4.2 Conexión de alarmas con borneos de tornillo en el bastidor.**

Al instalar una repisa hay que tener cuidado de mantener una distancia de al menos 1.75" (45 mm) y tener una buena conexión eléctrica entre las repisas y el bastidor. Si se instala una repisa en un bastidor pintado, es bueno hacer una conexión entre la repisa y la tierra del bastidor mediante un cable.

Las alarmas urgentes y no-urgentes se conectan desde cada repisa hacia la unidad de conexión de alarmas arriba en el bastidor. Esta unidad muestra estas alarmas mediante sus lámparas y se puede conectarse a un sistema de recolección de alarmas de sala como alarma de bastidor o como alarma individual de repisa (hasta 6 repisas).

Las repisas WATSON pueden alojar una variedad de unidades LTU, como las de doble puerto E1, de puerto V.35, combinadas, tanto de la familia WATSON II como de WATSON III, WATSON IV y NetXS.

#### 4.4 LAS REPISAS.

En este capítulo se ha hablado de las repisas, las cuales están del lado de la central, se puede instalar una o varias repisas para alojar en cada una hasta doce unidades en terminación de línea (LTU), se muestra la figura 4.5. La repisa contiene una unidad ACU (Unidad de Concentración de Alarmas) para la supervisión y para alojar una Unidad de Control de Mantenimiento (CMU) como interfaz a la red de gestión centralizada.

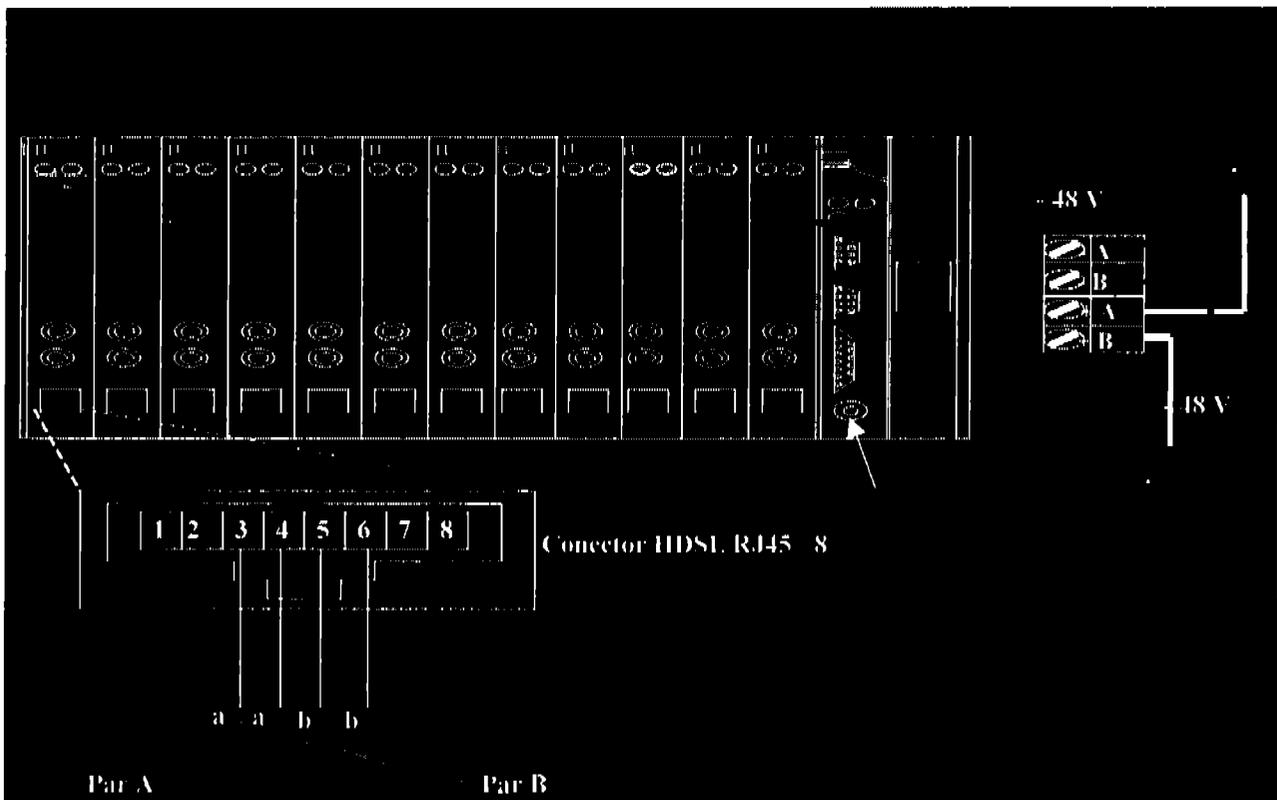


Figura 4.5 Conexión de 12 LTU's, ACU y CMU a la corriente eléctrica

#### **4.4.1 REPISA SZ 379 V3 CON ACU (UNIDAD DE COLECCIÓN DE ALARMAS)**

Es la repisa utilizada en este tema de tesis. Se muestran sus características:

- 12 Espacios para unidades LTU, uno de ellos puede ser ocupado por una unidad CMU como agente de gestión centralizada.
- Conexión de doble alimentación de -48 VDC. (sin conectores intermedios = menos puntos de falla).
- Fusibles para la alimentación de -48 VDC (10AT).
- Conversión de aire mejorada (aumenta la vida de las unidades electrónicas).
- Conexión de tierra de protección vía la estructura misma y además para terminales tipo "fast-on".
- Fijación en bastidores y racks de 19" o ETSI.
- Cama para cableado desmontable. Acceso frontal 100%.
- Conexión de alarmas de repisa (urgente y no-urgente) disponible en el conector X14 (atrás en la repisa al lado derecho arriba).
- Acepta unidades de diferentes familias WATSON, incluyendo LTU's con 2 y 4 puertos.
- La unidad ACU colecciona las alarmas y supervisa los voltajes en la repisa.

##### **La unidad ACU tiene las siguientes funciones:**

- Consolidación de alarmas de las LTU y supervisión de la alimentación.
- Interfaz "Monitor" para la gestión local.
- Interfaz del bus RS485 de la repisa (para poder gestionar varias repisas con una CMU)
- Generación de una tensión auxiliar de +5VDC para alarmas de LTUs.
- Dos relevadores con contactos secos para las alarmas urgentes y no-urgente.
- Entrada y distribución del reloj externo para las LTUs.

#### 4.4.1 LA REPISA SZ 379 V2

- Versión 2 (anterior a la SZ 379 V3)
- Tiene conexión de alimentación vía unidades PCU-A y PCU-B.
- Recibe las mismas unidades que la versión 3, excepto LTU's de más de un puerto.
- Este Sub-bastidor (también llamado "repisa" o "armazón") cuenta con 15 ranuras para alojar unidades de la familia WATSON.
- Las posiciones 14 y 15 son reservadas para las unidades de potencia PCU-A y PCU-B las cuales tienen en conjunto la misma función que la ACU y además reciben la alimentación doble de 48 VDC.
- Las 12 ranuras del extremo izquierdo (posiciones 1 al 12) son para alojar unidades LTU. La posición 13 puede alojar una unidad CMU o LTU.
- La interfaz RS485 sirve para conectar varias repisas entre sí, de tal forma que una CMU puede gestionar las unidades de estas repisas.

Problemas que se pueden presentar y como resolverlos, se observan en la **tabla 4.3**.

Síntoma	Significado	Acción
Todos los LEDs están en verde	Todo esta correcto	Ninguna
LED de -48V_A está apagado	No hay alimentación en -48V_A	Revisar la alimentación de -48V_A Revisar el fusible 6.3 AT en la PCU-A
LED de -48V_B está apagado	No hay alimentación en -48V_B	Revisar la alimentación de -48V_B Revisar el fusible 6.3 AT en la PCU-B
LED de + 5V está apagado	Alimentación auxiliar de +5 V defectuosa	Cambiar la PCU-A por una refacción
El monitor no responde	No esta activo el monitor hacia la LTU	Revisar la dirección de la LTU dentro de la repisa Revisar si esté iluminado el LED de +5V la repisa

**La tabla 4.3 Problemas y soluciones en la repisa**

#### 4.4.3 FUNCIONAMIENTO DE LA PCU-A o ACU.

En la PCU-A o ACU, los indicadores LED para -48 V\_A, -48 V\_B y 5 V\_auxiliar deben estar en verde.

En caso de recibir la señal E1 válida, el LED local de la LTU debe estar en verde. Nota que una señal de prueba PRBS (sin trama) no es válida para una unidad configurada para G.704 (con trama).

En caso de que la NTU recibe una señal E1 o V.35 válida, el LED remoto de la LTU debe estar en verde.

Revisar la configuración, el estado y las alarmas de las unidades LTU, NTU (y regenerador).

Es recomendable revisar la calidad de señal en la línea HDSL (SQ). En tiempos de lluvia un valor arriba de 7.5 dB debe ser suficiente. En tiempo seco es mejor un valor arriba de 9.5 dB, tomando en cuenta que el ruido y las interferencias pueden aumentar en tiempo de lluvia.

Es bueno de dejar un margen extra 1 ó 2 dB cuando el enlace HDSL es el primero en un cable de la planta exterior, para que eventuales enlaces futuros no afecten la calidad del actual (por interferencias).

La PCU-A se encarga de la supervisión y distribución de la entrada de reloj externo de 2048 kHz. El conector de entrada es del tipo BNC con una impedancia de 75 Ohm y acoplada mediante transformador.

La entrada de reloj es convertida a niveles TTL y distribuida a las LTU por medio del panel posterior. Al tener una entrada única de reloj externo se pueden sincronizar todas las unidades por un reloj maestro central, si fuera necesario.

El nivel de entrada mínimo de reloj de 0.75 V (Recomendación ITU-T G.703, Sección 10). Se puede atenuar hasta un máximo de -6 dB sin alteración de la distribución del reloj externo a través del panel posterior y sin que se active la señal de alarma de Pérdida de Reloj Externo (LOXCK) a través del panel posterior.

Los contactos del relé de alarma no-urgente se conducen también hacia la PCU-B por medio del panel posterior de la repisa.

La PCU-A también genera una alimentación auxiliar local de +5V DC para los componentes activos situados en su placa y para el relé de alarmas. Adicionalmente, se usa también para las salidas de alarma de las LTU.

La PCU-A tiene una interfaz de monitor RS232 en el panel frontal para que el usuario pueda direccionar, interrogar y configurar unidades individuales en el almacén así como a sus estaciones remotas. Las señales de monitor RS232 se convierten a niveles TTL y se distribuyen a todas las LTU por medio de un bus "punto-multipunto" situado en el panel posterior del almacén.

El terminal de monitor RS232 debe ser VT100 compatible y cumplir las siguientes características:

- 9600 baudios, asíncrono.
- 8 bits, sin paridad, un bit de stop.
- XON / XOFF habilitados.

A un mismo tiempo, sólo una de las unidades en el almacén puede tener conexión lógica con esta interfaz de monitor. La LTU se direcciona de acuerdo a su localización física dentro del almacén, comenzando con 01 para direccionar a la unidad situada más a la izquierda y ascendiendo hacia la derecha hasta 13.

Observe que si la alimentación de +5V DC auxiliares en la PCU falla (indicado porque se apaga el LED +5V situado en el panel frontal de la PCU-A), la función de monitor dejará de funcionar, aunque la funcionalidad de las LTU está totalmente garantizada.

El conector para insertar el reloj externo de 2048 kHz. Es un BNC-hembra de 75 Ohm. La señal de reloj debe ser mínimo 0.75 V pico a 75 Ohm (con hasta -6 dB de atenuación) y máximo 1.5 V pico.

La ACU / PCU-B tiene los puentes:

Los puentes J1, J2 y J3 representan los bits 4, 5 y 6 de la dirección. Para establecer la dirección del almacén, debemos colocar (ON) los puentes de la forma adecuada. Para eliminar sólo hay que quitarlos (OFF). El almacén que contiene la CMU debe tener dirección cero, que se muestra en la **tabla 4.4**.

J3	J2	J1	Dirección de repisa
OFF	OFF	OFF	Direction 0
OFF	OFF	ON	Direction 1
OFF	ON	OFF	Direction 2
OFF	ON	ON	Direction 3
ON	OFF	OFF	Direction 4
ON	OFF	ON	Direction 5
ON	ON	OFF	Direction 6
ON	ON	ON	Direction 7

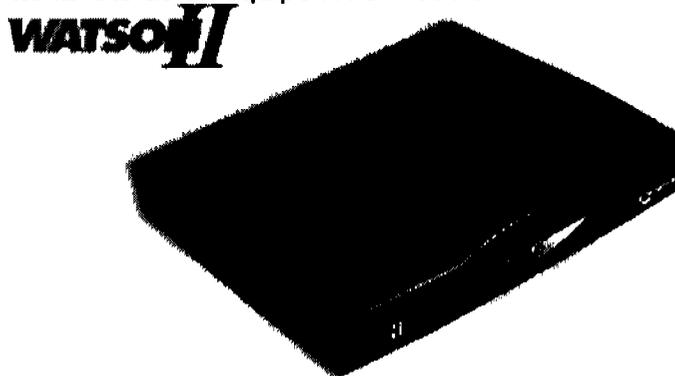
**La tabla 4.4 Direcciones de los puentes del almacén de la ACY / PCU-B**

Como el bus RS485 requiere una impedancia de terminación de 120 ohms, colocar los puentes J4 y J5 para proporcionar esta impedancia. Sólo se debe de terminar el bus RS485 una vez.

En el sitio de usuario se terminará la red con una NTU que contiene la interfaz a la cual se conecta el usuario

#### 4.5 DESCRIPCIÓN DE LA NTU L/R

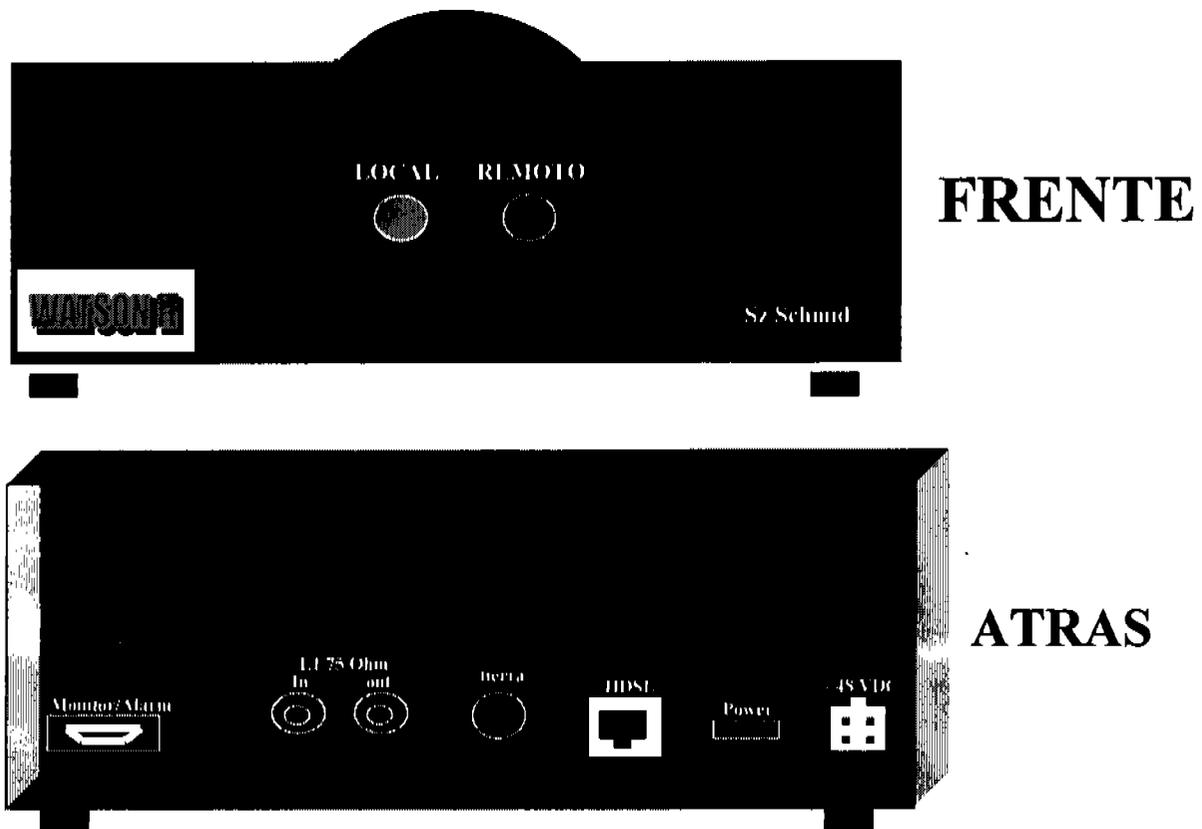
En frente de la NTU se encuentran dos indicadores LED que pueden emitir luz de color rojo, ámbar o verde. El indicador LED Local indica el estado de la propia NTU, mientras el segundo puede indicar el estado de la unidad remota. Cuando la NTU es esclavo (siempre con enlaces LTU-NTU) el LED remoto está apagado. Se puede observar en la **Figura 4.6** la foto de un equipo NTU modelo Watson II.



**Figura 4.6 Fotografía del Equipo con logotipo y Logotipo de Watson 2**

En la **figura 4.7** se muestra y describe el frente y la parte de atrás del equipo, donde las conexiones en la parte de atrás de la NTU-E1 son:

- Un conector para la alimentación local. Aquí se puede conectar el adaptador de 115 VAC a -48 VDC. Cuando la alimentación es directa de la LTU, la NTU no se utiliza este conector.
- Un conector de la línea HDSL. Aquí se conectan los dos pares que llevan, aparte de las señales de HDSL, también el voltaje de alimentación de la central o LTU.
- Dos conectores BNC-Hembra para la interfaz E1 de 2 Mbits/s hacia el usuario. El conector marcado como "Out" es la salida (de recepción) y el marcado como "In" es la entrada (de transmisión).
- El conector de monitor y alarmas contiene las conexiones para un terminal de computadora y contactos de alarma.
- Una conexión para banana y de tornillo para la tierra de protección de la línea HDSL.
- Un conmutador (switch) para seleccionar la entrada de potencia como local o remota.



**Figura 4.7 Equipo Watson 2, Vista Frontal y Reverso de la NTU**

Cuando una de las LTU es alimentada vía el panel posterior de la repisa con una entrada dual de  $-48V_{DC}$  (con referencia a los  $0 V_{DC}$  de la batería de la central). La LTU convierte estos  $\pm 5 V_{DC}$  para la alimentación interna.

La tierra electrónica de todos los voltajes en el secundario del convertidor DC-DC de las LTU está unida a tierra. Esto se realiza por medio del panel posterior, así como, en el armazón por medio de los paneles frontales.

Adicionalmente, la LTU está alimentada por medio del panel posterior, con un voltaje auxiliar de  $\pm 5 V_{DC}$  generado en la ACU ó PCA-A. El único propósito de este voltaje es conducir el circuito de alarmas a cada LTU, incluso en el caso de fallo en el convertidor DC-DC de la LTU. En caso de fallo en la alimentación propia de la LTU, los LED del panel frontal se apagarán.

Una fuente de 115 VAC en la LTU puede suministrar energía hacia un regenerador y/o una NTU vía los pares de HDSL. Cuenta con detectores de corriente y sobre-voltaje para apagar esta fuente cuando sea necesario por razones de seguridad del personal. La corriente máxima es de 50 mA y el voltaje máximo es de 120 V.

Por la resistencia de bucle de los pares de la línea, el voltaje de 115 Vdc de la LTU-R disminuye con la distancia (más todavía cuando alimenta a un regenerador). El voltaje de alimentación remota utilizado por la NTU debe ser mayor a 65 Vdc.

#### **4.6 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO**

Para poder configurar y monitorear la LTU o la NTU se requiere conectar una terminal en la interfaz DB9 que se encuentra en la NTU o en la LTU.

Se puede conectar a un terminal o PC (con emulación de terminal) a la ACU o PCU-A de la repisa para monitorear eventos relevantes, para presentar información de la calidad en la conexión HDSL y de parámetros de error G.826. También se pueden configurar todos los parámetros y localizar los fallos por medio de esta interfaz de monitor.

El terminal para el monitor debe ser VT100 compatible y estar configurado de la siguiente manera:

- 9600 baudios, asíncrono.
- 8 bits, sin paridad, un bit de parado
- XON / XOFF habilitado

Solo una de las LTU del armazón puede ser lógicamente conectada a la Interfaz de monitor al mismo tiempo. La LTU se direcciona de acuerdo a su localización física dentro de la repisa, numerado como '01' la que está situada en la posición más a la izquierda en el armazón y ascendiendo hacia la derecha. Para seleccionar una LTU situada en la posición <SN>, debemos teclear %SN en la terminal. Después de cada comando, debe oprimirse la tecla de retorno (Intro o Enter). Por ejemplo, teclée %01 y Enter para la LTU en la primera posición de la repisa.

##### **4.6.1 CONFIGURACIÓN MAESTRO Y ESCLAVO**

Para los enlaces HDSL, uno de los extremos debe ser asignado como maestro y el otro como esclavo. El equipo maestro inicia la comunicación (después de la instalación o después de una interrupción del enlace).

La gestión es efectuada generalmente desde la central, siendo la LTU el maestro del enlace, en una configuración LTU-NTU. Así que para poder gestionar un enlace completo se necesita conectarse solamente a la LTU.

La comunicación con una LTU es establecida mediante una terminal para la gestión local conectada a la repisa que contiene la LTU. Para la gestión centralizada la CMU en la repisa se encarga de la comunicación con las LTU's.

Ya que se puede construir un enlace entre dos unidades NTU, una de ellas se configura como maestra y la otra como esclava. Se puede gestionar el enlace completo

desde la unidad maestra. Sin embargo, no se puede utilizar la gestión centralizada en un enlace entre las dos NTU's debido a que no hay CMU. La terminal esclava puede ser también gestionada localmente.

La unidad configurada como esclava no puede acceder, ni modificar la configuración del maestro, ni sus datos. Se puede acceder a la configuración de la unidad esclava o a sus datos, por medio de la interfaz Monitor de forma local o de forma remota desde la unidad configurada como maestra. El LED "Remote" de la unidad esclava esta apagado.

La unidad configurada como maestra tiene acceso local y acceso a la unidad esclava. La opción de "maestro / esclavo" de la unidad configurada como esclava, no puede ser modificada por la unidad configurada como maestra por razones de seguridad.

NOTA.- Con tráfico real, la opción de reinicialización automática debe estar habilitada. En la LTU, se puede activar o desactivar la fuente de potencia hacia la línea HDSL. La NTU puede ser tele-alimentada solamente cuando opera en modo NORMAL.

#### **4.6.2 CONFIGURACIÓN DE MODOS DE OPERACIÓN**

Esta es la forma que tendremos los enlaces HDSL y de acuerdo a sus características se pueden utilizar. Los modos fraccionales, parcial y "HOT STAND-BY" son posibles con señal E1 con trama. En estos modos de operación se requiere alimentar las NTU's localmente.

##### **Operación NORMAL.**

La inicialización y operación de ambos trancceptores de HDSL están sincronizados en ambos pares. Si uno de los dos falla, los dos canales se re-inicialicen y la transmisión de datos estará interrumpida hasta que los dos canales hayan sido reactivados.

##### **Operación FRACCIONAL.**

En este modo se utiliza solamente el trancceptor A. El trancceptor B se apaga, Se transmite solamente la mitad de las ranuras de tiempo del E1 (con trama).

##### **Operación PARCIAL.**

Si falla uno de los canales, solamente este canal se reinicialice, mientras el otro canal sigue transmitiendo datos. Las primeras ranuras de tiempo son alojadas en el canal que opere correctamente.

##### **Operación "HOT STAND-BY".**

Ambos Canales de HDSL cargan las mismas muescas de tiempo (la mitad de un E1). Si falla uno de los canales, el otro sigue transmitiendo los datos.

#### **4.6.3 CONFIGURACION LTU - NTU**

Como ya se había mencionado, la interfaz de usuario con E1, que es 2 Mbits/s de acuerdo a la recomendación ITU G.703, para la conexión de hasta 30 canales telefónicos a un conmutador o equipo multilínea. La interfaz de usuario V.35 para la conexión de datos o videoconferencia (interfaz común para equipos de cómputo).

La LTU-R puede suministrar la alimentación para un regenerador en caso de ser necesario su empleo. Cuando se requiere un regenerador, la NTU es alimentada localmente en el sitio del usuario, mediante un adaptador. Si no se conecta este regenerador, la NTU se tele-alimenta desde la central.

#### **4.6.4 CONFIGURACION NTU – NTU**

Esta configuración requiere alimentación local de las unidades NTU, ya que la NTU no cuenta con una fuente de potencia para alimentar unidades remotas a través de la línea HDSL, no se puede utilizar regeneradores en el enlace. Una de las terminales se configura como maestra y la otra como esclava. Se puede gestionar el enlace completamente desde la unidad maestra, mientras la terminal esclava puede gestionarse solamente a sí misma.

La configuración LTU-LTU también es posible y se utiliza por ejemplo para conectar una central con concentrador o DLC. Una de las terminales se configura como maestra y la otra como esclava.

#### **4.6.5 CONFIGURACION LTU Y NTU CON INTERFAZ E1 / PRA.**

La interfaz puede ser configurado como E1 o PRA a 75 Ohm. La interfaz E1 es según el estándar G.703 de ITU-T y puede ser configurado para evaluar la trama G.704 de 30 y 31 canales CCS (Señalización de Canal Común) o transparente (sin evaluación de la trama G.704).

La LTU contiene una fuente (de una repisa con una o dos entradas de -48 VDC) para alimentar un regenerador HDSL o una NTU vía los pares de cobre (los mismos pares que llevan la señal HDSL). La NTU puede ser alimentada localmente (mediante un convertidor de 115VAC a -48 VDC) o remotamente por la LTU.

Es posible de utilizar una LTU o NTU con interfaz E1 en un extremo del enlace HDSL y una NTU con interfaz V.35 en el otro extremo.

#### 4.7 LA GESTIÓN DE EQUIPO "WATSON II"

Es importante que se tengan los enlaces HDSL y que se configuren al modo requerido, sin embargo, si se pueden administrar o gestionar, podemos aprovecharlos mejor y llevar el control necesario, para revisarlos o en su caso corregir cualquier falla que se presente y se muestra en los equipos, para poder corregir la falla más rápidamente.

La unidad PCU-A en cada repisa dispone de una interfaz para la gestión local mediante una terminal del tipo VT-100 (una laptop con un programa de simulador de terminal).

Una unidad CMU puede ser insertada en la repisa WATSON II como interfaz a un sistema de gestión centralizado. La CMU funciona entonces como agente de gestión, haciendo la interfaz entre hasta 30 unidades LTU (vía un bus dentro de una repisa y entre varias repisas) y un sistema de gestión centralizada (con protocolo SNMP vía una interfaz X.25 y/o Ethernet).

Una interfaz E1 para las señales del equipo de la central o usuario puede recuperar la frecuencia de reloj, puede detectar la trama y generar / detectar CRC4 para evaluar la calidad de la señal que recibe del equipo de la central. Esta interfaz E1 puede también detectar y entregar señal AIS (señal de indicación de alarmas que consiste de "todos unos").

El bloque llamado "Framer" controla las ranuras de tiempo como son insertadas en la trama de la señal HDSL. También detecta y genera los bits de mantenimiento en la trama HDSL y controla la detección de errores mediante el método CRC6. En el lado de la línea se encuentran los trancéptores (transmisor / receptor) de HDSL.

La fuente de alimentación local de la LTU recibe dos voltajes de -48 VDC de la repisa y con estos suministra los voltajes internos de la unidad y la que se utiliza, para alimentación remota. El modo de alimentación local o remota se selecciona mediante un switch atrás en la NTU.

#### 4.7.1. MENU PRINCIPAL

Se muestra la pantalla siguiente de la gestión del equipo Watson II:

```
Watson II
E1 Monitor V3.1a T
Copyright (C) 95,9 by Schmid Telecom AG Zuerich, Switzerland
+-----+
| Main Menu |
+-----+
1. Performance management (PM)
2. Fault and maintenance management (FMM)
3. Configuration management (CM)
4. Security management (SM)
5. Exit

LTU_04> Select [1..5]:
```

**1.- Gestión de prestaciones (PM):** Mediciones de la calidad del enlace HDSL según G.826.

**2.- Gestión de fallas y mantenimiento (FMM):** Estado y Alarmas del enlace HDSL, Bucles de prueba, calidad de los pares de cobre.

**3.- Gestión de configuración (CM):** Opciones de configuración de las unidades.

**4.- Gestión de seguridad (SM):** No está disponible para este equipo.

Se teclea un número para selecciona el menú deseado o "5" para salir del menú principal de la unidad.

En los diferentes menús, la letra "H" despliegue un listado con posibles comandos. Estando en el menú de análisis de desempeño (PM), oprimir la tecla "H" (y enter) desplegará esta lista.

```
LTU_04_PM> H
~~~~~
G826          Display HDSL G.826 parameter
G826 C        Display HDSL G.826 parameter continuously
G826 E1       Display local E1 G.826 parameter
G826 E1 C     Display local E1 G.826 parameter continuously
G826 REGn     Display regenerator G.826 parameter
G826 REGn C   Display regenerator G.826 parameter continuously
RESETG826     Reset G.826 error performance parameter
M(AIN)        Return to main menu
~~~~~
LTU_04_PM>
```

#### 4.7.2 GESTIÓN DE PRESTACIONES COMANDO "G826"

El comando **G826 C** visualiza los parámetros de G.826 de forma continua:

```

    LTU_04_PM> G826
    ~~~~~
    G.826 Error Performance : CRC6 A  CRC6 B  FEBE A  FEBE B
    ~~~~~
    Errored blocks         : 00000000 00000000 00000000 00000000
    Errored seconds        : 00000000 00000000 00000000 00000000
    Severely errored seconds : 00000000 00000000 00000000 00000000
    ESR [%]                : 0.00      0.00      0.00      0.00
    SESR [%]               : 0.00      0.00      0.00      0.00
    BBER [%]               : 0.00      0.00      0.00      0.00
    Available time         : 00624483 00624483 00624483 00624483
    Unavailable time       : 00000024 00000024 00000024 00000024
    ~~~~~
    LTU_04_PM>
    
```

**CRC6:** Indica el número de bloques recibidos con error de CRC en el enlace HDSL en la unidad local.

**FEBE:** Indica el número de bloques recibidos con error en el enlace HDSL en el remoto.

**Bloques con Error (EB):** Es un bloque con uno ó más errores de bit.

**Segundos con Error (ES):** Segundos con uno ó más bloques con error.

**Segundos con Muchos Errores (SES):** Segundos que contienen = 30% de bloques con error.

**Tasa de Segundos con Errores (ESR):** La razón de ES referida al total de segundos de tiempo disponible durante un intervalo de medida fija.

**Tasa de Segundos con Muchos Errores (SESR):** La razón de SES referida al total de segundos de tiempo disponible durante un intervalo de medida fija.

**Tasa de Bloques de Error en Fondo (BBER):** La razón de bloques de error referida al total de bloques durante un intervalo fijo de medida, excluyendo todos los bloques durante SES y tiempo no disponible.

**Tiempo no disponible:** Cuando hay 10 segundos consecutivos de segundos con muchos errores, se considera estos 10 segundos como "tiempo no disponible".

**G.826 E1 C** Visualiza los parámetros de G.826 de forma continua.

**FAS:** Indica el número de errores detectadas en la multirama.

Con la opción CRC4 Activada aparecerá lo siguiente en la pantalla:

```

LTU_02PM> G826 E1
-----
Par metros Error G.826      :      CRC4      E-Bit
-----
Bloques con error          :      00000000      00000000
Segundos con error         :      00000000      00000000
Segs. Con muchos errores   :      00000000      00000000
ESR [%]                    :      0.00      0.00
SESR [%]                   :      0.00      0.00
BBER [%]                   :      0.00      0.00
Tiempo disponible         :      00000000      00000000
Tiempo no disponible      :      00000122      00000122
    
```

**CRC4:** Indica el número de tramas con error de CRC enlace E1 (local).

**E-bit:** bit que indica errores de CRC-4 en las submultitramas recibidas.

El comando **STARBER** n inicia el generador de una señal de prueba de 32 bits y un detector de esta señal, para una duración de n horas. El detector compara las tramas recibidas con el patrón generado cada segundo y cuenta la cantidad de pruebas efectuadas y las pruebas falladas (errores). Antes de iniciar la prueba de BER se debe establecer un bucle de retorno (bucle analógico, de regenerador o bucle 2 remoto). Para incluir la interfaz de usuario en el equipo remoto, se puede también hacer un bucle cableado (Tx a Rx) en el equipo remoto. Deben respetarse los siguientes puntos:

- Equipo remoto de n x 64 Kbit/s debe programarse con una velocidad de datos de 32 x 64 kbit/s (=2048 kbit/s) y el modo de reloj 'remoto'.
- Equipo remoto Ethernet debe tener una velocidad de datos de 32 x 64 kbit/s (=2048 kbit/s), 'UTP full duplex', 'bridge filter off' y 'enhaced tinygram compression on'.
- No efectuar un RESET o reconfigurar la LTU durante la prueba BER. El comando RESETG826 finaliza la prueba BER y pone los contadores en cero.

La prueba **BER** parará automáticamente después de n horas. También puede terminarse la prueba manualmente con el comando **STOPBER**.

Los resultados de la prueba BER pueden visualizarse mediante el comando **READBER**. Cuando una prueba está en proceso se muestran los resultados actuales. En caso contrario, se muestran los resultados de la última prueba.

### 4.7.3 GESTIÓN DE FALLOS Y MANTENIMIENTO

#### 4.7.3.1 COMANDO "SQ"

Los comandos en el menú de Fallas y mantenimiento son los siguientes:

```
LTU_04_FMM> H
-----
SQ                Turn HDSL signal quality trace on/off
SQ                REGn Turn regenerator signal quality trace on/off
STARTUP          Turn HDSL transceiver startup trace on/off
STATUS           Display local system status
STATUS R         Display remote system status
STATUS REGn      Display regenerator status
ALARM            Display local alarm status
ALARM R          Display remote alarm status
ALARM T          Turn alarm trace on/off
ACO [ON,OFF]     Activate / deactivate alarm cutoff
LOOP1 [ON,OFF]   Activate / deactivate local loopback
LOOP2 [ON,OFF]   Activate / deactivate remote loopback
LOOPREGn [ON,OFF] Activate / deactivate regenerator loopback
STARTAL          Start analog loopback
STOPAL           Stop analog loopback
TRACETIME [1..20] Change trace time (1..20 seconds)
RESET            Reset system
RESET R          Reset remote station
M(AIN)           Return to main menu
-----
LTU_04_FMM>
```

Menú de fallos y mantenimiento FMM:

- Calidad de señal
- Estado del sistema
- Alarmas
- Bucles de prueba
- Re-inicialización

El comando **SQ** permite al usuario activar o desactivar el trazado del seguimiento de este parámetro de calidad.

Si la unidad está configurada como maestra se presenta la Información de la Calidad de Señal tanto del local como del remoto. Configurada como esclava, sólo se presenta la información del lado local. La unidad maestra consulta periódicamente los datos de calidad de la estación remota por medio del canal secundario (EOC). Si no es posible obtener ningún dato válido de calidad desde la estación esclava, se presenta "-.-".

Se muestra un ejemplo en la siguiente pantalla:

```
LTU_04_FMM> SQ
04:53:30 HDSL signal quality trace on
04:53:30 HDSL noise margin: local A: --- B: --- / remote A: --- B: --- dB
04:54:30 HDSL noise margin: local A:+19.5 B:+19.5 / remote A:+19.5 B:+19.5 dB
04:55:30 HDSL noise margin: local A:+19.5 B:+19.5 / remote A:+19.0 B:+19.5 dB
LTU_04_FMM> SQ
04:56:30 HDSL signal quality trace off
LTU_04_FMM>
```

El comando **SQ REGn** permite al usuario activar o desactivar el trazado de la calidad de señal. Solo es disponible desde la LTU.

REG-R A es el par A de la línea HDSL del lado de la LTU (central)

REG-R B es el par B de la línea HDSL del lado de la LTU (central)

REG-C A es el par A de la línea HDSL del lado de la NTU (usuario)

REG-C B es el par B de la línea HDSL del lado de la NTU (usuario)

#### 4.7.3.2 COMANDO "STARTUP"

El comando **STARTUP** permite al usuario activar o desactivar el trazado de las transiciones dentro del diagrama de estados de activación de la LTU y NTU conforme a ETSI ETR 152.

```
LTU_04_FMM> STARTUP
00:03:60 HDSL transceiver startup trace on
00:03:60 A - INACTIVE      : transmit SILENT
00:03:60 B - INACTIVE      : transmit SILENT
00:03:80 A - ACTIVATE_1    : transmit S0
00:03:80 B - ACTIVATE_1    : transmit S0
00:05:80 A - ACTIVATE_2    : signal detected
00:05:80 B - ACTIVATE_2    : signal detected
00:15:90 A - ACTIVATE_3    : transmit S1
00:15:90 B - ACTIVATE_3    : transmit S1
00:20:00 A - ACTIVATE_4    : transmit S1
00:20:00 B - ACTIVATE_4    : transmit S1
00:24:10 A - ACTIVATE_5    : final transceiver mode
00:24:10 B - ACTIVATE_5    : final transceiver mode
00:24:30 A - ACTIVE_RX     : receive ready
00:24:30 B - ACTIVE_RX     : receive ready
00:24:50 A - ACTIVE_TX_RX  : transmit/receive 2B1Q data
00:24:50 B - ACTIVE_TX_RX  : transmit/receive 2B1Q data
LTU_04_FMM>
```

**STATUS:** Visualiza el estado local.

```
LTU_04_FMM> STATUS
```

```
~~~~~  
Local System Status  
~~~~~
```

```
SYNC-A: 02 PID-A: 01 LOSD-A: 00 HRP-A: 01 RPF-A: 01 RPS-A: 02  
SYNC-B: 02 PID-B: 02 LOSD-B: 00 HRP-B: 01 RPF-B: 01 RPS-B: 02  
MAIN : A  
~~~~~
```

```
LTU_04_FMM>
```

**STATUS R:** Visualiza el estado remoto.

**STATUS REGn:** Visualiza el estado del regenerador n.

**SYNC-A y SYNC-B:** El estado de sincronización en los transceptores A y B:

"02" = en sincronía.

**PID-A y PID-B:** El número del par de hilos que correspondan a los transceptores A y B. En el maestro, es siempre PID-A=01 y PID-B=02. Si en el esclavo PID-A es 02 y PID-B es 01, entonces el Par A y el par B entre las unidades HDSL están cruzados.

**MAIN:** EL canal (transceptor) que controla la recuperación del reloj E1 y el protocolo EOC (canal de servicio HDSL). Canal principal (A ó B).

**LOSD-A Y LOSD-B:** Ausencia (00) No hay señal en la interfaz de usuario de la unidad remota. Presencia (01) Señal en la Interfaz de usuario de la unidad remota correcta.

**HRP-A y HRP-B:** Ausencia (00) No se detecta regenerador en la línea HDSL. Presencia (01) Regenerador presente en la línea HDSL (o la cantidad de regeneradores presentes).

**RPF-A y RPF-B:** Estado de la alimentación remota: Desactivada (00) Tele-alimentación en el bucle A ó B desactivada. Activada (01) Tele-alimentación en el bucle A ó B activada.

Si el LTU está configurado con tele-alimentación y RPF está a 00, significa que se ha superado la corriente límite y se ha desconectado la tele-alimentación.

**RPS-A y RPS-B:** Estado de la alimentación de la NTU: (00) Pérdida de alimentación NTU. (01) - -. (02) Alimentación secundaria de la NTU desconectada. (03) Alimentación principal de la NTU activa.

### 4.7.3.3 COMANDO "ALARM"

**ALARM:** Estado de alarmas locales.

```
LTU_04_FMM> ALARM
~~~~~
Local Alarm Status
~~~~~
LOS-S : on   LOS/LFA-A : off   BER-H : off   LOOP1 : off   CLDET-A : off
LFA-S : off  LOS/LFA-B : off   BER-L : off   LOOP2 : off   CLDET-B : off
AIS-S : off  EXT-LOC  : off   AIS-R : on    ACO   : off
BER-S : off                                     ALB   : off
~~~~~
Regenerator Alarm Status
~~~~~
REG1-A : off REG1-B : off BER-REG1 : off LOOPREG1 : off
~~~~~
LTU_04_FMM>
```

**ALARM R:** Estado de alarmas remotas.

**ALARM T:** Activa / desactiva trazado de alarmas.

**LOS:** Abreviatura internacional para pérdida de señal (Loss Of Signal).

**LFA:** Es la abreviatura internacional para señalar pérdida de alineación de trama (Loss Of Frame Alignment).

**AIS:** es la abreviatura internacional para la señal de indicación de alarma, que consiste de un tren de bits en "uno" (Alarm Indication Signal).

**BER:** es la abreviatura internacional para señalar la relación de errores (Bit Error Rate).

**BER-S:** on cuando:

Con CRC4 habilitado indica más de 805 errores CRC4 por segundo.

Sin CRC4 habilitado indica más de 28 errores de FAS por segundo (errores en la palabras de alineación de trama).

**LOS/LFA-A (B):** Pérdida de señal o de alineación de trama (par A ó B interrumpida o en corto).

**EXT-LOC:** Reloj externo configurado pero no detectado.

**BER-H:** on Más de 30% de las tramas HDSL con error (es).

**BER-L:** on Más de 15% de las tramas HDSL con error (es).

**AIS-R: on** Bit de indicación de alarma recibido desde la estación remota.

Una estación envía el bit AIS-R hacia la estación remoto cuando se detecta:

LOS-S, AIS-S (con la opción AISDET activada), LFA-S (en modo entramado) o BER-S (en modo entramado).

**LOOP1: on** Está activado el bucle de prueba 1 (local).

**LQOP2: on** Está activado el bucle de prueba 2 (remoto).

*La palabra en Inglés LOOP significa "bucle" o "retorno".*

**LOOPREG: on** Está activado el bucle de prueba en el regenerador.

**ACO: on** Los contactos de alarma de la repisa están desactivados.

**ALB: on** Los contactos de alarma de la repisa están desactivados.

**CLDET-A:** La LTU-R detectó una corriente arriba del límite de 50 mA en el par A de la línea HDSL.

**CLDET-B:** La LTU-R detectó una corriente arriba del límite de 50 mA en el par B de la línea HDSL.

Cuando se alimenta un regenerador y/o una NTU desde la LTU-R (a través de los pares de la línea HDSL), la LTU supervisa la corriente en cada par. Cuando la corriente sobrepasa los 50 mA, se desconecta la alimentación remota de la LTU por razones de seguridad.

**REGn-A** Indicación de alarma recibida del regenerador n en el par A.

**REGn-B** Indicación de alarma recibida del regenerador n en el par B.

El comando **ACO** habilita o inhibe el relé de alarmas. Con ACO ON todas las alarmas se inhiben y el relé de alarmas permanece inactivo. El LED de alarma local muestra una alarma no-urgente.

El comando **STARAL** comienza el bucle analógico. La unidad debe estar configurada como maestro para poder activar el bucle analógico.

Antes de comenzar el bucle analógico se debe desconectar la línea HDSL. Si el bucle analógico comienza mientras está establecido el enlace con la estación remota, la señal de la estación remota Interferirá con la señal de bucle.

Para volver al modo normal de operación, hay que inicializar de nuevo el sistema mediante un comando **RESET** o bien encendiendo de nuevo el equipo.

El comando **TRACETIME** permite al usuario cambias el periodo de Interrogación de las variables (en un rango de 1 a 20 segundos).

El comando **RESET** realiza una reinicialización del sistema local.

El comando **RESET-R** reinicializa la estación remota desde el maestro.

#### 4.8 GESTIÓN DE CONFIGURACION.

**Comando G704:** Cambia del modo entramado (ON) o al modo transparente.

**Comando CRC4:** Activa (ON) la generación y detección de CRC4.

**Comando EBIT:** Activa (ON) o desactiva (OFF) la opción de inserción del bit E.

**Comando AISGEN:** Activa (ON) la opción de generación de AIS.

**Comando AISDET:** Activa (ON) o desactiva (OFF) la opción de detección de AIS.

**Comando EXTCLK:** Cambia el modo del reloj externo, con reloj externo (ON)

**Comando UIF:** Cambia el tipo de interfaz a E1 o PRA.

**Comando MASTER:** Cambia al modo esclavo (MASTER OFF)

o al modo maestro (MASTER ON) en el enlace HDSL.

**Comando RESTART:** Activa (ON) restablecimiento automático del enlace HDSL.

**Comando POWER:** Activa (ON) la fuente de la alimentación remota.

**Comando MODE N:** Modo de operación normal.

Los transceptores A y B están sincronizados entre sí.

**Comando MODE F:** Modo de operación fraccional.

El transceptor B está apagado. Solo se transmite por el par A.

**Comando MODE P:** Modo de operación parcial.

Al fallar uno de los pares HDSL, La comunicación continua parcialmente.

**Comando MODE H:** Modo de operación "hot stand-by".

Transmisión de hasta 16 canales de 64 kbit/s sobre ambos pares (protección).

El comando **DEFAULT** carga una configuración por defecto

(no afecta la opción "maestro / esclavo").

**DEFAULT 0** carga una configuración sin entramado (G.703 transparente).

**DEFAULT 1** carga una configuración con entramado (G.704).

**DEFAULT 2** carga una configuración sin entramado (para pruebas de fábrica).

El comando **REMOTE** permita el acceso a la configuración del remoto.

#### 4.8.1 GESTIÓN DE CONFIGURACIÓN INTERFAZ E1

Estas opciones de configuración se refieren sólo a la interfaz E1 y no afectan al modo de operación del enlace MSDSL.

**Modo Transparente:** En el modo transparente, los datos de la interfaz E1 se transmiten sin alteración, mientras que en el modo entramado (trama según G.704), las palabras de alineamiento de trama, multitrama y los bits CRC4 son regenerados por una unidad de entramado y formateado de 2 Mbits/s.

**Generación y Detección de CRC4:** Activada la Generación y detección de CRC4, las palabras de alineamiento de trama y multitrama y los bits CRC4 son regenerados y se genera un informe de los errores de CRC4 detectados.

**Inserción del bit:** Con la inserción del bit E habilitada, la detección de los errores CRC4 causará la inserción de bits E (Indicación de errores CRC4 detectados).

**Generación y Detección de AIS:** Si se habilita la opción de Generación de AIS, se generará una secuencia de AIS (todos los bits a "1") en el enlace E1, en las siguientes condiciones:

- No se haya establecido el enlace MSDSL con la estación remota. (Pérdida de señal o alineamiento de trama en el enlace MSDSL).
- La estación remota esta enviando la indicación de AIS.

Si la opción Detección de AIS esta habilitada, la recepción de AIS en cualquiera de las Interfaces E1, causará las siguientes acciones:

- Se activará la alarma No-Urgente.
- Se enviará la indicación de AIS-R a la estación remota.

Si la opción de "Reloj Externo" esta activada, la fuente principal de reloj para la interfaz E1 es externa. En caso de que no haya señal de reloj externo (una frecuencia de 2048 kHz), se utilizará el reloj recuperado de la entrada de transmisión de la interfaz E1 como fuente de reloj, entonces se utilizará el reloj interno de la LTU.

Si la opción de "Reloj externo" esta inhibida, la fuente principal de reloj es la frecuencia recuperada de la entrada de transmisión de la Interfaz E1. Si no se recibe la señal de entrada E1, se utilizará el reloj interno de la LTU.

Mantenimiento al par de cobre con tecnología HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line)  
Capítulo 4.- Utilizando el equipo de Pruebas "Watson II".

La fuente de reloj externo o recuperado nunca se usa para la parte de la salida de recepción de la Interfaz E1. Si el enlace HDSL no se ha establecido, el reloj interno será la referencia para esta salida. En todos los demás casos, el reloj de la recepción es recuperado desde la parte de HDSL.

El reloj externo puede conectarse a la unidad ACU o PCU-A en la repisa WATSON. Desde esta unidad se distribuye el reloj hacia las unidades LTU. La NTU no tiene entrada de reloj externo.

Los relojes de transmisión de las dos direcciones de datos en la interfaz E1 son independientes entre sí. Son posibles tanto el modo de operación plesiócrono como síncrono.

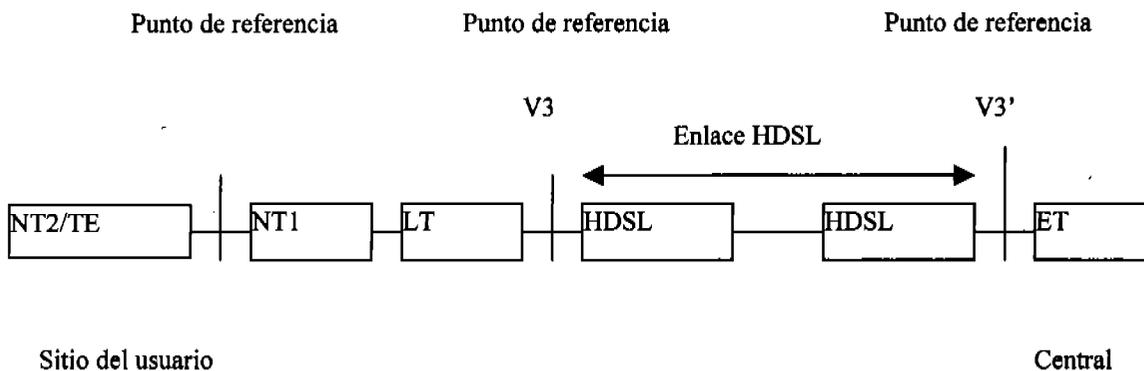
La operación en modo síncrono ocurre cuando el equipo de 2 Mbits/s de uno de los extremos del enlace HDSL utiliza el reloj recuperado de la recepción como fuente para la transmisión. Para servicios de E1, el equipo del usuario debe amarrar el reloj de transmisión a la frecuencia recuperada de la recepción.

## Anexo A

### INTERFAZ PRA

La PRA es el acceso a usuarios de velocidad primaria de RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). Esta velocidad primaria es de 2,048 kbit/s.

En el modo de interfaz PRA, la unidad NTU o LTU puede ser configurada para tener las funciones NT1, LT o una combinación de NT1 y LT, donde se muestra el diagrama de cómo está configurado en la **figura A.1**.



**La figura A.1 Diagrama de Interface PRA**

Existen dos posibilidades de configurar el enlace:

- La unidad esclava (NTU) en el sitio de usuario es configurada como NT1 y la unidad maestra en la central es configurada como LT.
- La unidad esclava (NTU) en el sitio de usuario es configurada como NT1 y LT (ambas funciones). El acceso directo a la central es establecido mediante un enlace HDSL transparente (incluyendo la ranura de tiempo cero), así que la LTU es configurada como transparente.

Existen varias opciones de configuración para el proceso de generación y monitoreo del control de errores CRC4.

El punto de referencia T está en el sitio del usuario para conectar un equipo del tipo NT2 o TE, El punto de referencia V3' es el punto de la conexión a la central telefónica.

## Anexo B

### Configuración de RJ45 para la los equipos NTU y LTU

El conector de línea HDSL se encuentra aislado del resto de los conectores ya que proporciona la alimentación remota.

Pin	<u>NTU / LTU</u>		<u>LTU doble puerto</u>	
	Señal	Descripción	Señal	Descripción
1	nc	-	LD.a	Bucle D, tip (hilo a)
2	Pantalla	Tierra del enlace HDSL	LD.b	Bucle D, ring (hilo b)
3	LB.a	Bucle B, tip (hilo a)	LB.a	Bucle B, tip (hilo a)
4	LA.a	Bucle A, tip (hilo a)	LA.a	Bucle A, tip (hilo a)
5	LA.b	Bucle A, tip (hilo b)	LB.b	Bucle A, ring (hilo b)
6	LB.a	Bucle B, tip (hilo b)	LB.b	Bucle B, ring (hilo b)
7	Pantalla	Tierra del enlace HDSL	LD.b	Bucle D, tip (hilo b)
8	nc	-	LD.b	Bucle D, ring (hilo b)

Conector monitor NTU:

Pin	Señal	Descripción
1	nc	-
2	TXD	RS232 transmisión de datos
3	RXD	RS232 Recepción de datos
4	ALACOM	Contacto común del relé de alarmas
5	SGND	RS232 Señal de tierra
6	DA_NC	Alarma-Urgente, normalmente cerrado
7	DA_NO	Alarma-Urgente, normalmente abierto
8	ND_NC	Alarma-No Urgente, normalmente cerrado
9	ND_NO	Alarma-No Urgente, normalmente cerrado

Conector de alimentación de la NTU.

Pin	Señal	Descripción
1	-LP_N	Terminal de alimentación negativa
2	nc	Tierra de protección, igual que el bornero de tierra
3	nc	-
4	+LP	Terminal de alimentación positiva

El bornero de tierra y la posición 2 del conector de alimentación están conectados a la parte central de los arrestores de tubo de descarga de gas para desviar picos de alta tensión hacia una tierra de protección.

## La NTU-nx64

La NTU-V35 es casi idéntica a la NTU-E1. La diferencia física se nota por un conector DB25-hembra en el lugar de los BNC-hembra para la interfaz E1.

La configuración de esta unidad es algo diferente, así que nos concentramos con este aspecto. Primero algo acerca de cómo funciona la interfaz V.35 en forma global.

## La Interfaz V.35

La interfaz V.35 es normalizada internacionalmente para la comunicación entre equipos de cómputo, conectado en red.

Tanto el conector físico (conocido como conector rectangular, M34 o Winchester) como las señales de la interfaz son estandarizadas internacionalmente y por lo tanto tienen gran aceptación y aplicación en el ámbito de las redes de datos.

Las señales pueden definirse como:

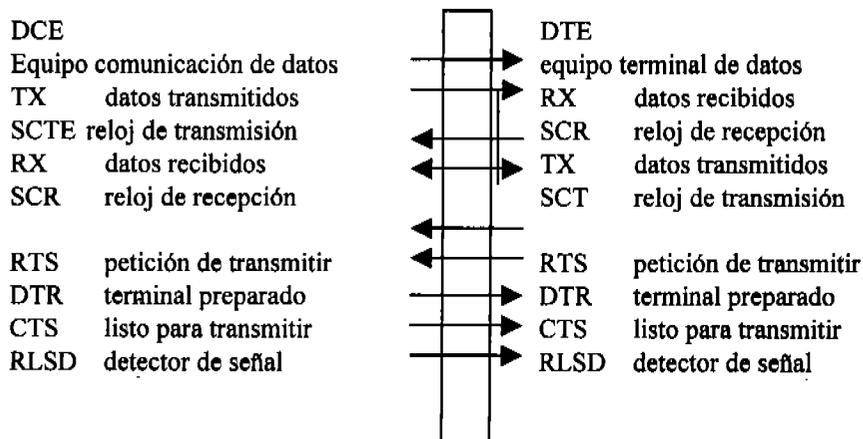
-señales de datos (transmitidos y recibidos) y sus relojes correspondientes y

-señales de protocolo de señalización (indican el estado de la conexión, controlan el flujo de datos e inician bucles de prueba).

Los datos son transmitidos como flujo continuo de bits, sin trama o indicación de reloj. Para poder sincronizar la recepción de los datos, se utiliza una señal de reloj a la frecuencia correcta.

Hay un reloj para la transmisión y uno para la recepción de los datos en cada equipo conectado, pero en una red de datos sólo puede haber una fuente de reloj.

## La Conexión entre DCE y DTE



Mantenimiento al par de cobre con tecnología HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line)  
**ANEXO B.**

Un equipo DCE es el origen de los relojes de un enlace, mientras un equipo DTE (un ruteador por ejemplo) recibe los relojes de TX y RX.

Una interfaz donde la dirección de los relojes corresponden a la dirección de los datos (como en la DCE), se llama **co-direccional**. Cuando la dirección del reloj de transmisión es contraria a la de los datos transmitidos (como en la DTE), la interfaz se llama **contra-direccional**.

El control de la transferencia de los datos es mediante las señales CTS/RTS:

Las señales CTS (listo para transmitir) y RTS (petición de transmitir) controlan la posibilidad de un dispositivo de recibir datos. Por ejemplo, cuando el DCE esta saturado y no puede recibir más datos desde el DTE, el DCE baja la señal CTS (el DTE ya no transmitirá más datos). Cuando el DTE no puede aceptar más datos baja la señal RTS.

Las señales DTR/DSR son para controlar la conexión:

Estas señales inician y reciben llamadas entre el DTE y el DCE. Cuando el DCE esta listo, la señal DSR es alto.

La señal **RLSD** indica que existe una conexión entre los equipos DTE y DCE.

Para enlaces NTU-LTU, la NTU funge como el equipo de comunicación de datos DCE, el cual entrega los relojes de recepción y transmisión de datos al equipo del usuario (reloj contra - direccional). El equipo del usuario funge como terminal de datos DTE.

Aquí se puede apreciar la interfaz V.35 de la NTU hacia el equipo DTE del usuario. Cada señal de la Interfaz tiene un nombre abreviado y un número de circuito, de acuerdo a la recomendación V.35.

Durante la inicialización del enlace MSDSL, las líneas de señalización están en off (106, 107, 109).

Una vez establecido el enlace, las señales 107, 109 estarán en on y 106 tendrá el mismo estado que la entrada 105.

Cuando el estado del circuito 105 ó 108 del equipo usuario esta en off, la terminal MSDSL señalará un a llama DTR.

Cada puerto V.35 en la NTU se conecta con el equipo del usuario mediante un cable de interfaz V.35, DTE (para conectar al equipo DTE).

En una red de datos, con equipo de conmutación ( cross conection digital, MMS), y transmisión digital, el acceso a los usuarios de esta red puede ser mediante enlaces XDSL.

Ya que solamente puede haber una fuente de reloj en una red, algún equipo de la red de datos proporciona este reloj. Los equipos de los usuarios se conectan como DTE y reciben ambos relojes (TX y RX) de la NTU.

En este caso la NTU es configurado con control remoto (desde la LTU) y contra direccionales. La LTU recibe reloj de la red (modo local) vía el puerto de interfaz V.35 o E1, mientras la dirección es CO-Direccional.

### **NTU-V35 A LTU / NTU-E1**

En este ejemplo, el equipo conectado a la interfaz E1 (en la central) entrega el reloj de 2048 Khz, mientras la interfaz V.35 de la terminal en el lado del usuario entrega reloj a la velocidad programada NX64 Kbs/seg, recuperado del reloj de 2048 Khz. La NTU-V.35 debe programarse como modo de reloj remoto.

### **Opciones de configuración interfaz V.35**

Para enlaces LTU-NTU: El modo de reloj es remoto (se entrega la frecuencia de reloj vía la LTU).

La dirección de reloj es contra direccional (la NTU entrega los relojes de recepción y de transmisión al equipo del usuario).

La velocidad de los bits se puede seleccionar en un rango desde 64 Kbit /seg hasta 2'49 Kbits/seg en pasos de 64 Kbits/seg (N=1,2,...32).

El modo de reloj debe ser seleccionado de acuerdo a la configuración individual de la red V.35. El reloj del sistema se puede derivar localmente desde el puerto V.35, internamente o desde el remoto. La dirección del reloj de cada uno de los puertos depende del modo del reloj seleccionado. En la red solo es posible una fuente de reloj.

La interfaz en el equipo del usuario puede ser DCE o DTE. Para conectarla al puerto V.35 del equipo HDSL se debe usar un cable V.35 DTE (SZ 378 0F0 para la conexión a un equipo de usuario DTE) o un cable V.35 DCE (SZ 378 0F0 para la conexión a un equipo de usuario DCE).

Para enlaces entre LTU y NTU, el reloj (la cadencia o el ritmo en que se transmitan datos) se define en la central mediante el reloj recuperado de la señal E1 o desde el reloj externo.

La interfaz V.35 de la NTU se entrega al reloj de recepción (la velocidad con que el equipo del usuario debe leer los datos) y el de transmisión (la velocidad con que el equipo del usuario debe transmitir los datos). Este reloj es una frecuencia NX 64 Khz, derivada del reloj recuperada de la señal E1 e la central.

## Monitor

Idéntico al de la NTU-E1 excepto por:

- Alarmas DTR-1 y Loc
- Configuración de velocidad de bit
- Configuración del modo de reloj
- Configuración de la dirección de reloj

La Interfaz V.35 del usuario entrega una señal DTR para indicar que el equipo esta conectado y listo para comunicarse. La ausencia de esta señal causa la alarma 'DTR-1:On' (puerto 1).

LOC en off significa que el reloj recibido del equipo del usuario corresponde con la velocidad de reloj programada (solo para el modo de reloj local en un enlace entre dos NTU's).

Configuración comando 'config'

**Comando Bit rate:** Define la velocidad de datos en el puerto 1: NU, N2 = [0...32]. Para apagar el puerto 2: N=0.

**Comando klok mode:** selecciona el origen del reloj:

0=puerto 1  
1=puerto 2 (no existe)  
2= interno  
3= remoto (para enlaces LTU-NTU)

**Comando Clock Dir:** selecciona la dirección de reloj el puerto:

0= co-direccional  
1= contra-direccional

**Comando Master:** Intercambia entre modo esclavo y modo maestro en el enlace HDSL.

## Conectores de la Interfaz V.35

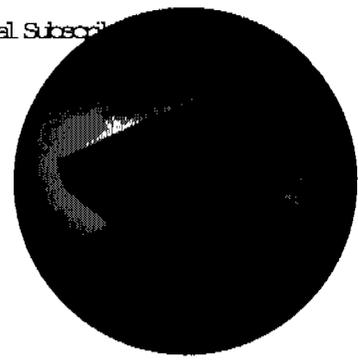
El cable conectado en los conectores sub-D hembra de 25 posiciones determina el uso del puerto como DTE o DCE.

El cable V.35-DTE es para conectarse a un equipo de usuario DTE.

Mantenimiento al par de cobre con tecnología HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line)  
ANEXO B.

Circuito	Descripción	Abrev.	Posición En sub-D25	Posición en M34
-	Tierra de protección	PGND	1	A
102	Tierra de señal	SGND	7	B
103	Transmisión de Datos	Tx	2 / 14	P / S
104	Recepción de Datos	Rx	3 / 16	R / T
105	Petición de transmisión	RTS	4	C
106	Preparado para transmitir	CTS	5	D
107	Equipo de datos preparado	DSR	6	E
108.2	Terminal de datos preparado	DTR	20	H
109	Detector de señales de línea	RLSD	8	F
113	Temporizador para los elementos de señal en la transmisión (origen: DTE)	SCTE	24 / 10	U / W
114	Temporizador para los elementos de señal en la transmisión (origen: DCE)	SCT	15 / 12	Y / AA
115	Temporizador para los elementos de señal en la recepción (origen: DCE)	SCR	17 / 9	V / X
140	Bucle remoto	RL	21	L
141	Bucle local	LL	18	N
142	Modo de prueba (de NTU)	TM	25	NN

# watson2



## Technical Specifications

### HDSL Interface

Standard	ETSI TS101135 (1.5.1)
Line code	2B1Q
Line impedance	135 Ohm balanced
Transmit power	13.5 dBm
Connector	RJ45

### Interfaces

E1.2 Mbit/s	2,048 kbit/s ± 50 ppm; HDB3; G.703; G.704, PRA, transparent; 120 Ohm balanced SubD or 75 Ohm unbalanced BNC
-------------	---

Nx64 kbit/s (with DTE/DCE adapter cables)

V.35 ISO2593 (34 pin)
V.36 ISO4902 (37 pin)
X.21 ISO4903 (15 pin)

### Management and Configuration

Performance measurement	G.826 ITU-T
Monitor interface	V.24/V.28, 9,600 Baud, VT100 terminal
Remote management	SNMP via management agent
Alarms	Relay contacts for urgent/non-urgent alarms

### Case

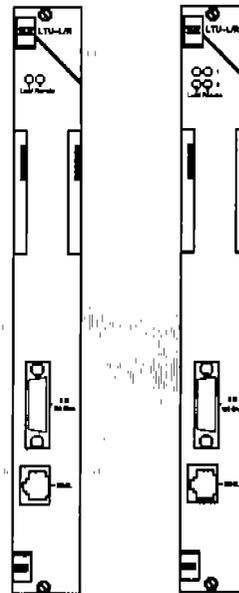
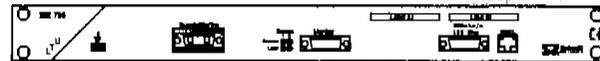
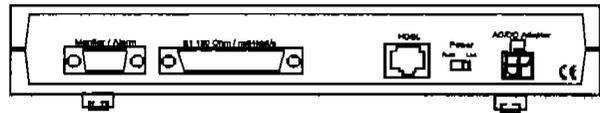
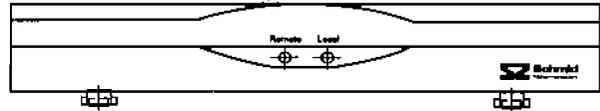
Tabletop	43 x 220 x 195 mm (H x W x D)
19" Minirack	43 x 480 x 230 mm (H x W x D)
Plug-in module	259 (6 HE) x 30 mm (H x W)
Display	Status LEDs, local and remote
Power supply	Remote or local with external AC adapter 48VDC Mini-Fit
NTU	Via subrack backplane 48VDC
Plug-in LTU	Local 48VDC Mini-Fit or 220VAC IEC320
Minirack LTU	

### Environmental

Environmental specification	ETS 300019
Operating temperature range	-5° to 45°C
Rel. Humidity range	5% to 85%
Safety	EN60950
EMC	EN55022
Surge protection	K.20/K.21

### Ordering Information

<b>Plug-in modules LTU</b>	
SZ.363.V510Wxx	W2 LTU L/R E1/PRA 120 Ohm
SZ.363.V511Wxx	W2 LTU L/R Dual E1 120 Ohm
SZ.363.V530Wxx	W2 LTU L/R E1/PRA 75 Ohm
SZ.363.V533Wxx	W2 LTU L/R Dual E1 75 Ohm
<b>Table-top NTU</b>	
SZ.364.V510Wxx	W2 NTU L/R E1/PRA 120 Ohm
SZ.364.V530Wxx	W2 NTU L/R E1/PRA 75 Ohm
SZ.364.V580Wxx	W2 NTU L/R nx64 (V.35/V.36/X.21)
<b>Minirack LTU</b>	
SZ.798.V511Wxx	W2 LTU L/R Dual E1 120 Ohm
SZ.798.V533Wxx	W2 LTU L/R Dual E1 75 Ohm
<b>Minirack NTU</b>	
SZ.795.V510Wxx	W2 NTU L/R E1/PRA 120 Ohm
SZ.795.V530Wxx	W2 NTU L/R E1/PRA 75 Ohm
SZ.795.V580Wxx	W2 NTU L/R nx64 (V.35/V.36/X.21)



For further information, please contact [del@schmid-telecom.ch](mailto:del@schmid-telecom.ch)  
or visit our Web site at [www.schmid-telecom.com](http://www.schmid-telecom.com)  
Binzstrasse 36, CH-8046, Zurich, Switzerland  
Tel: +41-1-466-11-11 Fax: +41-1-466-92-92

**SZ Schmid**  
Telecommunication  
Intelligent by design

Se concluye que el mantenimiento del par de cobre con tecnología HDSL, si es posible, que el par trenzado de cobre utilizando la tecnología HDSL, es el material y la tecnología de acceso digital de los próximos 50 años, utilizando su mayor ventaja, la utilización de infraestructura ya creadas, así como nuevas, dando el mejor rendimiento que su principal competidor que es la fibra óptica, la cual pese a que es una buena opción a futuro de momento se ve limitada debido a sus altos costos de mantenimiento, es prudente esperar a que su mantenimiento sea más accesible a todos los usuarios y con un mejor costo, con lo cual podría desplazar al par de cobre, sin embargo, hoy en día se busca que se realicen las tareas de forma rápida y practica , la cual solo se puede hacer con el par de cobre y con los equipos HDSL.

El utilizar un equipo Watson 2 contiene tecnología HDSL (Higt-bit-rate Digital Subscriber Line), siendo el DSL de alta velocidad, nos permite reutilizar la infraestructura del par de cobre instalada en la red de transporte o en alguna red interna, consiguiendo un ahorro en instalación y mantenimiento así como la utilización de la misma red ya establecida, transportando datos a una velocidad de 2 Mbits por segundo sobre dos pares de cobre, similar a la Fibra óptica, pero mas económico.

Se explico en el capitulo uno, los temas básicos para poder llegar a entender de manera gradual los conceptos de telecomunicaciones utilizados en esta y otras tecnologías, los avances tecnológicos, su evolución hasta llegar a la forma tradicional y comparándola con el mejor rendimiento del par de cobre utilizando la tecnología HDSL.

Es importante que los interesados en conocer mas sobre la familia XDSL, puedan profundizar en este tema, se concluye que la información presentada en el capitulo dos, contiene lo necesario para conocerla y quien le Interese investigar alguno de los otros miembros de la familia XDSL, lo puede hacer empezando con este capitulo de forma introductoria.

Se describió la tecnología HDSL en general, sin tener que tener presente ninguna marca o equipo, leyendo el capitulo tres puede conocer todo lo que encierra la tecnología de HDSL, la teoría investigada funciona para todos los equipos que manejen la tecnología HDSL, no así, su funcionamiento interno, en administración, configuración y operación, porque pueden tener programas o sistemas propietarios de gestión, cambiando en algo tan simple como el menú principal, siendo incompatibles en algunos casos, de acuerdo a su sistema o configuración, la única manera para conocer cada equipo es leyendo el manual, concluyendo que la teoría de la tecnología HDSL tendrá las mismas características que el equipo Watson 2, lo cual hace posible su implementación en diferentes aplicaciones.

Con la descripción del equipo Watson 2 en el capitulo cuatro, se concluye que su sistema de gestión, es sencillo y de fácil manejo, para enlazar o monitorear los equipos desde la central al usuario final, utilizando el par de cobre, aprovechando las diferentes configuraciones que se pueden realizar, gracias a sus mejoras en los códigos de línea, llamado código de línea 2B1Q el cual nos permite comprimir la señal que se quiere transmitir como un enlace E1 sin repetidores, que pueden llegar a ser utilizado por otras marcas de la tecnología HDSL.

El equipo Watson 2 es uno de los equipos de HDSL que existe en muchas compañías, en la mayoría de los casos el usuario, no sabe que es la tecnología HDSL la que le esta proporcionando el servicio, ya que es muy confiable y cuando presenta alguna falla, se puede detectar rápidamente y en la mayoría de los casos

cuando se encuentra con los dos pares utilizándose para enviar los datos, el usuario, no se da cuenta de dicho problema y si la falla afecta al usuario, se puede detectar donde se encuentra y buscar corregirlo lo mas rápidamente, teniendo ventaja ya que por estar conectado con par de cobre, se repara con pocos recursos. Los componentes se pueden monitorear constantemente y evitar las fallas antes de que se presenten, con las alarmas (en las repisas o por sistema), los bucles de pruebas, monitoreo y mantenimiento.

Podemos con esto concluir que el par de cobre no esta muerto posiblemente un poco olvidado, HDSL es la tecnología de acceso digital de los próximos años.

## Libros

- BELLAMY, John. Digital Telephony. USA, 1a. Edición, 1988, Ed. John Wiley & Sons.
- DUNLOY, John D., SMITH, Geoffrey, Ingeniería de las telecomunicaciones. España, 1a. Edición, 1988, Ed. Gustavo Gili.
- FREEMAN, Roger L., Telecommunications systems Handbook, USA, 3a. Edición, 1996, ed. John Wiley & Sons.
- GIECK, Kurt. Manual de Fórmulas Técnicas: Ciencia, Ingeniería y Tecnología. 1989. 19a. Edición, ed. Alfaomega.
- GORALSKI, Walter. Tecnologías ADSL y XDSL. USA, 2000, Ed. Osborne McGraw-Hill.
- HERRERA, Enrique, Introducción a las Telecomunicaciones Modernas, México, 1a. Edición, 1998, Ed. Limusa Noriega.
- HICKEY, Henry V. VILLINES, William M Jr. Elementos de electrónica. 1982, 3a. edición., Marcombo Boixareu Editores.
- KESSLER, Gary. SOUTHWICK, Peter. RDSI: Conceptos, funcionalidad y servicios. USA, 2001, 1a. Edición, Ed. Osborne McGraw-Hill.
- KLUWER TECHNISCHE BOCKEN DEVENTER. Dictionary of electronics. 1988, Marcombo Boixareu Editores.
- MONTESINOS, Jesús. Comunicaciones Analógicas y Digitales. España, 1a. Edición, 1990, ed. Parainfo.
- PARNELL, Tere. Guía LAN times de Redes de Alta Velocidad. México, 1997, 1a. Edición, Ed. Osborne McGraw-Hill.
- RODEN, Martin s., Analog and Digital Communication Systems, USA, 4a. Edición, 1996, Ed. Prentice Hall.
- Schmid Telecommunication, Manual Técnico del equipo Watson 2, Suiza, 2000.
- STALLINGS, William. ISDN an Introduction. USA, Third Edition, 1995, Ed. Prentice Hall.
- STALLINGS, William. ISDN and Broadband with Frame Relay and ATM. USA, Third Edition, 1995, Ed. Prentice Hall.
- WANDEL & GOTERMANN. Catalogo General Wavetek, Communications Test Solutions. Alemania, 1999, Ed. Wavetek.
- YOUNG, Paul N., Electronic Communications Techniques, USA, 3a. Edición, 1994, Ed. Prentice Hall.

## **Internet**

Referencias:

### **XDSL / HDSL**

<http://www.dslforum.org/>

[http://www.netmedia.info/business/articulos.php?id\\_sec=29&id\\_art=1208](http://www.netmedia.info/business/articulos.php?id_sec=29&id_art=1208)

<http://www2.terra.com/informatica/que-es/hdsl.cfm>

[http://www.arcelect.com/High-bit-rate\\_Digital\\_Subscriber\\_Line-HDSL.htm](http://www.arcelect.com/High-bit-rate_Digital_Subscriber_Line-HDSL.htm)

[http://www.nwg.ru/siemens/tech\\_doc/Technical%20description-Pair%20Gain.pdf](http://www.nwg.ru/siemens/tech_doc/Technical%20description-Pair%20Gain.pdf)

<http://www.conocimientosweb.net/portal/term322.html>

[http://www.pricegrabber.com/search\\_gen.php/form\\_keyword=hdsl/topcat\\_id=1/mode=findwhat/](http://www.pricegrabber.com/search_gen.php/form_keyword=hdsl/topcat_id=1/mode=findwhat/)

### **HDSL / WATSON 2 / SCHMID-TELECOM**

<http://schmid.sina.net/Brochure/Watson%202.pdf>

[http://www.tmn.ru/03\\_oborud/schmid/](http://www.tmn.ru/03_oborud/schmid/)

<http://schmid.sina.net/Brochure/Watson%202.pdf>

<http://www.schmid-telecom.com/Products/Watson2.asp>

<http://dataweek.co.za/news.asp?pkNewsID=3479&pkIssueID=171&pkCategoryId=42>

[http://www.kandk.fi/mp/db/file\\_library/x/IMG/10925/file/Watson-Regenerator-Case-Manual.pdf](http://www.kandk.fi/mp/db/file_library/x/IMG/10925/file/Watson-Regenerator-Case-Manual.pdf)

[http://pss.com.mx/productos\\_frame.htm](http://pss.com.mx/productos_frame.htm)

### **ITU-T**

[http://www.csd.ucl.ac.uk/~hy530/docs/G\\_991\\_1.pdf](http://www.csd.ucl.ac.uk/~hy530/docs/G_991_1.pdf)