

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS – RDSI

15.1 INTRODUCCION – ¿QUÉ ES LA ISDN?

ISDN es una tecnología de transmisión totalmente digital, basada en una norma internacional diseñada para reemplazar gradualmente la red telefónica analógica existente. ISDN puede integrar todo tipo de señales –datos, voz y video– en un solo canal digital de transmisión. Siendo un servicio ampliamente disponible, ISDN es una manera eficiente en costo para interconectar redes LAN con enlaces de alta velocidad y así proveer a usuarios domiciliarios con enlaces de alta velocidad a dichas redes. Las primeras normas ISDN fueron emitidas por el ITU-T (antes CCITT) en 1984 y 1988. Ellas definieron una conectividad digital de extremo a extremo y las interfases de red (NI) necesarias para acceder a los servicios ISDN. La interface ISDN automáticamente conmuta entre los diferentes dispositivos que puedan estar conectados a ella, tales como un *bridge*, teléfonos o fax.

La norma original ISDN era llamada Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (*NarrowBand ISDN* – N-ISDN). Ésta especifica un servicio de red digital que puede ser entregado sobre las redes telefónicas existentes. N-ISDN fue diseñada para proveer velocidades de transmisión de 64, 2x64 Kbps, 128 Kbps hasta 2 Mbps sobre cableado de cobre en el lazo local del abonado. Esto representó una mejora significativa sobre los enlaces tradicionales de módems que tenían una velocidad máxima de 9.6 Kbps cuando la N- ISDN empezó a emerger.

Aunque ISDN no sea el servicio digital más popular para interconectar redes LAN, se la considera como una manera efectiva en costo y puede proveer:

- Acceso remoto permitiendo a los usuarios un acceso conmutado a sus LAN organizacionales.
- Tráfico de fax de alta velocidad.
- Servicio de videoconferencia.
- Acceso de alta velocidad a Internet.

Recientemente ha sido desarrollada la ISDN de Banda Ancha (*BroadBand ISDN* – B-ISDN), la cual es la base del modo de transferencia asíncrona (*Asynchronous Transfer Mode* - ATM) y tiene canales con velocidades del orden de los gigabits por segundo.

ISDN usa dos tipos de canales: canales portadores y canal de señalización. Estos tipos se combinan de diversas formas para brindar dos tipos de servicio: la interface de velocidad básica (*Basic Interface* - BRI) y la interface de velocidad primaria (*Primary Rate Interface* - PRI).

15.1.1 PRINCIPIOS DE LA ISDN

La red digital de Servicios Integrados se basa en los siguientes principios:

- Soporte de voz y aplicaciones “sin voz” utilizando un limitado conjunto de facilidades.
- Soporte de aplicaciones conmutadas y no conmutadas - CS, PS y LD.
- Basada en conexiones de 64 Kbps.
- Inteligencia en la red.
- Arquitectura de protocolos por capas.
- Variedad de configuraciones.

15.1.2 NORMAS ITU- T DE LA ISDN

El ITU-T ha normado a la ISDN con las siguientes series de recomendaciones:

a) Serie I.100 -Conceptos Generales:

Brinda una introducción general a la ISDN. Particularmente, la I.120 presenta una descripción panorámica. La I.130 introduce la terminología y los conceptos usados en la serie I.200.

b) Serie I.200 -Capacidades de los servicios:

Ésta especifica los servicios que han de proporcionarse a los usuarios, los que se caracterizan por:

- Compatibilidad garantizada de extremo a extremo.
- Terminales normalizados por la ITU-T, incluyendo procedimientos.
- Lista de los usuarios de los servicios en un directorio internacional.
- Procedimientos de prueba y de mantenimiento de norma ITU-T.
- Reglas, facturación y contabilización.

c) Serie I.300 -Aspectos de Red:

Mientras la serie I.200 se centraliza en los usuarios, estas recomendaciones lo hacen en la red. Presenta un modelo de referencia de protocolo.

d) Serie I.400 -Interfaces Usuario-Red:

Tratan los siguientes aspectos: Configuración física, velocidades de transmisión y especificaciones de los protocolos de las capas 1, 2 y 3 del modelo OSI.

e) Serie I.500 -Interfaces Inter-redes:

Se provee los aspectos de conectividad de la ISDN con otras redes tales como de conmutación de circuitos y de paquetes.

f) Serie I.600-Principios de mantenimiento:

Guía para el mantenimiento de las instalaciones del usuario ISDN de accesos básico y primario.

15.1.3 COMPONENTES DE UNA RED ISDN

Los componentes de una red ISDN incluyen terminales, adaptadores de terminal (TAs), dispositivos de terminación de red, equipamiento de terminación de línea y equipo de terminación de conmutación o simplemente conmutadores. Los terminales ISDN son de dos tipos:

- Terminales ISDN especializados son referidos como equipamiento terminal del tipo 1 (*Terminal Equipment Type 1 - TE1*)
- Terminales no ISDN, tales como un equipo convencional de terminal de datos (DTE) que existía antes de las normas ISDN, son referidos como equipamiento terminal del tipo 2 (*Terminal Equipment Type 2 - TE2*)

Los equipos TE1 se conectan a la ISDN a través de cuatro hilos y en un enlace de par trenzado digital. Los equipos TE2 se conectan a través de los adaptadores de terminal TA. Un TA puede ser un dispositivo de sobremesa o una tarjeta dentro del equipo TE2. Si el TE2 está implementado como un dispositivo de sobremesa, éste se conecta al TA por medio de una interface normalizada de capa física tal como RS-232-C, V.24 ó V.35.

Más allá de los dispositivos T1 y T2 el próximo punto de conexión de la red ISDN es la terminación de red tipo 1 (NT1) o terminación de red tipo 2 (NT2). Éstos son dispositivos de terminación de red que conectan el cableado de cuatro hilos de usuario con el lazo convencional local de dos hilos. En Norteamérica, el NT1 es un equipo basado en las premisas del usuario (*Customer Premises Equipment - CPE*). En otras partes del mundo, el NT1 es parte de la red provista por el portador.

El NT2 es un dispositivo más complicado, que se encuentra típicamente en centrales digitales privadas (*Private Branch Exchanges - PBX*) y realiza funciones de protocolo de las capas 2 y 3, servicios de concentración. También existen dispositivos del tipo NT1/2, como un solo dispositivo que combina las funciones de un NT1 y un NT2.

15.2 PUNTOS DE REFERENCIA ISDN

El ISDN especifica varios puntos de referencia que define interfaces lógicas entre las agrupaciones funcionales tales como TA y NT1. Estos son los puntos: R, S, T y U.

15.2.1 PUNTO DE REFERENCIA U (RATE)

La norma ITU-T BRI no especifica la conexión física a través del lazo local entre el equipo terminal de red NT1 y la central local ISDN (*Local Exchange – LE*). Este punto se denomina punto U y está normado por la ANSI en su norma T1.601. La señal tiene una configuración punto a punto, serial, sincrona y *full duplex*.

El NT1 provee un conector modular subminiatura de 8 pines, en el cual el lazo local usa solamente los dos pines intermedios mas no los otros seis.

Si el acceso local –el cableado desde el conmutador de SP hasta las instalaciones del usuario– es un cableado de fibra óptica tendrá pocas dificultades. Sin embargo, si el acceso local es a través de cableado de cobre, deben considerarse factores adicionales:

- La distancia local del par trenzado no cargado no deberá exceder de 5500 metros (18.000 pies). De no ser así, se requerirá un repetidor para fortalecer la señal.
- Deben removerse todas las bobinas de carga y puentes usados para acondicionamiento de línea y reducir la distorsión de las señales analógicas, porque pueden causar una significativa alteración de las señales digitales.

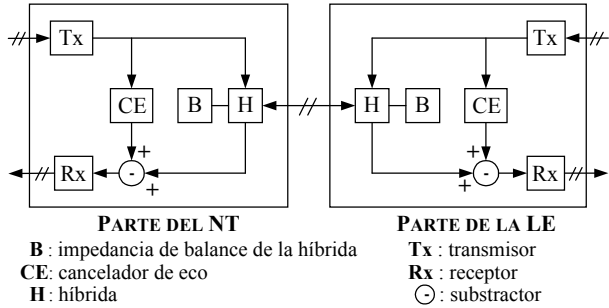


Figura 15.1 Bobina híbrida con cancelador de eco

Uno de los aspectos más controvertidos fue decidir cuál método utilizar para proveer comunicación *full duplex* sobre el par de hilos.

El método elegido fue el de bobina híbrida con cancelador de eco, que muestra la figura 15.1.

El cancelador de eco en esencia requiere que el transmisor inserte una imagen negativa de su transmisión en su circuitería de recepción, cancelando cualquier eco de retorno. Se requiere la híbrida para conectar a los dos pares que salen del NT dentro del edificio al par que va hacia la central local (LE). La impedancia de balance de la híbrida es necesaria para minimizar las desadaptaciones de impedancia cuando se convierte de 2 a 4 hilos. Un diagrama más

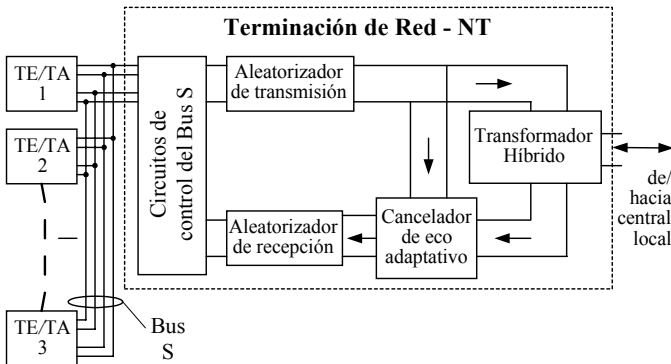


Figura 15.2 Diagrama de la ubicación del NT interconectando a la central a 8 terminales TE/TA a través del bus S

amplio, incluyendo el bus S para atender a varios terminales en contención, se ve en la figura 15.2.

El esquema de señalización usado en los 4 hilos del NT, es el pseudoternario, representado en la figura 15.3. En esta señalización un bit 0 es representando por una señal de línea de aproximadamente 750 milivoltios que alterna entre polaridades positivas y negativas. El bit 1 es representado por la ausencia de voltaje de línea. Debido a que la polaridad del bit 0 es alternada, éste es un sistema balanceado en corriente continua. Esto permite líneas físicas largas y reduce los problemas asociados con la electricidad estática.

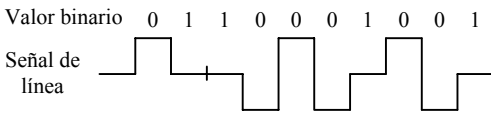


Figura 15.3 Código pseudoternario

El esquema de señalización usado sobre el lazo local de 4 hilos es el 2B1Q (dos binarios, un cuaternario -2 Binary, 1 Quaternary), mostrado en la figura 15.4; éste es un código de línea de 4 niveles, asociando un par de bits (dibits) con un símbolo cuaternario (quat), como se ve en la tabla 15.1. El primer bit de cada dibit representa el signo o polaridad mientras que el segundo representa la magnitud.

Debido a que la señalización 2B1Q no es balanceada en corriente continua, la norma ANSI especifica un algoritmo para aleatorizar el tren de bits para evitar el exceso de polarización en DC sobre la línea de transmisión. En la tabla 15.2 presentamos las diferencias de los códigos de línea del NT (4 hilos) según ITU-T - I.430 y la interface hacia la central local (2 hilos) según ANSI T1.601.

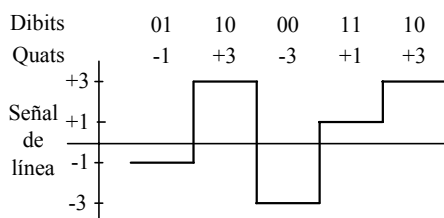


Figura 15.4 Ejemplo de señalización 2B1Q

PRIMER BIT (POLARIDAD)	SEGUNDO BIT (MAGNITUD)	SÍMBOLO CUATERNARIO	NIVEL DE VOLTAJE
1	0	+ 3	2,5 v
1	1	+ 1	0,833 v
0	1	- 1	- 2,5 v
0	0	- 3	- 0,833 v

Tabla 15.1 Niveles de señalización del código de línea 2B1Q

NORMAS	ITU-T I.430	ANSI T1.601
Punto de referencia	S o S/T	U
Dispositivos	TE1/TA hacia NT	NT1 hacia LE
Número de hilos	4 hilos (2 pares)	2 hilos (1 par)
Distancia	1005 m (3,3 Kfeet) punto a punto 152,4 m (550 pies) punto a multipunto	
Configuración física	Punto a punto o punto a multipunto Serial, sincrona, full duplex	Punto a punto Serial, sincrona, full duplex
Velocidad de transmisión	192 Kbps	160 Kbps
Velocidad de datos de usuario	144 Kbps	144 Kbps
Esquema de señalización	Pseudoternario	2B1Q
Velocidad de señalización	192 Kbaudios	80 Kbaudios
Voltaje máximo	+/- 750 mV	+/- 2,5 V
Fuente de temporización	NT	LE (Local Exchange)
Método full duplex	Un par de hilos para cada dirección	Híbrida con cancelador de eco
Esquema de intercalación de bits (interleaving)	B1 _s D1B2 _s D1 (2 veces por trama)	B1 _s B2 _s D2 (12 veces por trama)
Bits / trama	48	240
Bits de datos de usuario	36	216
Bits de sobrecabecera	12	24
Tramas por segundo	4000	666,666...

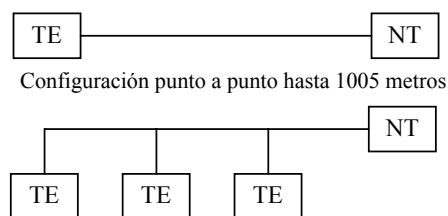
Tabla 15.2 Parámetros de las interfaces físicas del ISDN BRI

15.2.2 PUNTO DE REFERENCIA R (RATE)

En este punto se puede conectar a un teléfono no ISDN a la red. Este teléfono funcionará convencionalmente pero no tendrá todas las características de un teléfono ISDN conectado a la interfase S/T.

15.2.3 PUNTO DE REFERENCIA S (SYSTEM)

Este punto corresponde a la interface de terminales ISDN individuales de usuario y el NT2. Su función es separar al equipo terminal del usuario de las funciones de comunicación relacionadas con la red. Aquí las configuraciones pueden ser: punto a punto y punto-multipunto, tal como muestra la figura 15.5. La figura 15.6 presenta su configuración eléctrica.



Configuración punto a punto hasta 1005 metros

Configuración punto a multipunto usando bus pasivo corto hasta 152 metros y con bus pasivo extendido hasta 1005 metros

Figura 15.5 Configuraciones de línea

15.2.4 PUNTO DE REFERENCIA T (TERMINAL)

Este punto separa al equipo de usuario del equipo del proveedor de red siendo la referencia entre el NT1 y el NT2. Es el equipo de terminación de red mínimo.

15.2.5 GRUPOS FUNCIONALES NT Y EQUIPOS TERMINALES TE

La figura 15.7 presenta los grupos funcionales con su ubicación dentro de las interfaces U, R, S y T. El NT (*Network Terminal*) es un dispositivo usado para conectar equipos de datos o equipos telefónicos con el enlace ISDN, es decir al equipo terminal (*Terminal Equipment - TE*) y a los adaptadores de terminal (*Terminal Adapter -TA*).

15.2.6 GRUPOS FUNCIONALES: NT1, NT2 Y NT12

Estos grupos están constituidos por las terminaciones de red NT1, NT2 y NT12. A continuación detallamos sus características.

▪ TERMINACIÓN DE RED 1 (NT1):

- a. Terminación de línea de transmisión.
- b. Mantenimiento y Monitorización de performance de línea.
- c. Temporización.
- d. Transferencia de energía.
- e. Multiplexaje de nivel 1.
- f. Terminación de interface con terminación multicáida empleado resolución de contención de nivel 1.
- g. Separa al usuario de la tecnología de transmisión en el lado del usuario.
- h. Presenta un conector físico para la conexión de dispositivo del usuario.
- i. Soporta múltiples canales (por ejemplo: 2B + D).
- j. Los bits de canales son multiplexados usando la técnica TDM.
- k. Soporta varios dispositivos en una configuración multicáida. Por ejemplo: una interface residencial puede incluir un teléfono, una computadora, un sistema de alarmas; y todos conectados a un solo NT1).

▪ TERMINACIÓN DE RED 2 (NT2):

- a. Manejo de protocolo de nivel 2 y 3.
- b. Multiplexaje de niveles 2 y 3.
- c. Funciones de mantenimiento.
- d. Dispositivo inteligente: ejecuta funciones de conmutación y concentración; incluso hasta el nivel 3.
- e. Ejemplos de equipos del tipo NT2: PBX, LAN.
- f. Función de conmutación: Se puede configurar de una red privada usando circuitos semipermanentes entre varios lugares (las PBX actúan como conmutadores y los computadores como conmutadores de paquetes).
- g. Función de concentración. Por ejemplo: dispositivos como una PBX digital, una LAN o un controlador de comunicaciones pueden transmitir datos a través de la ISDN.

▪ TERMINACIÓN DE RED 1, 2 (NT12):

Una sola pieza de equipo que contiene funciones combinadas de NT1 y NT2.

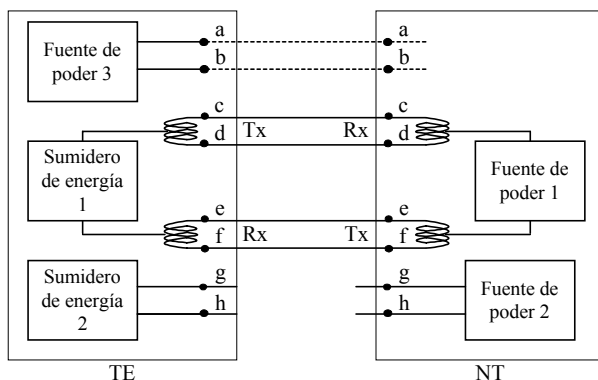


Figura 15.6 Configuración eléctrica

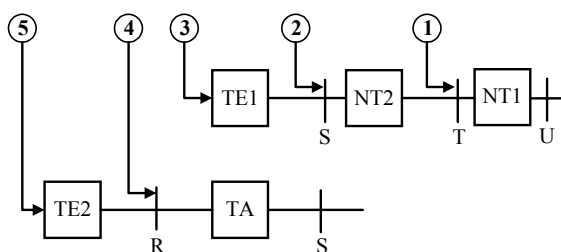


Figura 15.7 Grupos funcionales de la ISDN

▪ **EQUIPO TERMINAL DE ADAPTACIÓN DE RED (TA):**

Los TA son referidos comúnmente como módems ISDN y están disponibles tanto en forma de unidades internas como externas, tal como los módems analógicos. Estos tienen también los mismos beneficios y problemas de sus contrapartes analógicas. Los módems internos soportan velocidades de transmisión de datos a través del bus del sistema, mientras los módems externos brindan mayor información para diagnóstico y control. Otros factores adicionales que deben tenerse en consideración al seleccionar un TA son los siguientes:

a. **Conectividad de puertos seriales**

Si un TA conecta a un computador a través de puertos seriales es necesario instalar un puerto serial y el manejador de software (*software driver*) que deberá soportar grandes anchos de banda ISDN. En caso contrario, el puerto serial se convertirá en un cuello de botella y se perderá el ancho de banda extra ofrecido por la ISDN.

b. **Terminales adaptadores de red integrados**

Algunos TA tienen integrados dispositivos NTA. Mientras esto podría significar la configuración inicial del dispositivo ISDN, esto también podría limitar el número de dispositivos que puedan ser conectados a la línea ISDN; limitado por el número de puertos S/T provistos, el cual es usualmente mayor que un NTA de sobremesa.

c. **Canales B múltiples**

No todos los TA soportan más de un canal B. Si se requiere usarse más de un canal B el TA debe ser capaz de soportar esta configuración. También el comprador debe asegurar que el equipo sea capaz de mezclar los dos canales B para utilizar el servicio de 128 Kbps.

15.2.7 EQUIPOS TERMINALES: TE1, TE2

Los dispositivos TE están diseñados para cumplir con la norma ISDN mientras que los dispositivos TA son adaptadores (interfaces) usados para conectar equipos no-ISDN a la red ISDN. El equipo NTA puede ser equipado con los tres tipos de interfaces para soportar a los dispositivos conectados. Estos equipos conformados por los equipos terminales tipo 1 y tipo 2 se encargan de:

- a. Manejo de protocolo.
- b. Funciones de mantenimiento de las funciones de las interfaces.
- c. Funciones de conexión a otros equipos.

▪ **EQUIPO TERMINAL TIPO 1 (TE1)**

- a. Dispositivo con la interface ISDN normalizada.
- b. Ejemplos: Teléfonos digitales, facsímil digital, terminales integrados de voz/datos.

▪ **EQUIPO TERMINAL TIPO 2 (TE2):**

- a. Comprende equipos que no son ISDN existentes a la fecha.
- b. Ejemplos: Terminales con interface EIA-232-D y computadoras HOST con interface X.25.
- c. Requiere un Adaptador de Terminal (TA) para conectarse a la interface ISDN.

15.3 ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO DE LA ISDN

En esta sección describimos la arquitectura de protocolo de la ISDN en el contexto del modelo OSI. En la figura 15.8 se presentan las capas ISDN y en la figura 15.9 un modelo detallado con los planos de control (C) y el plano de usuario (U).

Es importante enfatizar que los protocolos ISDN están especificados sólo a través de los puntos de referencia S y T y sólo para el canal D. El usuario puede escoger cualquier protocolo para los servicios portadores y teleservicios sobre el canal B. Este canal es transparente a cualquier protocolo de capa 2.

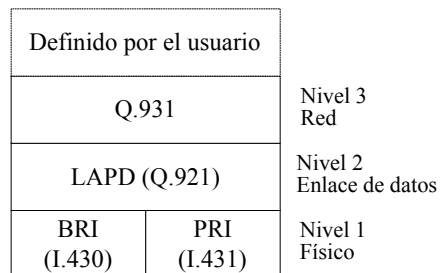


Figura 15.8 Capas de la ISDN

La relación entre los canales B y D es que comparten la misma norma de capa física (nivel 1) debido a que ambos están multiplexados en tiempo sobre la misma línea física. Complementado este aspecto, tenemos los planos de control (C) en el cual opera el canal D y el de usuario (U) donde opera el canal B. La figura 15.9 puede aclarar este aspecto.

Los protocolos para el canal D son equivalentes a los tres niveles más bajos del modelo OSI. Como estos protocolos sólo describen la interface usuario-red y no las comunicaciones usuario a usuario, no hay contrapartes del canal D para las capas de extremo a extremo. Las tres capas del canal D son:

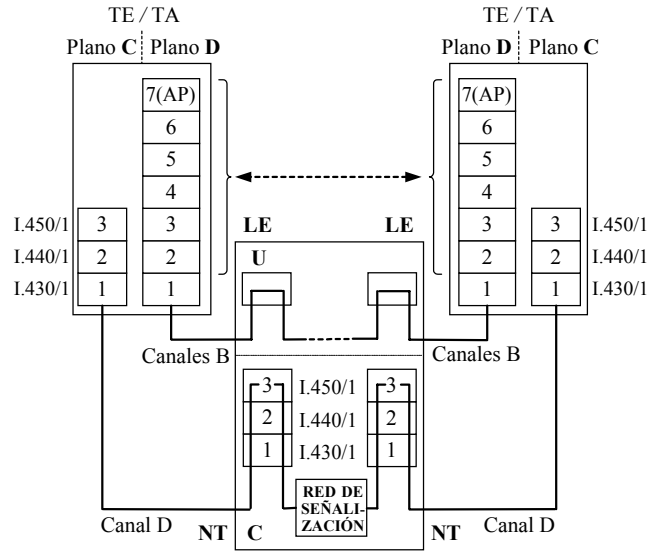


Figura 15.9 Capas de ISDN incluyendo los planos de control (C) y de usuario (U)

▪ **Capa 1 – Nivel físico**

Describe la conexión física entre el equipo terminal TE y el equipo terminal de red NT incluyendo el conector, esquema de codificación, formatos de tramas y características eléctricas. Los canales D y B comparten la línea física empleando multiplexaje por división de tiempo.

▪ **Capa 2 – Nivel enlace**

Describe los procedimientos para asegurar una comunicación libre de errores sobre el enlace físico y define la conexión lógica entre el usuario y la red. El protocolo también provee reglas para multiplexar equipos terminales TE múltiples sobre un solo canal físico (multipunto) en la interface básica (BRI). El protocolo de nivel 2 de ISDN es el LAPD (*Link Access Protocol for D channel*).

▪ **Capa 3 – Nivel red**

Define interface usuario-red y los mensajes de señalización usados para pedir servicios de la red.

Antes de presentar en detalle estas capas es necesario ubicar el lugar donde cada una tiene relevancia. La norma de ISDN describe las interfaces del canal D en los puntos S y T. En la figura 15.10 se presentan los puntos de referencia en la arquitectura del canal D. Seguidamente explicaremos estos niveles en detalle.

15.4 CAPA 1 - NIVEL FÍSICO

En este nivel explicaremos los tipos de canales ISDN, las interfaces básica y primaria y los formatos de las tramas a nivel físico.

15.4.1 TIPOS DE CANALES ISDN

Existen dos canales principales, los canales portadores o canales B y el canal de señalización o canal D. Los explicamos a continuación.

a) **Canales portadores – Canales B**

Estos canales, también referidos como canales B, llevan los datos de un terminal ISDN a otro. La información del usuario –tal como voz, datos o video– se transmite sobre los canales B. Cada canal B ofrece una velocidad máxima de 64 Kbps, aunque bajo ciertas condiciones ésta puede bajar. Estos canales funcionan como enlaces de comunicación de circuitos entre dos nodos ISDN.

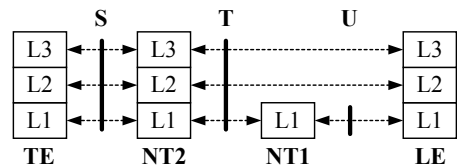


Figura 15.10 Puntos de referencia del protocolo y la arquitectura del canal D

b) Canal de señalización – Canal D

El canal de señalización, también referido como canal D, provee la información de control y señalización para los canales B. Es la funcionalidad del canal D la que hace al servicio ISDN diferente de otros servicios digitales de conmutación de circuitos. Debido a que este canal D está separado de los canales B se le denomina como SEÑALIZACIÓN FUERA DE BANDA para establecer, controlar y liberar las llamadas. Al llevarse esta señalización de control de llamadas en un canal separado, las llamadas se activan más rápidamente que si la información de señalización fuera dentro de banda, es decir dentro de los datos del usuario.

15.4.2 INTERFACES ISDN

Como se mencionó anteriormente ISDN proporciona dos servicios normados los cuales son referidos como velocidades de interfase, donde cada cual combina los canales portadores y el canal de señalización en una densidad diferente. Estos son los servicios BRI y PRI.

15.4.2.1 Interface de velocidad básica - (*Basic Rate Interface - BRI*)

Esta interface consiste de 2 canales B de 64 Kbps para la transmisión de datos y un canal D de 16 Kbps para señalización. Cada canal B puede operar en forma similar a una línea telefónica independiente y puede tener su propio número telefónico, referido como número de directorio (DN).

De hecho, es posible tener varios números de directorio para cada canal B lo cual permite que varios dispositivos compartan el canal – cada uno con su propio número de directorio. Con el equipo adecuado (Multiplexor inverso - IMUS), es posible mezclar dos canales B para lograr un canal único de una velocidad de 128 Kbps. Este servicio ISDN es apropiado para interconectar redes LAN de tamaño moderado, para enlazar usuarios que trabajan desde su casa a las redes LAN de sus empresas, y también para servicio de videoconferencia.

a) Características del Acceso de velocidad básica (BRI) - Norma I.430

- Conformada por dos canales B y un canal D (2B + D).
Puede ser configurado como 1B + D ó 1 D.
- Configuración física: punto a punto o multipunto, serial, síncrona y *full duplex*.
- Dispositivos usados: TE1/TA a NT.
- Distancia: 1100 metros para punto a punto y 170 más para multipunto.
- Velocidad de transmisión en línea: 192 Kbps
- Esquema de señalización: pseudoternario.
- Velocidad de transmisión de usuario: 144 Kbps (2 x 64 Kbps + 16 Kbps).
- Velocidad de modulación: 192 Kilobaudios.
- Voltaje máximo: +/- 750 mV.
- Fuente de temporización: NT.
- Número de hilos: Dos (opcionalmente dos adicionales).
- Esquema de intercalado: B₁₈, D₁, B₂₈, D₁.

15.4.2.2 Interface de velocidad primaria (*Primary Rate Interface - PRI*)

Esta interface fue diseñada para interconectar redes que requieren un ancho de banda mayor del que puede proveer la interfase BRI. En Estados Unidos una PRI provee 23 canales B y un canal D de 64 Kbps. Sin embargo, en Europa una interface PRI tiene 30 canales B más un canal D de 64 Kbps. La diferencia entre ambas tiene una explicación histórica.

En Norteamérica el caudal total de los canales B en una interfase PRI está basada en una velocidad T1 de 1.544 Mbps, dividida entre 24 canales; en cambio, en Europa la velocidad correspondiente se basa en la velocidad E1 de 2.048 Mbps, divididos entre los 30 canales. Los canales B pueden ser mezclados en varias configuraciones, denominadas como canales H o servicio H. Los canales H que están disponibles hasta la fecha son los siguientes:

- **Canal H0**
Este canal provee un caudal de 384 Kbps, equivalente a 6 canales B.
- **Canal H12**
Este canal provee un caudal de 1.912 Mbps, equivalente a los 30 canales B europeos de 64 Kbps.
- **Canal H10**
Este canal provee un caudal de 1,472 Mbps, equivalente a 23 canales D según la norma americana de 64 Kbps cada uno. Un canal H10 es algunas veces descrito como equivalente a 24 canales B de 56 Kbps.

Un PRI puede ser utilizado, con una troncal de alta velocidad, para transferir grandes cantidades de datos en un solo tren de pulsos o puede ser subdividido, empleando un multiplexor, para proporcionar canales separados para múltiples canales de datos.

a) **Características del Servicio Primario (PRI) – Recomendación I.431:**

- Multiplexa 32 canales de 64 Kbps.
- Una trama PRI contiene 32 ranuras (slots) de tiempo, numerados de 0 a 31.
- El intervalo 0 se usa para sincronización, señalización, sincronización y tramado de la capa física.
- El intervalo 16 se reserva para el canal D. En estudio final cuando no es usado por el canal D.
- Cada trama de 2048 bits contiene una sola muestra de 8 bits por cada intervalo, con lo cual se tiene 256 bits por trama. Al tener 8000 tramas por segundo la velocidad de transmisión en línea es igual a 2048 Mbps y la velocidad de transmisión de datos de usuario es igual a 1984 Kbps.
- Utiliza la señalización HDB3.

15.4.3 FORMATOS DE TRANSMISIÓN DEL NIVEL FÍSICO

Los formatos de las tramas de la capa física (Capa 1 del modelo OSI) difieren dependiendo de si la trama es desde el terminal hacia la red (*out-bound*) o desde la red al terminal (*inbound*). Ambas interfaces se muestran en la figura 15.11.

Las tramas son de 48 bits de largo, de los cuales 36 bits son datos. Varios dispositivos de usuario ISDN pueden conectarse físicamente a un solo circuito. En esta configuración pueden ocurrir colisiones si dos terminales transmiten simultáneamente. Para este fin el ISDN provee mecanismos para determinar la contención del enlace. Cuando un NT recibe un bit D desde el TE, éste lo retransmite como un eco en el bit de la próxima posición E. El TE espera que el próximo bit E sea el mismo que el último bit D transmitido. Los terminales no pueden transmitir sobre el canal D al menos que primero ellos detecten un determinado número de dígitos 1 (indicando “no señal”) correspondiente a una prioridad preestablecida. Si el TE detecta un bit en el canal de eco (E) que es diferente de sus bits D, éste debe detener su transmisión inmediatamente.

Esta simple técnica asegura que sólo un terminal pueda transmitir su mensaje a la vez. Después de la transmisión exitosa de su mensaje, el terminal tiene reducida su prioridad requiriendo detectar más dígitos 1 continuos antes de transmitir. Los terminales no pueden elevar su prioridad hasta que todos los otros en la misma línea hayan tenido oportunidad de enviar sus mensajes. Las conexiones telefónicas tienen la prioridad más alta que los otros servicios y la información de señalización tiene más alta prioridad de una información que no es de señalización.

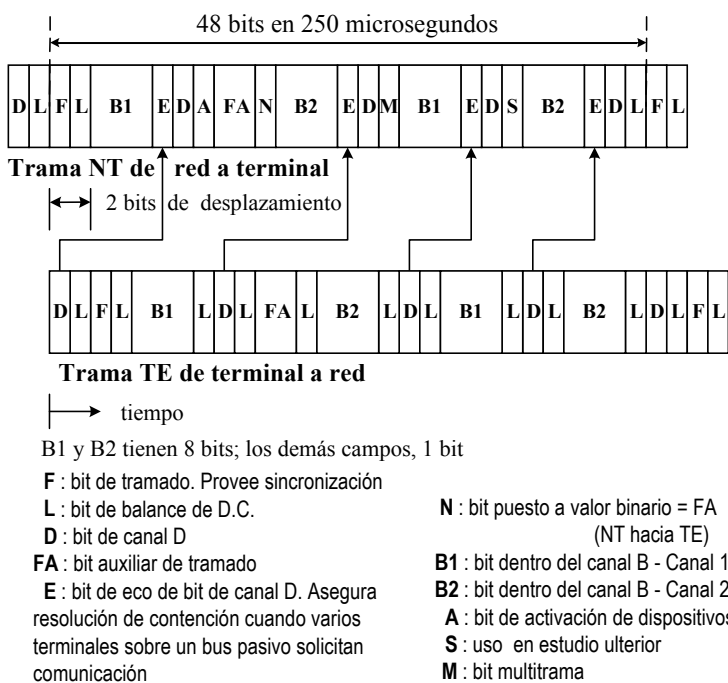


Figura 15.11 Formatos de las tramas de la capa física ISDN (difere en cada dirección)

15.5 CAPA 2 – NIVEL ENLACE – PROTOCOLO LAPD

El nivel 2 del protocolo de señalización ISDN es el Procedimiento de Acceso al Enlace, Canal D (*Link Access Procedure, D Channel - LAPD*). El LAPD es similar al HDLC y al LAPB del X.25.

Esta capa es usada a través del canal D para transmitir la información de control de señalización. El formato de la trama LAPD, que muestra la figura 15.12, es muy similar al formato de la trama HDLC y como tal usa tramas de supervisión, de información y no numeradas. El protocolo LAPD se especifica en las recomendaciones Q.920 y Q.921 del ITU-T.

Los campos LAPD de control y *flag* (bandera) son idénticos a los del HDLC. El campo de dirección del LAPD puede ser de 1 ó 2 octetos de largo. Si el bit de dirección extendida es colocado, la dirección es de un octeto; si no está colocado, la dirección es de dos octetos. El primer octeto del campo de dirección contiene el Identificador del Punto de Acceso al Servicio (*Service Access Point Identifier - SAPI*), que identifica la puerta a la cual el LAPD proveerá servicios a la capa 3. El bit C/R indica si la trama contiene un comando o una respuesta.

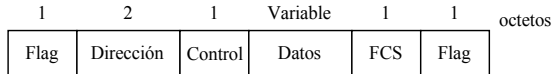
El Campo de Identificador de Terminal de Punto Extremo (*Terminal CND - Point Identifier - TEI*) identifica tanto a un solo terminal o múltiples terminales. Una dirección TEI compuesta de todos dígitos 1 es un *broadcast*.

En la figura 15.13 se presenta la interconexión de un terminal TE con una central local (LE) accediendo a múltiples servicios usando el multiplexaje proporcionado por el Identificador de Terminal (TEI) y el Identificador de Punto de Acceso al Servicio (SAPI).

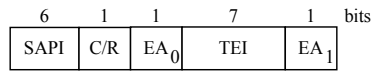
15.6 CAPA 3 – SEÑALIZACIÓN

Existen dos especificaciones de nivel 3 que son usados para la señalización ISDN: I.450 conocida como Q.930 y la I.451 también conocida como Q.931.

FORMATO DE TRAMA LAPD



FORMATO DE CAMPO DE DIRECCIÓN - LAPD



SAPI: Identificador de punto de acceso al servicio (*Service Access Point Identifier*)

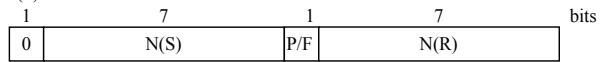
C/R: Bit de comando/respuesta

EA: Bit de dirección extendida (*Extended Address*)

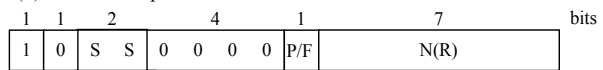
TEI: Identificador de terminal de punto extremo (*Terminal End point Identifier*)

FORMATO DE CAMPO DE CONTROL - LAPD

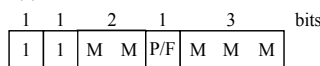
(a) Trama de información - Trama I



(b) Trama de supervisión - Trama S



(c) Trama no numerada - Trama U



N(S): Número de secuencia de envío del transmisor

P/F: Bit de poll/final

N(R): Número de secuencia de recepción

S: Bit de código de trama de supervisión

M: Bit de modificador de función de trama no numerada

Figura 15.12 Formato de trama LAPD es similar al HDLC y LAPB

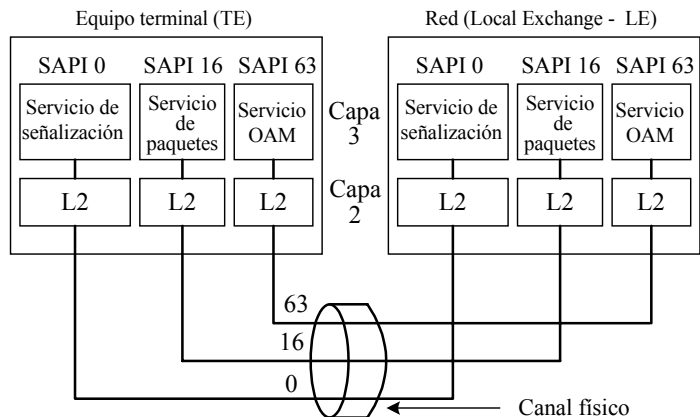


Figura 15.13 Puntos de acceso a múltiples servicios de un TE con conexiones lógicas LAPD múltiples a una central LE

La norma Q.930 “Capa 3 de la interface de usuario–red: Aspectos generales” describe los términos generales del protocolo y funciones del canal D de la capa 3 empleado a través de la interface usuario–red de la ISDN.

La recomendación Q.931 “Especificaciones del control básico de llamada” especifica los procedimientos para establecer, mantener y liberar las conexiones de la red en la interface usuario–red de la ISDN. Esta norma es gruesamente comparable con el TCP. Sin embargo, no provee control de flujo o retransmisiones debido a que se asume que las capas subyacentes son confiables y que la naturaleza orientada a conexión de circuitos de la ISDN asigna un ancho de banda fijo en incrementos de 64 kbps. El formato general del mensaje Q.931 incluye:

- a. Un discriminador de protocolo de un solo octeto (*Protocol Discriminator*).
- b. Un valor de referencia para distinguir entre las diferentes llamadas que están siendo administradas sobre el canal D (*Call reference*). Tiene 2 octetos.
- c. Un tipo de mensaje (*Message Type*). Es de N octetos.
- d. Varios elementos de información (*Information Element* -IE) como sean requeridos por el tipo de mensaje.

La figura 15.14 muestra el formato de este mensaje. Juntos estos protocolos soportan las conexiones de usuario a usuario, de circuito conmutado y de conmutación de paquetes. En éstas se especifican una variedad de mensajes de establecimiento de llamada, de liberación de llamada de información y misceláneos. Los tipos de mensajes más importantes son los que siguen a continuación:

▪ **ALERTING: (1)**

Elementos de información: capacidad del portador, identificación de canal, indicador de progreso, presentación, señal, compatibilidad con capa superior.

Dirección: Usuario llamado → red → usuario llamante.

El usuario llamado informa que está siendo alertado. Analogía: el teléfono del usuario llamado está timbrando.

▪ **LLAMADA EN PROCESO: (2)**

Elementos de información: capacidad del portador, identificación de canal, indicador de progreso, presentación, señal, compatibilidad con capa superior.

Dirección: Usuario llamado → red → usuario llamante.

El establecimiento de la llamada está en proceso.

▪ **CONECTADO: (7)**

Elementos de información: capacidad del portador, identificación de canal, indicador de progreso, presentación, señal, compatibilidad con capa superior.

Dirección: Usuario llamado → red → usuario llamante.

El establecimiento de la llamada está en proceso.

▪ **CONFIRMACIÓN DE CONEXIÓN: (15)**

Elementos de información: presentación, señal.

Dirección: Usuario llamado → red → usuario llamante.

	octetos
Discriminador de protocolo	1
Longitud del Valor de referencia de llamada	2
Valor de referencia de llamada	3 a N
Tipo de mensaje	N
Elementos de Información (Information Elements - IE)	N

Figura 15.14 Formato del mensaje Q.931

▪ **ESTABLECIMIENTO (SETUP): (5)**

Elementos de información: Envío completo, indicador de repetición, capacidad del portador, identificación de canal, indicador de progreso, facilidades específicas de red, presentación, señal, número de usuario llamante, subdirección de usuario llamante, selección de red de tránsito, compatibilidad con capa inferior, compatibilidad con capa superior.

Dirección: Usuario llamado → red → usuario llamante.

Mensaje inicial enviado para iniciar una llamada.

▪ **CONFIRMACIÓN DE ESTABLECIMIENTO (SETUP): (13)**

Elementos de información: identificación de canal, indicador de progreso, presentación, señal.

Dirección: Usuario llamado → red → usuario llamante.

▪ **SUSPENSIÓN DE LLAMADA (37)**

Elementos de información: identidad de llamada

Dirección: Usuario → red

Las llamadas ISDN pueden suspenderse (puestas en espera) para dejar que otra llamada use el canal B.

▪ **CONFIRMACIÓN DE SUSPENSIÓN DE LLAMADA (45)**

Elementos de información: presentación.

Dirección: Red → usuario.

▪ **RECHAZO DE SUSPENSIÓN DE LLAMADA (33)**

Elementos de información: Causa, presentación.

Dirección: Red → usuario.

▪ **REASUMIR LLAMADA (40)**

Elementos de información: identidad de llamada.

Dirección: Red → usuario.

Dirección: Usuario → red.

▪ **CONFIRMACIÓN DE LLAMADA REASUMIDA (48)**

Elementos de información: Identificación de canal, presentación.

Dirección: Red → usuario.

▪ **RECHAZO PARA REASUMIR LLAMADA (34)**

Elementos de información: Causa, presentación.

Dirección: Red → usuario.

▪ **DESCONEXIÓN (69)**

Elementos de información: Causa, indicador de progreso, presentación, señal. Un mensaje enviado desde el usuario para pedir liberación de llamada, o desde la red indicando que llamada fue liberada.

▪ **LIBERACIÓN (77)**

Elementos de información: Causa, presentación, señal.

Es un mensaje enviado para indicar que el canal está siendo liberado.

▪ **LIBERACIÓN COMPLETA (90)**

Elementos de información: Causa, presentación, señal.

▪ **PETICIÓN DE ESTADO (117)**

Elementos de información: Presentación.

Dirección: Usuario → red.

Solicita un mensaje de estado a la red.

▪ **ESTADO (125)**

Elementos de información: Causa, estado de llamada, presentación.

Dirección: Red → usuario.

Indica el estado de la llamada actual en términos de la máquina de estado Q.931.

15.7 ESTABLECIMIENTO DE UNA LLAMADA ISDN

A continuación presentamos en las figuras 15.15, 15.16 y 15.17 el establecimiento de una llamada, la transferencia de información y liberación de llamada en dos usuarios a través de la red ISDN en una llamada por conmutación de circuitos según la norma I.451.

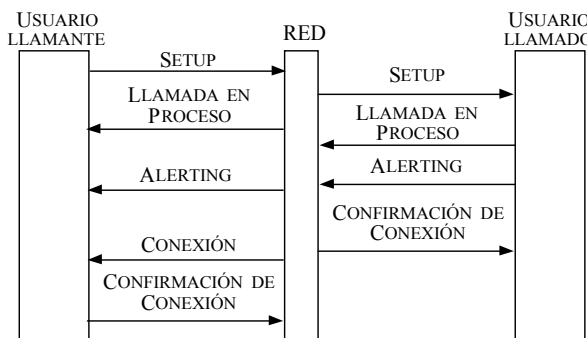


Figura 15.15 Establecimiento de una llamada ISDN

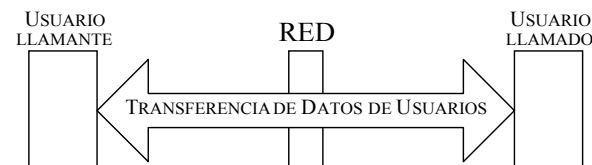


Figura 15.16 Transferencia de datos de usuario

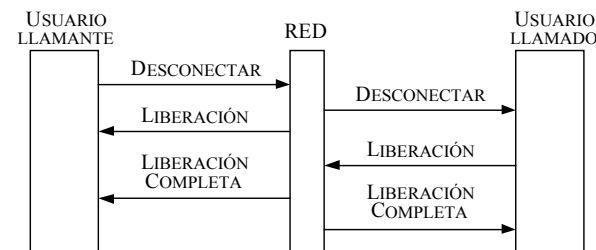


Figura 15.17 Liberación de llamada

Después de la cabecera Q.931, la cual identifica la llamada y el tipo de mensaje vienen los elementos de información (*Information Elements – IE*).

Hay dos tipos de elementos de información (IE) – su formato se da en la figura 15.18 – y son de un octeto y de varios octetos, siendo diferenciados por su bit de mayor orden.

ELEMENTO DE INFORMACIÓN UN SOLO OCTETO: TIPO 1

1	Identificador IE
Datos	

ELEMENTO DE INFORMACIÓN UN SOLO OCTETO: TIPO 2

1	Identificador IE
---	------------------

ELEMENTO DE INFORMACIÓN MULTIOCTETO

0	Identificador IE
Longitud del elemento de información en octetos	
Datos	

Figura 15.18 Elementos de información (IE)

Los elementos de información más importantes son:

▪ **CAPACIDAD DEL PORTADOR (4):**

Especifica un servicio solicitado: modo paquete o modo circuito, velocidad de datos, tipo de contenido de información.

▪ **IDENTIDAD DE LLAMADA (16):**

Usado para identificar una llamada suspendida.

▪ **ESTADO DE LLAMADA (20):**

Describe el estado actual de una llamada en términos de la norma de la máquina de estado Q.931.

▪ **NÚMERO DE USUARIO LLAMADO (112):**

El número telefónico que se ha marcado.

▪ **NÚMERO DE USUARIO LLAMANTE (108):**

El número telefónico que originó la llamada.

▪ **PRESENTACIÓN (40):**

Texto para lectura humana. Puede verse mensaje de texto en una pantalla de cuarzo. Identificación de canal, indicador de progreso, presentación, señal, compatibilidad con capa superior.

▪ **CAUSA (16):**

La razón por la que una llamada fue rechazada o desconectada. Ejemplos de códigos posibles:

- 1 : Número no asignado.
- 3 : No hay ruta al destino.
- 6 : Canal no aceptable.
- 16 : Liberación normal de llamada.
- 17 : Usuario ocupado.
- 18 : El usuario no responde.
- 22 : Número cambiado.
- 27 : Destino fuera de servicio.
- 28 : Formato de número no válido.
- 34 : Circuitos o canales no disponibles.
- 42 : Congestión de central.

▪ **IDENTIFICACIÓN DE CANAL (24):**

Identifica al canal B1 ó B2.

▪ **PERFIL DEL SERVICIO (58):**

Contiene el identificador del perfil del servicio (*Service Profile Identifier - SPID*).

15.8 SERVICIOS DE LA ISDN

ISDN provee una manera económica de establecer enlaces digitales de área amplia entre cargas de tráfico que no justifican el alquiler de circuitos delicados. También puede usarse para proporcionar un enlace dentro de un punto de acceso a la red *Frame Relay* u otras. ISDN ofrece servicios adicionales que cuales operan a niveles más altos del protocolo que las conexiones telefónicas.

Los servicios ofrecidos por la ISDN son los servicios portadores y los teleservicios. A su vez los servicios portadores están conformados por sus atributos de acceso, de información y generales. La ubicación de estos servicios se muestra en la figura 15.19.

15.8.1 SERVICIOS PORTADORES

Estos servicios transportan datos de un extremo a otro, de manera similar a otros protocolos de *Internetworking*. Hay dos tipos de servicio: modo circuito y modo paquete.

El **servicio modo circuito** esencialmente es el mismo que el de conmutación de circuitos. Se establece un enlace entre el dispositivo llamante y el dispositivo llamado y sigue dedicado a la conexión hasta que uno de los dispositivos acabe la sesión. Los dos dispositivos conectados son los únicos que pueden usar la conexión por el tiempo que deseen mantenerla. Aún si no se transmiten datos, el ancho de banda asociado con el enlace permanece dedicado a esta conexión.

El **servicio de modo paquete** emplea estos anchos de banda de los anchos de banda no utilizados. En este modo, la conexión es partida en pequeños componentes, a cada uno de los cuales se les da una dirección y número de secuencia antes de ser transmitido sobre la línea ISDN. De allí que el ancho de banda sea compartido con múltiples conexiones dentro de este servicio.

El servicio de modo circuito usa dos canales B para transmitir datos y el canal D para controlar la conexión. Estos servicios son usados típicamente por el tráfico de voz. El servicio de modo paquete es capaz de usar tanto los canales B como el canal D para transmitir datos y ser típicamente usado para tráfico de datos; sin embargo, éste tiene una opción de circuito virtual, la cual maneja tanto tráfico analógico como de voz. A continuación en las tablas 15.3, 15.4 y 15.5 se presentan sus atributos de transferencia de información, de acceso y generales.

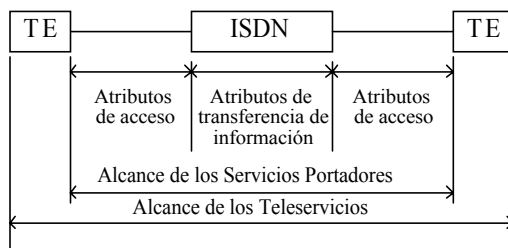


Figura 15.19 Servicios portadores (*Bearer Services*) y Teleservicios (*Value Added Services – VAS*)

I. Atributos de transferencia de información

Atributo	Posibles valores de los atributos						
1. Modo	Circuito				Paquete		
2. Velocidad de transferencia	64, 2x64, 384, 1536, 1920 Kbps. Otros valores e.u. (*)				Caudal. e. u. (*)		
3. Capacidad de transferencia	Información digital no restringida	Conversación	Audio 3.1 KHz	Audio 7 KHz	Audio 15 KHz	Video	e.u.
4. Estructura	Integridad de 8 KHz	No estructurado	TSSI	RDTD	Integridad de unidad de servicio de datos		
5. Establecimiento de la comunicación	Demanda	Reservado		Permanente			
6. Simetría	Unidireccional		Bidireccional simétrico		Bidireccional asimétrico		
7. Configuración de la comunicación	Punto a punto		Multipunto		Broadcast (e.u.)		

Tabla 15.3 Atributos de la transferencia de información del servicio portador

II. Atributos de acceso

Atributo	Posibles valores de los atributos						
8.0 Canal de acceso y velocidad	D (16 Kbps)	D (64 kbps)	B	H0	H11	H12	e.u.
9.1-9.3 Señalización de acceso Capas de protocolos 1 a 3	I.430/I.431	LAPD	I.451	X.25 LAPB		X.25 PLP	
9.4 Acceso a la información	I.430/I.431	HDLC	LAPD	X.25 LAPD		X.25 PLP	
9.6 Capas de protocolos 1 a 3	G.711 PCM		G.712 ADPCM		I.451 e.u.	T.70 Telefax	
Adaptación de velocidades: I.460, I.461, I.462, I.463, I.465, e.u.							

Tabla 15.4 Atributos del acceso al servicio portador

III. Atributos generales

Atributo	Posibles valores de los atributos			
10. Servicios suplementarios provistos	Identificación de número	Ofrecimiento de llamada	Completamiento de llamada	Llamada Multipartita
	Comunidad de interés	Facturación	Transferencia adicional de información	
11. Calidad de servicio	Bajo estudio			
12. Posibilidades de interworking				
13. Aspectos operacionales				

Tabla 15.5 Atributos generales de los servicios portadores

15.8.2 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Estos servicios son adicionales a los servicios portadores y producen una mayor funcionalidad. Varían según el proveedor de servicio (SP). Entre estos servicios tenemos:

15.8.2.1 Identificación de llamada entrante

Este servicio identifica al número de directorio fuente de la llamada entrante.

15.8.2.2 Número de usuario múltiple

Asignación de un número de directorio distinto a cada dispositivo conectado a la interface ISDN que permite a cada uno estar en línea y ser direccionados independientemente por el usuario llamante.

15.8.2.3 Ofrecimiento de llamada

Este servicio controla adonde irá la llamada luego que se alcance el número de directorio, tal como:

- **Transferencia de llamada:** permite a una llamada ser transferida a otro número después que la llamada ha sido contestada.
- **Redireccionamiento de llamada:** permite a una llamada ser dirigida a otro número si el primer número está ocupado o no responde.
- **Líneas en hunting:** define a un grupo de dispositivos, los cuales pueden responder a cualquier llamada entrante.

15.8.2.4 Llamada en espera

Gracias a la señalización fuera de banda del canal D, cuando una llamada ingresa a la línea ISDN no interrumpe una conexión que ya está establecida. Esta función es útil cuando el usuario necesita recibir una llamada telefónica mientras está conectado al enlace de datos.

15.8.3 TELESERVICIOS

Estos son servicios sofisticados que el ISDN puede ofrecer debido a sus capacidades avanzadas en comparación con la red telefónica existente. Estos servicios se denominan de valor añadido (*Value Added Services – VAS*) y están descritos en la recomendación I.240. Tales servicios no se usan en Norteamérica aún, pero parecen ser una orientación futura de la red telefónica pública.

15.8.3.1 Servicio de teletex

Permite el intercambio de mensajes entre dos terminales usando un conjunto de caracteres normalizados.

15.8.3.2 Servicio de videotext

Es una mejora de los servicios de teletex, que permite añadir gráficos a los mensajes.

15.8.3.3 Servicio de telefax

Usan la norma de facsímil del grupo 4 del ITU-T para proporcionar una transferencia de facsímiles a 64 Kbps.

15.8.3.4 Servicios de videotelefonía

Proveen transmisiones de video en movimiento entre dispositivos conectados en adición a la voz.