



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

X.135

(08/97)

SERIE X: REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN
ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

Redes públicas de datos – Aspectos de redes

**Valores de calidad de funcionamiento con
respecto a la velocidad de servicio (retardo y
caudal) para las redes públicas de datos que
prestan servicios internacionales de
conmutación de paquetes**

Recomendación UIT-T X.135

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES DE LA SERIE X DEL UIT-T
REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

REDES PÚBLICAS DE DATOS	X.1–X.199
Servicios y facilidades	X.1–X.19
Interfaces	X.20–X.49
Transmisión, señalización y conmutación	X.50–X.89
Aspectos de redes	X.90–X.149
Mantenimiento	X.150–X.179
Disposiciones administrativas	X.180–X.199
INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS	X.200–X.299
Modelo y notación	X.200–X.209
Definiciones de los servicios	X.210–X.219
Especificaciones de los protocolos en modo conexión	X.220–X.229
Especificaciones de los protocolos en modo sin conexión	X.230–X.239
Formularios para declaraciones de conformidad de implementación de protocolo	X.240–X.259
Identificación de protocolos	X.260–X.269
Protocolos de seguridad	X.270–X.279
Objetos gestionados de capa	X.280–X.289
Pruebas de conformidad	X.290–X.299
INTERFUNCIONAMIENTO ENTRE REDES	X.300–X.399
Generalidades	X.300–X.349
Sistemas de transmisión de datos por satélite	X.350–X.399
SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE MENSAJES	X.400–X.499
DIRECTORIO	X.500–X.599
GESTIÓN DE REDES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS Y ASPECTOS DE SISTEMAS	X.600–X.699
Gestión de redes	X.600–X.629
Eficacia	X.630–X.649
Denominación, direccionamiento y registro	X.650–X.679
Notación de sintaxis abstracta uno	X.680–X.699
GESTIÓN DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS	X.700–X.799
Marco y arquitectura de la gestión de sistemas	X.700–X.709
Servicio y protocolo de comunicación de gestión	X.710–X.719
Estructura de la información de gestión	X.720–X.729
Funciones de gestión	X.730–X.799
SEGURIDAD	X.800–X.849
APLICACIONES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS	X.850–X.899
Cometimiento, concurrencia y recuperación	X.850–X.859
Tratamiento de transacciones	X.860–X.879
Operaciones a distancia	X.880–X.899
PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO ABIERTO	X.900–X.999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

RECOMENDACIÓN UIT-T X.135

VALORES DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DE SERVICIO (RETARDO Y CAUDAL) PARA LAS REDES PÚBLICAS DE DATOS QUE PRESTAN SERVICIOS INTERNACIONALES DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Resumen

Esta Recomendación define parámetros y valores de velocidad de servicio asociados con cada una de las tres funciones de comunicación de datos: acceso, transferencia de información de usuario y desocupación.

Orígenes

La Recomendación UIT-T X.135, ha sido revisada por la Comisión de Estudio 7 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 9 de agosto de 1997.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1998

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1	Introducción 1
2	Referencias 3
3	Abreviaturas 4
4	Tiempo de establecimiento de la comunicación..... 4
4.1	definición del tiempo de establecimiento de la comunicación en una sola frontera de sección 4
4.2	definición del tiempo de establecimiento de la comunicación entre dos fronteras de sección 6
4.3	Valores 7
5	Tiempo de transferencia de los paquetes de datos 8
5.1	definición del tiempo de transferencia de paquetes de datos 8
5.2	Valores 9
6	Parámetros de caudal..... 10
6.1	definición de caudal 10
6.2	definición de caudal en régimen permanente..... 11
6.3	definición de capacidad de caudal 11
6.4	Valores 12
7	Retardo de liberación de llamada 14
7.1	Retardo de indicación de liberación..... 14
7.2	Retardo de confirmación de liberación..... 15
Anexo A	– Factores que deben especificarse para describir la calidad de funcionamiento con respecto al caudal .. 15
A.1	Velocidades de señalización 15
A.2	Ventanas de interfaz 15
A.3	Longitud de paquete 15
A.4	Conexiones virtuales adicionales..... 16
A.5	Hora del día 16
A.6	Sentido de transmisión..... 16
A.7	Clase de caudal 16
A.8	Uso del bit D 16
A.9	Tiempo de propagación 16
A.10	Informe sobre la capacidad de caudal 16
Anexo B	– Información auxiliar sobre la medición del caudal y la aplicación de valores de capacidad de caudal . 17
Anexo C	– Calidad de funcionamiento representativa con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo..... 17
C.1	Definición de las conexiones de extremo a extremo ilustrativas 18
C.2	Calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo para los ejemplos de configuración de tipo 1 y tipo 2..... 18
C.3	Métodos para calcular las medias y los puntos del 95% de retardos y caudales de servicios con conmutación de paquetes con dos o más tramos concatenados 19
C.4	Observaciones sobre hipótesis, resultados e implicaciones esenciales 24
	Referencia 24

Suplemento N.º 1 a la Recomendación X.135 – Algunos resultados de pruebas obtenidos en tramos específicos nacionales e internacionales	25
1 Pruebas con la red Telstra	25
1.1 Valores de retardo y de capacidad de caudal medidos en un tramo internacional B	26
1.2 Valores de retardo y de caudal en un tramo internacional B (9600 bit/s).....	27
1.3 Valores de retardo y caudal en un tramo nacional B (64 000 bit/s).....	28
1.4 Valores de retardo de transferencia de paquetes de datos en un tramo internacional B	29
2 Pruebas con la red DATEX-P	29
2.1 Valores de retardo y de caudal en el tramo nacional A	29
2.2 Valores de retardo y de caudal en el tramo nacional B.....	29

VALORES DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DE SERVICIO (RETARDO Y CAUDAL) PARA LAS REDES PÚBLICAS DE DATOS QUE PRESTAN SERVICIOS INTERNACIONALES DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

(Revisada en 1997)

1 Introducción

1.1 Esta Recomendación es la segunda de una serie de cuatro Recomendaciones (X.134 a X.137) que definen parámetros y valores de calidad de funcionamiento para los servicios internacionales de comunicación de datos con conmutación de paquetes. La figura 1 ilustra el campo de aplicación de estas cuatro Recomendaciones y las relaciones entre las mismas.

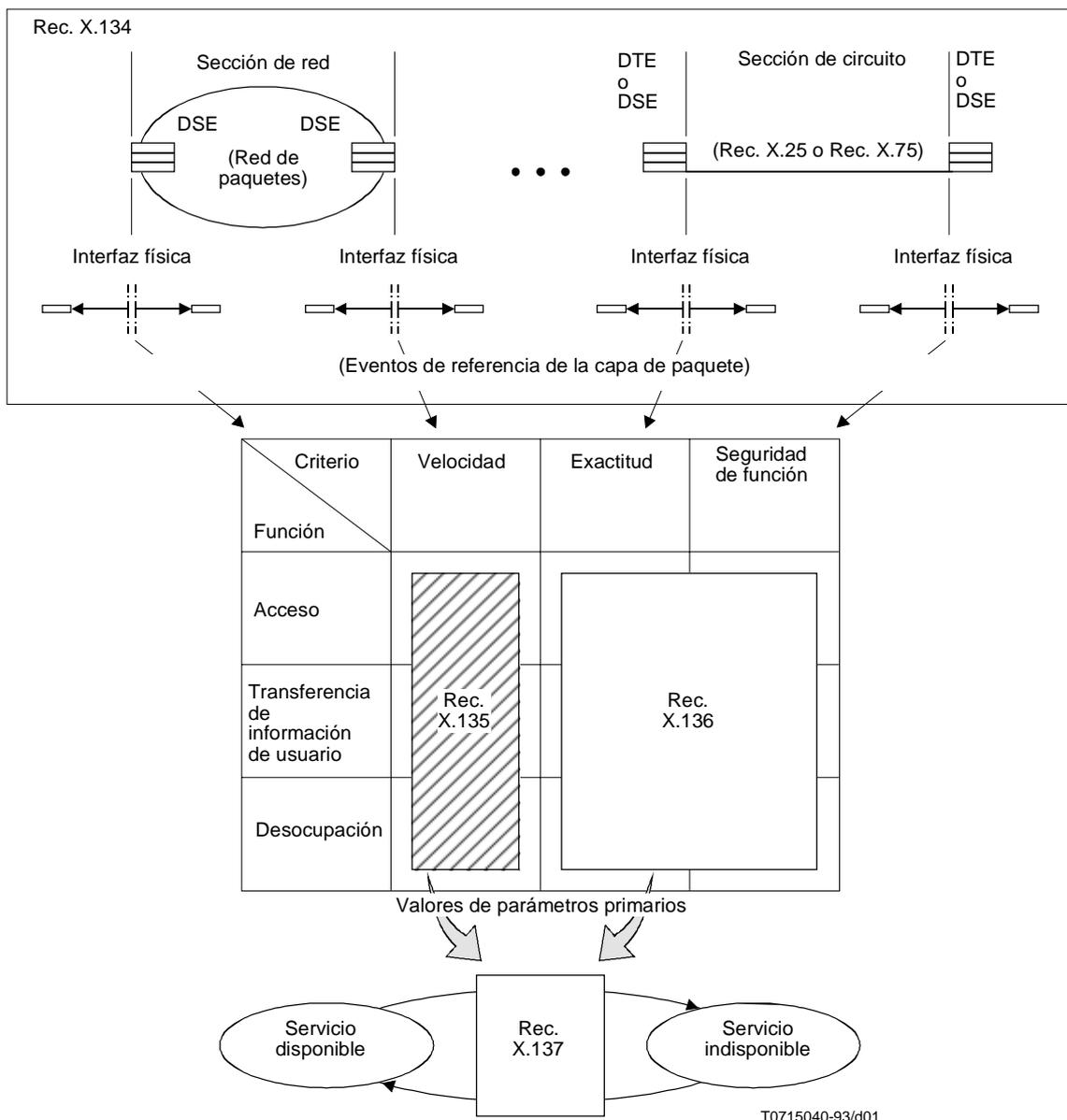


Figura 1/X.135 – Descripción esquemática de la calidad de funcionamiento del servicio de comunicación de datos con conmutación de paquetes

1.2 La Recomendación X.134 divide una conexión virtual en secciones básicas cuyas fronteras se asocian con las interfaces Rec. X.25 y Rec. X.75; define colecciones particulares de secciones básicas, denominadas tramos de conexión virtual, para las cuales se especificarán valores de calidad de funcionamiento, y define un conjunto de eventos de referencia de la capa de paquete (PE, *packet layer reference events*) que suministran una base para la definición de los parámetros de calidad de funcionamiento. Las secciones básicas consisten en secciones de red y secciones de circuito. Siempre están delimitadas por interfaces físicas de equipos terminales de datos (DTE, *data terminal equipment*) o de centros de conmutación de datos (DSE, *data switching exchange*). Los tramos de conexión virtual se identifican como tramos nacionales, o tramos internacionales. Por definición, cada PE ocurre cuando un paquete, al atravesar una frontera de sección, cambia el estado de la interfaz de la capa de paquete.

1.3 Para facilitar la comparación, ya para una exposición más completa, la calidad de funcionamiento de la red con conmutación de paquetes se considera en el contexto de la matriz de calidad de funcionamiento de 3×3 definida en la Recomendación X.140. En esa matriz se especifican tres funciones de comunicación de datos independientes del protocolo: acceso, transferencia de la información de usuario y desocupación. Estas funciones generales corresponden al establecimiento de la comunicación, transferencia de datos (e interrupciones) y liberación de la llamada en servicios de llamadas virtuales con conmutación de paquetes conformes a las Recomendaciones X.25 y X.75. Cada función se considera en relación con tres aspectos generales de la calidad de funcionamiento (o "criterios de calidad de funcionamiento"): velocidad, exactitud, y seguridad de funcionamiento. Estos criterios expresan, respectivamente, el retardo o la velocidad, el grado de corrección (en el sentido de perfección) y el grado de certidumbre con que se ejecuta una función.

1.4 Esta Recomendación define los parámetros y valores de velocidad de servicio relativos al protocolo, asociados con cada una de las tres funciones de comunicación de datos. La Recomendación X.136 define los parámetros y valores de exactitud y seguridad de funcionamiento relativos al protocolo asociados con cada función. Los parámetros de esta Recomendación y los de la Recomendación X.136 se denominan "parámetros primarios", para destacar que se derivan directamente de eventos de referencia de la capa de paquete.

1.5 Un modelo asociado de dos estados sirve de base para describir la disponibilidad general del servicio. Una función de disponibilidad especificada compara los valores de un subconjunto de los parámetros primarios con los umbrales de interrupción correspondientes para clasificar el servicio como "disponible" (sin interrupción del servicio) o "indisponible" (con interrupción del servicio) durante el periodo de funcionamiento previsto. La Recomendación X.137 especifica la función de disponibilidad y define los parámetros y valores de disponibilidad que caracterizan el proceso aleatorio binario resultante.

1.6 Se definen en esta Recomendación cuatro parámetros de velocidad de servicio: un parámetro de acceso (tiempo de establecimiento de la comunicación), dos parámetros de transferencia de información de usuario (tiempo de transferencia de paquetes de datos y capacidad de caudal), y un parámetro de desocupación (retardo de indicación de liberación). Cada parámetro puede aplicarse a cualquier sección básica o porción de una conexión virtual. Esta cualidad de los parámetros, de ser generales, es muy conveniente para la distribución y la concatenación de la calidad de funcionamiento.

1.7 Esta Recomendación especifica valores de retardo y caudal para tramos nacionales y tramos internacionales de dos tipos (véase el cuadro 1). No se especifican valores de calidad de funcionamiento para el equipo terminal de datos, pero los parámetros definidos en esta Recomendación pueden emplearse en tal especificación para ayudar a los usuarios a establecer relaciones cuantitativas entre la calidad de funcionamiento de la red y la calidad de servicio (véase la Recomendación X.140).

1.8 A continuación se especifican los valores de la media y con una probabilidad del 95% del caso más desfavorable, para el tiempo de establecimiento de la comunicación, el tiempo de transferencia de paquetes de datos, la capacidad de caudal y el retardo de indicación de liberación, para cada uno de los tipos de tramo de la conexión virtual identificados en el cuadro 1. La expresión "caso más desfavorable" significa que estos valores deben satisfacerse, durante cualquier hora del tiempo de servicio planificado, en el tramo de la conexión virtual de peor calidad de funcionamiento utilizada para proporcionar servicios internacionales con conmutación de paquetes. La calidad de funcionamiento de un tramo de la conexión virtual será normalmente mucho mejor que los valores del caso más desfavorable especificados en esta Recomendación¹. Quedan en estudio objetivos de diseño que tengan en cuenta aplicaciones de usuarios más exigentes y mejoras de la calidad de funcionamiento y la conectividad de la red.

En esta Recomendación se indican también los métodos numéricos para combinar los valores de calidad de funcionamiento de cada tramo a fin de estimar esa calidad de extremo a extremo. En el anexo C se calculan valores de DTE a DTE de dos conexiones ficticias de referencia determinadas, utilizando estos métodos.

¹ En el Suplemento N.º 1 figuran valores de retardo y caudal medidos en determinadas conexiones y en determinados instantes, a modo de ilustración solamente.

Cuadro 1/X.135 – Tipos de tramo de conexión virtual para los que se especifican valores de calidad de funcionamiento^{a)}

Tipo de tramo	Características típicas
Nacional A	Conexión terrenal a través de una sección de red de acceso
Nacional B	Conexión a través de una sección de red de acceso con un circuito por satélite, o a través de una sección de red de acceso y una o más secciones de red de tránsito
Internacional A	Conexión a través de una sección de circuito interredes terrenal directa
Internacional B	Conexión a través de dos circuitos por satélite y una sección de red de tránsito, o a través de un circuito por satélite y dos o más secciones de red de tránsito
a) Los valores especificados para los tramos tipo B se aplican también a tramos de conexión virtual no identificados explícitamente como tipo A o tipo B.	

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T X.1 (1996), *Clases de servicio internacional de usuario en redes públicas de datos y en redes digitales de servicios integrados y categorías de acceso a estas redes.*
- [2] Recomendación UIT-T X.2 (1996), *Servicios de transmisión de datos y facilidades facultativas de usuario internacionales en redes públicas de datos y en redes digitales de servicios integrados.*
- [3] Recomendación UIT-T X.25 (1996), *Interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para equipos terminales que funcionan en el modo paquete y están conectados a redes públicas de datos por circuitos especializados.*
- [4] Recomendación UIT-T X.75 (1996), *Sistema de señalización con conmutación de paquetes entre redes públicas que proporcionan servicios de transmisión de datos.*
- [5] Recomendación UIT-T X.96 (1993), *Señales de progresión de la llamada en redes públicas de datos.*
- [6] Recomendación UIT-T X.110 (1996), *Principios de encaminamiento y plan de encaminamiento internacionales para redes públicas de datos.*
- [7] Recomendación UIT-T X.134 (1997), *Fronteras entre los tramos de una conexión virtual internacional y eventos de referencia de la capa de paquete: bases para la definición de los parámetros de calidad de funcionamiento en el servicio con conmutación de paquetes.*
- [8] Recomendación UIT-T X.136 (1997), *Valores de calidad de funcionamiento con respecto a la precisión y la seguridad de funcionamiento para las redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes.*
- [9] Recomendación UIT-T X.137 (1997), *Valores de calidad de funcionamiento con respecto a la disponibilidad de las redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes.*
- [10] Recomendación UIT-T X.138 (1997), *Medida de los valores de calidad de funcionamiento de redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes.*

- [11] Recomendación UIT-T X.139 (1997), *Equipos terminales de datos de eco, de extracción, de generación y de prueba para medir los valores de calidad de funcionamiento de las redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes.*
- [12] Recomendación X.140 del CCITT (1992), *Parámetros generales de calidad de servicio para comunicación a través de redes públicas de datos.*
- [13] Recomendación UIT-T X.213 (1995), *Tecnología de la información – Interconexión de sistemas abiertos – Definición del servicio de red.*
- [14] Recomendación X.323 del CCITT (1988), *Disposiciones generales sobre el interfuncionamiento entre redes públicas de datos con conmutación de paquetes.*

3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

CA	Llamada aceptada (<i>call accepted</i>)
CC	Comunicación establecida (<i>call connected</i>)
cdf	Función de distribución acumulada (<i>cumulative distribution function</i>)
CR	Peticion de llamada (<i>call request</i>)
DSE	Centro de conmutación de datos (<i>data switching exchange</i>)
DTE	Equipo terminal de datos (<i>data terminal equipment</i>)
IC	Llamada entrante (<i>incoming call</i>)
pdf	Función de densidad de probabilidad (<i>probability density function</i>)
PE	Evento de referencia de la capa de paquete (<i>packet layer reference event</i>)

4 Tiempo de establecimiento de la comunicación

El tiempo de establecimiento de la comunicación sólo es aplicable a la capacidad de llamada virtual de las redes que funcionan con conmutación de paquetes.

En primer lugar se define el tiempo de establecimiento de la comunicación observado en una sola frontera de sección, B_i , después se define el tiempo de establecimiento de la comunicación entre un par de fronteras de sección (B_i, B_j) en base a la definición anterior. En el primer caso, el tiempo de establecimiento de la comunicación incluye el retardo de todas las secciones de la conexión virtual del lado usuario llamado de B_i , y el tiempo de respuesta del usuario llamado. En el segundo caso, el tiempo de establecimiento de la comunicación incluye solamente los retardos entre B_i y B_j . Se especifican valores para el tiempo de establecimiento de la comunicación observados entre fronteras de sección.

4.1 definición del tiempo de establecimiento de la comunicación en una sola frontera de sección

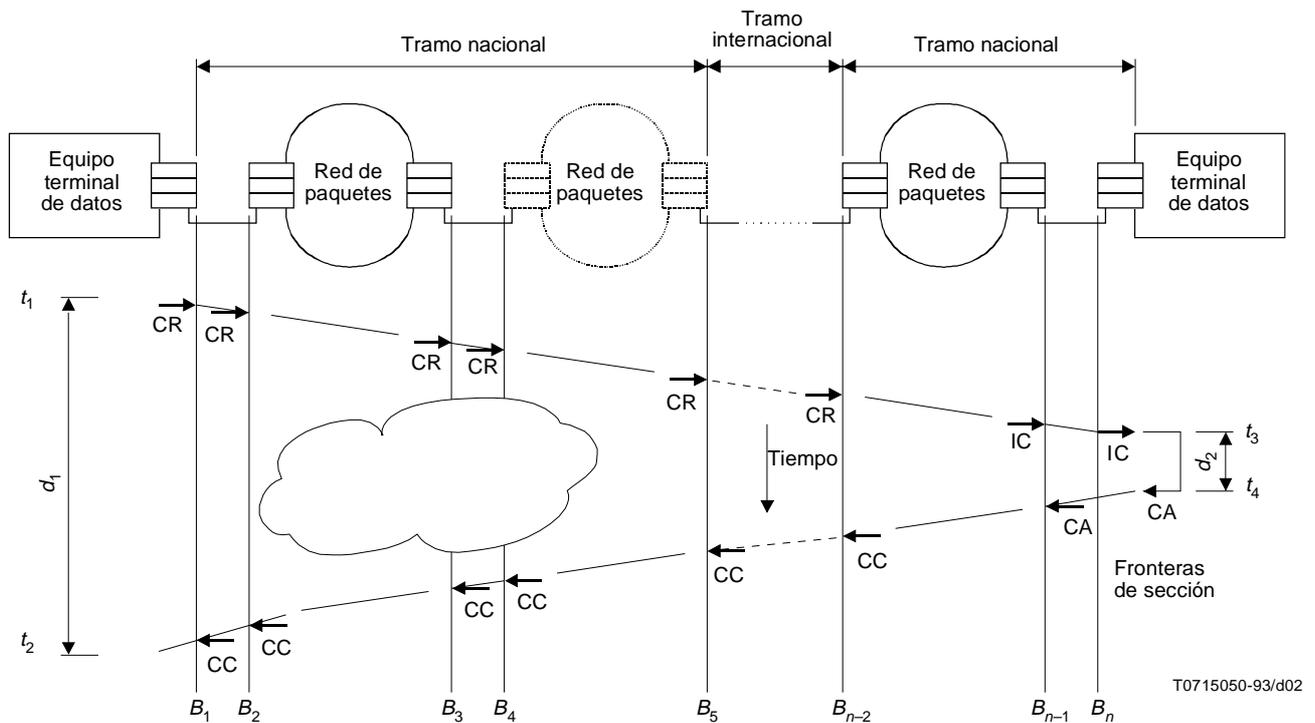
El tiempo de establecimiento de la comunicación en una frontera de sección B_i , se define por dos eventos de referencia de la capa de paquete (PE) de la Recomendación X.134. Es el periodo de tiempo que transcurre desde el instante en que un paquete de llamada entrante crea un PE en B_i y el instante en que el paquete correspondiente de comunicación establecida o de llamada aceptada, que acepta la llamada virtual, retorna y crea su PE en B_i .

$$\text{Tiempo de establecimiento de la comunicación en una frontera de sección} = \{t_2 - t_1\}$$

donde:

- t_1 es el instante en que ocurre el primer PE,
- t_2 es el instante en que ocurre el segundo PE.

Los dos PE pueden ocurrir en cualquier frontera de sección de una conexión virtual. Las identidades de los paquetes dependen de la frontera en cuestión, como se indica en la figura 2. El primer paquete es el paquete de petición de llamada y el segundo es el correspondiente paquete de comunicación establecida en cada una de las fronteras salvo las dos que delimitan la sección de circuito de acceso asociada al DTE llamado. El primer paquete es el paquete de llamada entrante y el segundo es el de llamada aceptada en las dos últimas fronteras. Los PE de la Recomendación X.134 específicos utilizados para medir el tiempo de establecimiento de la comunicación en cada frontera de sección se indican en el cuadro 2.



- CR Petición de llamada (*call request*)
- IC Llamada entrante (*incoming call*)
- CA Llamada aceptada (*call accepted*)
- CC Comunicación establecida (*call connected*)

NOTA – (t_1, t_2) y (t_3, t_4) pueden observarse en el lado llamante y en el lado llamado de cualquier tramo de la conexión virtual.

Figura 2/X.135 – Eventos del tiempo de establecimiento de la comunicación

Cuadro 2/X.135 – Eventos de referencia de la capa de paquete (PE) utilizados para medir el tiempo de establecimiento de la comunicación^{a)}

Evento de referencia de la capa de paquete Rec. X.134	PE inicial	PE final
Sección de circuito		
Sección de circuito de acceso del DTE llamante	2 (Rec. X.25)	3 (Rec. X.25)
Sección de circuito de acceso del DTE llamado	1 (Rec. X.25)	4 (Rec. X.25)
Sección de circuito interredes	1 (Rec. X.75)	2 (Rec. X.75)
a) Los números de PE en este cuadro hacen referencia a los cuadros 1/X.134 y 2/X.134.		

4.2 definición del tiempo de establecimiento de la comunicación entre dos fronteras de sección

Para una determinada llamada virtual, el tiempo de establecimiento de la comunicación puede medirse en una frontera B_i , y también en otra frontera, B_j , más alejada del equipo terminal de datos llamante. La diferencia entre los valores obtenidos es el tiempo de establecimiento de la comunicación introducido por la o las secciones de la conexión virtual comprendidas entre estas dos fronteras.

$$\text{Tiempo de establecimiento entre dos fronteras de sección} = \{d_1 - d_2\}$$

donde:

d_1 es el tiempo de establecimiento de la comunicación medido en B_i ;

d_2 es el tiempo de establecimiento de la comunicación medido en B_j .

El **tiempo de establecimiento de la comunicación de extremo a extremo** es el tiempo de establecimiento de la comunicación entre las fronteras del equipo terminal de datos, por ejemplo, B_1 y B_n en la figura 2. Este tiempo de extremo a extremo no incluye el tiempo de respuesta del usuario llamado. El **tiempo de establecimiento de la comunicación del tramo nacional** es el tiempo de establecimiento de la comunicación entre las fronteras que delimitan un tramo nacional, por ejemplo, B_1 y B_5 en la figura 2. El **tiempo de establecimiento de la comunicación del tramo internacional** es el tiempo de establecimiento de la comunicación entre las fronteras que delimitan el tramo internacional, es decir B_5 y B_{n-2} en la figura 2.

4.3 Valores

El cuadro 3 define valores del tiempo de establecimiento de la comunicación del caso más desfavorable para cada uno de los cuatro tipos de tramo de la conexión virtual identificados en el cuadro 1. En el anexo C se calculan valores del tiempo de establecimiento de la comunicación de DTE a DTE para dos conexiones ficticias de referencia. Todos los objetivos se basan (y sólo son aplicables) en los supuestos siguientes²:

- 1) una llamada básica en la cual no se utiliza ninguna de las facilidades facultativas de usuario definidas en la Recomendación X.25, ni se envían datos de usuario de llamada;
- 2) las ventanas de la capa de enlace de datos de las entidades no pertenecientes al tramo que se especifica están abiertas (sin control de flujo).

Los valores definidos consisten en valores de la media y con una probabilidad del 95%. La media es el valor esperado de la distribución de los tiempos de establecimiento de la comunicación. El valor con una probabilidad del 95% es el valor por debajo del cual están el 95% de los valores de los tiempos de establecimiento de la comunicación. Los intentos de establecimiento de la comunicación que resultan infructuosos (es decir, que no son completados) en las condiciones de la Recomendación X.136 no se tienen en cuenta y se tratan separadamente en esa Recomendación.

En el cuadro 3, el valor de X depende de la velocidad de señalización de la sección de circuito de acceso incluida en el tramo nacional. El cuadro 4 presenta los valores de X para las clases de servicio de usuario 8 a 11 y 13 de la Recomendación X.1³. Para otras velocidades de señalización, los valores de X se pueden calcular mediante la fórmula:

$$X = \frac{400}{R} \text{ ms}$$

donde R es la velocidad de señalización en kbit/s⁴.

Se pretende que los valores del tiempo de establecimiento de la comunicación definidos en el cuadro 3 se utilicen como límites del caso más desfavorable en la planificación de los servicios internacionales de comunicación de datos con conmutación de paquetes. El funcionamiento real, desde el punto de vista del tiempo de establecimiento de la comunicación, obtenido en un tramo de una conexión virtual dependerá de muchos factores, entre los cuales están el tráfico esperado y el efectivamente ofrecido, la topología interna de la red, y las velocidades de señalización en las secciones de circuito interredes. La variación de cada factor con respecto al valor del caso más desfavorable podrá redundar en una mejora de la calidad de funcionamiento.

El valor global del tiempo de establecimiento de la comunicación para un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual puede calcularse directamente por la suma de la media de cada uno de los tramos indicados en el cuadro 3. El método de cálculo del valor global del tiempo de establecimiento de la comunicación con una probabilidad del 95%, para un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual, partiendo de los valores de la probabilidad del 95% de cada uno de los tramos, se describe en el anexo C.

² Quedan en estudio los valores para otras condiciones. En el caso de líneas de acceso sumamente largas y retardos excesivos en los equipos de transmisión de la sección de circuito de acceso, estos valores pueden ser rebasados.

³ Estos valores de X no tienen por finalidad representar la característica de retardo de la sección de circuito de acceso, ya que no incluyen los tiempos de propagación, los retardos de la multiplexación, ni los efectos de la transmisión.

⁴ La fórmula supone que la transferencia de cada paquete de establecimiento de la comunicación (es decir, el paquete de petición de la comunicación y el correspondiente paquete de llamada aceptada) a través de una sección de circuito de acceso entraña la transmisión de 25 octetos: cinco octetos de tara a nivel de trama, un encabezamiento de paquete de cinco octetos y 15 octetos de información de dirección del DTE.

Cuadro 3/X.135 – Valores de tiempo de establecimiento de la comunicación del caso más desfavorable para los tramos de una conexión virtual

Estadístico	Tipo de tramo de conexión virtual			
	Nacional		Internacional	
	A	B	A	B
Media (ms)	1000 + X	1600 + X	250	1450
95% (ms)	1200 + X	1800 + X	300	1520

NOTA – Si se utiliza un satélite en la sección de circuito de acceso, se añade un margen adicional (ida y vuelta) de 540 ms a los objetivos de calidad de funcionamiento del tramo nacional A y del tramo nacional B.

Cuadro 4/X.135 – Valores de X para el cuadro 3

Clase de servicio de usuario Rec. X.1	R (kbit/s)	X (Milisegundos)
8	2,4	167
9	4,8	84
10	9,6	42
11	48,0	9
13	64,0	7

5 Tiempo de transferencia de los paquetes de datos

Es el tiempo que dura la transferencia satisfactoria de un paquete de datos y se aplica tanto a la capacidad de llamada virtual como a la capacidad de circuito virtual permanente de las redes de datos con conmutación de paquetes. Se define solamente entre pares de fronteras de sección.

5.1 definición del tiempo de transferencia de paquetes de datos

El tiempo de transferencia de paquetes de datos es el lapso de tiempo que comienza cuando un paquete de datos crea un evento de referencia de la capa de paquete (PE) en una determinada frontera, B_i , y termina cuando este mismo paquete crea un PE posterior en otra frontera B_j . Los PE de la Recomendación X.134 utilizados específicamente para medir el tiempo de transferencia de los paquetes de datos en cada frontera de sección se indican en el cuadro 5.

Cuadro 5/X.135 – Eventos de referencia de la capa de paquete (PE) utilizados para medir el tiempo de transferencia de los paquetes de datos

Evento de referencia de la capa de paquete Rec. X.134	PE de début/PE de fin
Sección de circuito	
Sección de circuito acceso de destino	10a (Rec. X.25)
Sección de circuito acceso de destino	9a (Rec. X.25)
Sección de circuito interredes	5a (Rec. X.75)

$$\text{Tiempo de transferencia de paquetes de datos} = \{t_2 - t_1\}$$

donde:

- t_1 es el instante en que se produce el primer PE (en la frontera B_i);
- t_2 es el instante en que se produce el segundo PE (en la frontera B_j).

El **tiempo de transferencia de paquetes de datos de extremo a extremo** es el tiempo de transferencia en un solo sentido entre las fronteras de los DTE, por ejemplo, B_1 y B_n en la figura 2. El **tiempo de transferencia de paquetes de datos en un tramo nacional** es el tiempo para la transferencia entre las fronteras que delimitan un tramo nacional, por ejemplo, B_1 y B_5 en la figura 2. El **tiempo de transferencia de paquetes de datos en el tramo internacional** es el tiempo de transferencia entre las fronteras que delimitan un tramo internacional, es decir, B_5 y B_{n-2} en la figura 2.

5.2 Valores

El cuadro 6 define los valores de tiempo de transferencia de paquetes de datos del caso más desfavorable para cada uno de los cuatro tipos de tramo de la conexión virtual identificados en el cuadro 1. En el anexo C se calculan valores de tiempo de transferencia de paquetes de datos de DTE a DTE para dos conexiones ficticias de referencia. Todos los valores se basan (y sólo son aplicables) en los supuestos siguientes⁵:

- 1) una longitud de campo de datos de usuario de 128 octetos;
- 2) las ventanas de la capa de enlace de datos y de la capa de paquete en el lado del DTE receptor del tramo que se especifica, están abiertas.

Cuadro 6/X.135 – Valores de tiempo de transferencia de paquetes de datos del caso más desfavorable para los tramos de una conexión virtual

Estadístico	Tipo de tramo de conexión virtual			
	Nacional		Internacional	
	A	B	A	B
Media (ms)	350 + Y	650 + Y	215	950
95% (ms)	525 + Y	825 + Y	215	1125
NOTA – Si se utiliza un satélite en la sección de circuito de acceso, se añade un margen adicional de 270 ms a los objetivos de calidad de funcionamiento del tramo nacional A y del tramo nacional B.				

Los valores definidos consisten en valores de la media y con una probabilidad del 95%. La media es el valor esperado de la distribución de los tiempos de transferencia de los paquetes de datos, sin tener en cuenta los valores superiores a un tiempo de transferencia máximo especificado de los paquetes de datos. El valor con una probabilidad del 95% es el valor que no será rebasado por el 95% de los tiempos de transferencia de paquetes de datos. Los intentos de transferencia de paquetes que resultan infructuosos en las condiciones de la Recomendación X.136 no se tienen en cuenta y se tratan separadamente en esa Recomendación.

En el cuadro 6, el valor de Y depende de la velocidad de señalización de la sección de circuito de acceso incluida en el tramo nacional. El cuadro 7 presenta los valores de Y para las clases de servicio de usuario 8 a 11 y 13 de la Recomendación X.1⁶. Para otras velocidades de señalización, los valores de Y se pueden calcular mediante la fórmula:

$$Y = \frac{1088}{R} \text{ ms}$$

donde R es la velocidad de señalización en kbit/s⁷.

⁵ Quedan en estudio los valores para otras condiciones. En el caso de líneas de acceso sumamente largas y retardos excesivos en los equipos de transmisión de la sección de circuito de acceso, estos valores pueden ser rebasados.

⁶ Estos valores de Y no tienen por finalidad representar la característica de retardo de la sección de circuito de acceso, ya que no incluyen los tiempos de propagación, los retardos de multiplexación ni los efectos de la retransmisión.

⁷ La fórmula supone que la transferencia de un paquete de datos a través de una sección de circuito de acceso entraña la transmisión de 136 octetos: cinco octetos de tara a nivel de trama, un encabezamiento de paquete de tres octetos y 128 octetos de datos de usuario.

Cuadro 7/X.135 – Valores de Y para el cuadro 6

Clase de servicio de usuario Rec. X.1	R (kbit/s)	X (Milisegundos)
8	2,4	453
9	4,8	227
10	9,6	113
11	48,0	23
13	64,0	17

Se pretende que los valores del tiempo de transferencia de paquetes de datos definidos en el cuadro 6 se utilicen como límites del caso más desfavorable en la planificación de los servicios internacionales de comunicación de datos con conmutación de paquetes. El funcionamiento real, desde el punto de vista del tiempo de transferencia de paquetes de datos, obtenido en un tramo de una conexión virtual dependerá de muchos factores, entre los cuales están el tráfico esperado y el efectivamente ofrecido, la topología interna de la red y las velocidades de señalización en las secciones de circuito interredes. La variación de cada factor con respecto al valor del caso más desfavorable podrá redundar en una mejora de la calidad de funcionamiento.

El valor medio global de tiempo de transferencia de paquetes de datos para un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual puede calcularse directamente por la suma de la media de cada uno de los tramos indicados en el cuadro 6. El método de cálculo del valor global del tiempo de transferencia de paquetes de datos con una probabilidad del 95%, para un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual, partiendo de los valores de la probabilidad del 95% de cada uno de los tramos, se describe en el anexo C.

6 Parámetros de caudal

En esta cláusula se definen tres parámetros de caudal: el caudal, el caudal en régimen permanente y la capacidad de caudal. Se indican valores para la capacidad de caudal.

6.1 definición de caudal

Caudal, de una sección de una conexión virtual, es el número de bits de datos de usuario transferidos con éxito en un sentido de transmisión a través de esa sección, por unidad de tiempo⁸. Transferencia con éxito quiere decir que, en la misma, no se agrega, ni se pierde, ni se invierte ningún bit.

Se parte de los siguientes supuestos:

- 1) el paquete de datos A_0 es el paquete final de una secuencia completa de paquetes definida en el 4.3.5/X.25 que atraviesan la frontera de entrada B_i ;
- 2) a continuación atraviesan la frontera de entrada B_i , inmediatamente después de A_0 , k paquetes de datos consecutivos (A_1, A_2, \dots, A_k) que forman la siguiente secuencia completa de paquetes;
- 3) el paquete de datos \hat{A}_0 es el paquete final de la primera secuencia completa de paquetes cuando ésta atraviesa la frontera de salida B_j ;
- 4) los paquetes $\hat{A}_1, \hat{A}_2, \dots, \hat{A}_m$ forman la segunda secuencia completa de paquetes cuando ésta atraviesa la frontera de salida B_j .

⁸ Los bits de datos de usuario son los bits del campo de datos de usuario en los paquetes de datos de la capa de paquete de las Recomendaciones X.25 o X.75 (protocolos y datos por encima de la capa de paquete). No se tienen en cuenta los bits de alineación de trama, los bits de encaminamiento, los bits de relleno, los bits para la protección contra errores, ni los introducidos por otros campos de protocolos en la capa de paquete o en niveles inferiores a ésta.

Los PE de la Recomendación X.134 utilizados para medir el caudal son los mismos que se utilizan para medir el tiempo de transferencia de paquetes de datos, indicados en el cuadro 5.

Donde:

- t_1 es el instante en que el paquete A_0 crea el PE en B_i ;
- t_2 es el instante en que el paquete A_k crea el PE en B_i ;
- t_3 es el instante en que el paquete \hat{A}_0 crea el PE en B_j ;
- t_4 es el instante en que el paquete \hat{A}_m crea el PE en B_j ;
- $f(A_r)$ es el número de bits de datos de usuario en el paquete A_r .

La medida de un caudal de tamaño k se define, entonces, como sigue:

$$\text{Medida de caudal} = \frac{\sum_{r=1}^k f(A_r)}{\text{MÁX}[(t_2 - t_1), (t_4 - t_3)]}$$

La Recomendación X.136 define las condiciones en las cuales se considera que la transferencia de paquetes de datos consecutivos ha sido insatisfactoria. Al evaluar la calidad de funcionamiento desde el punto de vista del caudal sólo deberán tenerse en cuenta las medidas de caudales cuya transmisión se haya completado.

6.2 definición de caudal en régimen permanente

El caudal en régimen permanente para una conexión virtual es el valor hacia el que converge la medida del caudal cuando aumenta la duración del periodo de observación, con una carga estadísticamente constante en la conexión virtual. Si se suponen condiciones de transferencia completada, el caudal en régimen permanente es el mismo cualquiera que sea el par de fronteras de sección de la conexión virtual en que haya sido medido. Por tanto, suponiendo que ningún bit de datos de usuario se pierde, se agrega o se invierte en la transferencia, una medición del caudal en régimen permanente puede efectuarse en cualquier frontera de un tramo de los que componen una conexión virtual:

$$\text{Medida de caudal en régimen permanente} = \frac{\sum_{r=1}^k f(A_r)}{(t_2 - t_1)}$$

donde t_1 , t_2 y $f(A_r)$ tienen los valores definidos anteriormente⁹.

Por otra parte, esta ecuación puede utilizarse para calcular el caudal en régimen permanente con diferentes definiciones de t_1 y t_2 . Los instantes t_1 y t_2 pueden elegirse previamente a la medición. En este caso, sea (A_1, A_2, \dots, A_k) el conjunto de todos los paquetes de datos de la conexión virtual que atraviesan la frontera B (y que crean PE en un sentido de transmisión) en el instante t_1 , o después de este instante, pero antes del instante t_2 . En esta situación, la mencionada ecuación da aún la medida del caudal en régimen permanente.

6.3 definición de capacidad de caudal

Sean B_i y B_j dos fronteras de sección de la conexión virtual. Supóngase que se desea estimar el caudal en régimen permanente con un flujo de paquetes de datos de B_i a B_j . Supóngase también que hay una carga estadísticamente constante, L , en la sección de la conexión virtual delimitada por B_i y B_j . La capacidad de caudal de esa sección con una carga L se define, entonces, como el caudal en régimen permanente maximizado para todas las combinaciones proporcionadas de posiciones de ajuste de los parámetros de la conexión virtual y de las selecciones relativas a la calidad de funcionamiento y a la carga fuera de B_i y B_j . La medición de la capacidad de caudal de una sección comprendida entre las fronteras B_i y B_j se efectúa de la misma manera que se mide el caudal en régimen permanente. Sin embargo, para la medición de la capacidad de caudal, los componentes fuera de B_i y B_j deben tener una capacidad de caudal significativamente mayor, en sus condiciones de carga respectivas, que la capacidad de caudal que se mide.

⁹ El anexo B contiene información auxiliar sobre la medición del caudal en régimen permanente.

Para una carga estadísticamente constante, L , entre B_i y B_j , y para un determinado conjunto de configuraciones de prueba, cualquier caudal medido en régimen permanente constituye un límite inferior de la capacidad de caudal. A fin de mejorar la estimación, puede repetirse el experimento con diferentes configuraciones de prueba fuera de B_i y B_j (véase el anexo B).

La capacidad de caudal de extremo a extremo es la capacidad de caudal entre las fronteras de los DTE, es decir, B_1 y B_n en la figura 2. La capacidad de caudal de un tramo nacional es la capacidad de caudal entre las fronteras que delimitan ese tramo nacional, por ejemplo, B_1 y B_5 en la figura 2. La capacidad de caudal del tramo internacional es la capacidad de caudal entre las fronteras que delimitan ese tramo internacional, es decir, B_5 y B_{n-2} en la figura 2.

6.4 Valores

El cuadro 8a define los valores de la capacidad de caudal del caso más desfavorable para cada uno de los cuatro tipos de tramos de la conexión virtual identificados en el cuadro 1, suponiendo que ambos tramos de circuitos de acceso tienen una señalización de 9600 bit/s. En el anexo C se calculan valores de capacidad de caudal de DTE a DTE para dos conexiones ficticias de referencia. Todos los valores se basan (y sólo son aplicables) en los supuestos siguientes¹⁰:

- 1) No hay otro tipo de tráfico en las secciones de circuito de acceso.
- 2) Velocidades de señalización de 9600 bit/s en las secciones de circuito de acceso. La posibilidad de aplicar los valores de capacidad de caudal especificados a velocidades más bajas de señalización de sección de circuito de acceso queda en estudio.
- 3) Longitud del campo de datos de usuario: 128 octetos. La clase de caudal solicitada corresponde a 9600 bit/s. (Obsérvese que la clase de caudal aplicada finalmente a la llamada puede ser inferior a la clase de caudal solicitada.)
- 4) Tamaños de ventana en la capa de paquete de 5, y tamaños de ventana en la capa de enlace de datos de 5, en las secciones de circuito de acceso.
- 5) No se utiliza el bit D ($D = 0$).
- 6) Los valores son aplicables a cualquiera de los dos sentidos de la transferencia.
- 7) Ausencia de indisponibilidad (definida en la Recomendación X.137) durante el periodo de observación.
- 8) Durante el periodo de observación no se producen reiniciaciones ni desconexiones prematuras (definidas en la Recomendación X.136).
- 9) Los tamaños de las muestras de capacidad de caudal serán de 400 paquetes (en el caso de la primera técnica de medición especificada en 6.2) o de 2 minutos (si se emplea la técnica de medición alternativa especificada en 6.2).

Cuadro 8a/X.135 – Valores de capacidad de caudal del caso más desfavorable para tramos de una conexión virtual (señalización de acceso a 9,6 kbit/s)

Estadístico	Tipo de tramo de conexión virtual			
	Nacional		Internacional	
	A	B	A	B
Media (bit/s)	4800	3000	4800	3000
95% (bit/s)	4300	2700	4300	2700
<p>NOTA – En los casos en que se utiliza un satélite en la sección del circuito de acceso, el caudal alcanzado dependerá de la optimización de parámetros tales como el módulo de la capa enlace de datos, la longitud de trama, el tamaño de ventana de trama, el módulo de la capa de paquete, la longitud de paquete y el tamaño de ventana de paquete.</p> <p>En el apéndice V/X.25 se dan directrices sobre la fijación de valores óptimos de los parámetros (tamaños de ventana, etc.)</p>				

¹⁰ Quedan en estudio los valores para otras condiciones.

El cuadro 8b define los valores de la capacidad de caudal del caso más desfavorable para cada uno de los cuatro tipos de tramos de la conexión virtual identificados en el cuadro 1, suponiendo que ambos tramos de circuitos de acceso tienen una señalización de 64 kbit/s. En el anexo C se calculan valores de capacidad de caudal de DTE a DTE para dos conexiones ficticias de referencia. Todos los valores se basan (y sólo son aplicables) en los supuestos siguientes:

- 1) No hay otro tipo de tráfico en las secciones de circuito de acceso.
- 2) Velocidades de señalización de 64 kbit/s en las secciones de circuito de acceso.
- 3) Longitud del campo de datos de usuario: 128 octetos. La clase de caudal solicitada y negociada final corresponde a 64 kbit/s. (Obsérvese que el bit M debe fijarse cuando se atraviesen tramos de conexión nacionales o internacionales de tipo B.)
- 4) Tamaños de ventana en la capa de paquete de 33, y tamaños de ventana en la capa de enlace de datos de 33, en las secciones de circuito de acceso.
- 5) No se utiliza el bit *D* ($D = 0$).
- 6) Los valores son aplicables a cualquiera de los dos sentidos de la transferencia.
- 7) Ausencia de indisponibilidad (definida en la Recomendación X.137) durante el periodo de observación.
- 8) Durante el periodo de observación no se producen reiniciaciones ni desconexiones prematuras (definidas en la Recomendación X.136).
- 9) Los tamaños de las muestras de capacidad de caudal serán de 660 paquetes (en el caso de la primera técnica de medición especificada en 6.2) o de 2 minutos (si se emplea la técnica de medición alternativa especificada en 6.2). (Obsérvese también que el bit M debe fijarse cuando se atraviesen tramos de conexión nacionales o internacionales de tipo B.)

Cuadro 8b/X.135 – Valores de capacidad de caudal del caso más desfavorable para tramos de una conexión virtual (señalización de acceso a 64 kbit/s)

Estadístico	Tipo de tramo de conexión virtual			
	Nacional		Internacional	
	A	B	A	B
Media(bit/s)	32 000 ^{a)}	10 000 ^{a)}	20 000 ^{a)}	8 000 ^{a)}
95% (bit/s)	29 000 ^{a)}	8 000 ^{a)}	16 000 ^{a)}	6 000 ^{a)}
<p>^{a)} Todos los valores son provisionales. No es necesario que los cumplan los operadores de red hasta su revisión en sentido ascendente o descendente.</p> <p>NOTA – En los casos en que se utiliza un satélite en la sección del circuito de acceso, el caudal alcanzado dependerá de la optimización de parámetros tales como el módulo de la capa enlace de datos, la longitud de trama, el tamaño de ventana de trama, el módulo de la capa de paquete, la longitud de paquete y el tamaño de ventana de paquete.</p> <p>En el apéndice V/X.25 se dan directrices sobre la fijación de valores óptimos de los parámetros (tamaños de ventana, etc.)</p>				

Los valores definidos consisten en valores de la media y con una probabilidad del 95%. La media es el valor esperado de la distribución de la capacidad del caudal. El valor con una probabilidad del 95% es un valor que representa una capacidad que no será rebasada por el 95% de las capacidades de caudal.

Se pretende que los valores de capacidad de caudal definidos en el cuadro 8 se utilicen como límites del caso más desfavorable en la planificación de servicios internacionales de comunicación de datos con conmutación de paquetes. La capacidad de caudal que efectivamente se obtenga en un tramo de una conexión virtual dependerá de muchos factores, entre los cuales están el tráfico esperado y el efectivamente ofrecido, la topología interna de la red, los tamaños de las ventanas de la capa paquete y la capa enlace de datos y las velocidades de señalización en las secciones de circuito interredes. La variación de cada factor con respecto al valor del caso más desfavorable podrán redundar en una mejora de la calidad de funcionamiento. Los valores de capacidad de caudal definidos en esta Recomendación no necesariamente se alcanzarán al mismo tiempo que los valores de retardo definidos en el cuadro 6.

Los operadores de redes optimizarán normalmente el funcionamiento seleccionando valores apropiados para los tamaños de las ventanas de la capa de paquete y de la capa de enlace de datos en las secciones de circuito internacionales.

Puede obtenerse un límite superior para la capacidad de caudal de un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual a partir de las capacidades de caudal de cada uno de los tramos, de la manera siguiente: si un tramo comprendido entre las fronteras B_i y B_j tiene una capacidad de caudal T_1 para una carga L_1 , y un tramo comprendido entre las fronteras B_k y B_m tiene una capacidad de caudal T_2 para una carga L_2 , y si esos tramos están concatenados de tal modo que $B_j = B_k$ manteniéndose L_1 y L_2 sin cambiar, la capacidad de caudal del tramo resultante será:

$$T \leq \text{MÍN} [T_1, T_2]$$

En el anexo C se da más información sobre el cálculo de la capacidad de caudal de un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual.

7 Retardo de liberación de llamada

Hay dos retardos asociados con la liberación de una llamada que son: el retardo de indicación de liberación y el retardo de confirmación de liberación.

7.1 Retardo de indicación de liberación

El retardo de indicación de liberación se aplica solamente a la capacidad de llamadas virtuales de las redes de datos con conmutación de paquetes. Solo se define entre un par de fronteras de sección.

7.1.1 definición del retardo de indicación de liberación

El retardo de indicación de liberación comienza cuando un paquete de petición de liberación o un paquete de indicación de liberación crea un evento de referencia de la capa de paquete (PE) en una determinada frontera B_i y termina cuando el correspondiente paquete de petición de liberación o de indicación de liberación crea un PE posterior en otra frontera, B_j . Los PE de la Recomendación X.134 utilizados específicamente para medir el retardo de indicación de liberación en cada frontera de tramo se indican en el cuadro 9.

Cuadro 9/X.135 – Eventos de referencia de la capa de paquete (PE) utilizados para medir el retardo de indicación de liberación

Evento de referencia de la capa de paquete Rec. X.134	PE inicial/final
Sección de circuito	
Sección de circuito de acceso al DTE liberante	6 (Rec. X.25)
Sección de circuito de acceso al DTE liberado	5 (Rec. X.25)
Sección de circuito interredes	3 (Rec. X.75)

$$\text{Retardo de indicación de liberación} = \{t_2 - t_1\}$$

donde:

t_1 es el instante en que se produce el primer PE;

t_2 es el instante en que se produce el segundo PE.

El **retardo de indicación de liberación de extremo a extremo** es el retardo en un solo sentido de la transmisión entre las fronteras de los equipos terminales de datos, es decir, B_1 y B_n en la figura 2. El **retardo de indicación de liberación de un tramo nacional** es el retardo entre las fronteras que delimitan un tramo nacional, por ejemplo B_1 y B_5 en la figura 2. El **retardo de indicación de liberación del tramo internacional** es el retardo entre las fronteras que delimitan el tramo internacional, es decir B_5 y B_{n-2} en la figura 2.

7.1.2 Valores de retardo de indicación de liberación

El cuadro 10 define los valores de retardo de indicación de liberación del caso más desfavorable para cada uno de los cuatro tipos de tramo de la conexión virtual identificados en el cuadro 1. En el anexo C se calculan valores del retardo de indicación de liberación de DTE a DTE para dos conexiones ficticias de referencia. Todos los valores se basan (y sólo son aplicables) en los supuestos siguientes¹¹:

- 1) Las ventanas de la capa de enlace de datos, en el lado del DTE liberado del tramo que se especifica, están abiertas.
- 2) El formato ampliado del paquete de petición de liberación no se utiliza.

Cuadro 10/X.135 – Valores del retardo de indicación de liberación en el caso más desfavorable para los tramos de una conexión virtual

Estadístico	Tipo de tramo de conexión virtual			
	Nacional		Internacional	
	A	B	A	B
Media (ms)	500 + Z	800 + Z	110	800
95% (ms)	750 + Z	1050 + Z	110	900
NOTA – Si se utiliza un satélite en la sección de circuito de acceso, se añade un margen adicional de 270 ms a los objetivos de calidad de funcionamiento del tramo nacional A y del tramo nacional B.				

Los valores definidos consisten en valores de la media y con una probabilidad del 95%. La media es el valor esperado de la distribución de los retardos de indicación de liberación, excluyéndose los valores que rebasan un máximo especificado del retardo de indicación de liberación. El valor de probabilidad con un 95% es el valor que no es rebasado por el 95% de los retardos de indicación de liberación. Los intentos de liberación de la llamada que resultan infructuosos no se tienen en cuenta y se tratan separadamente en la Recomendación X.136.

En el cuadro 10, el valor de Z depende de la velocidad de señalización de la sección de circuito de acceso incluida en el tramo nacional. En el cuadro 11 figuran los valores de Z para las clases de servicio de usuario 8 a 11 y 13 de la Recomendación X.1¹².

Cuadro 11/X.135 – Valores de Z para el cuadro 10

Clase de servicio de usuario Rec. X.1	R (kbit/s)	Z (Milisegundos)
8	2,4	34
9	4,8	17
10	9,6	9
11	48,0	2
13	64,0	1,5

¹¹ Quedan en estudio los valores para otras condiciones. En el caso de líneas de acceso sumamente largas y retardos excesivos en los equipos de transmisión de la sección de circuito de acceso, estos valores pueden ser rebasados.

¹² Estos valores de Z no tienen por finalidad representar el retardo de la sección de circuito de acceso, ya que no incluyen los tiempos de propagación, los retardos de multiplexación ni los efectos de la retransmisión.

Los valores de Z para otras velocidades de señalización se pueden calcular mediante la fórmula:

$$Z = \frac{80}{R} \text{ ms}$$

donde R es la velocidad de señalización en kbit/s¹³.

Se pretende que los valores del retardo de indicación de liberación definidos en el cuadro 10 se utilicen como valores del caso más desfavorable para la planificación de los servicios internacionales de comunicación de datos con conmutación de paquetes. La característica de retardo que efectivamente se obtenga en un tramo de una conexión virtual dependerá de muchos factores, entre los cuales está el tráfico esperado y el efectivamente ofrecido, la topología interna de la red y las velocidades de señalización en las secciones de circuito interredes. La variación de cada factor con respecto al valor del caso más desfavorable podrá redundar en una mejora de la calidad de funcionamiento.

El valor medio global del retardo de indicación de liberación para un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual puede calcularse directamente por la suma de las medias de los distintos tramos indicados en el cuadro 10. El método de cálculo de un objetivo global del retardo de indicación de liberación con una probabilidad del 95%, para un conjunto de tramos concatenados de una conexión virtual, partiendo de los valores de la probabilidad del 95% de cada uno de los tramos, se describe en el anexo C.

7.2 Retardo de confirmación de liberación

El **retardo de confirmación de liberación** es el periodo de tiempo que comienza cuando un paquete de petición de liberación emitido por un equipo terminal de datos crea un evento de referencia de la capa de paquete en la frontera B_i y termina cuando el paquete de confirmación de liberación emitido por el equipo de terminación del circuito de datos en la misma frontera hace que la interfaz pase al estado preparado. Si bien el retardo de confirmación de liberación se considera un asunto de competencia nacional, su valor se refleja en la calidad de servicio percibida por el usuario.

Anexo A

Factores que deben especificarse para describir la calidad de funcionamiento con respecto al caudal

La capacidad de caudal que puede obtenerse en una sección de una conexión virtual se ve afectada por muchos factores, a saber:

A.1 Velocidades de señalización

La elección de las velocidades de señalización en las secciones de circuito limita el caudal. En general, las velocidades de señalización elevadas aumentan el caudal.

A.2 Ventanas de interfaz

La elección del tamaño de la ventana influye en el caudal. En general, un mayor tamaño de la ventana aumenta el caudal. Para un caudal máximo, cada tamaño de ventana controlable por el usuario debe optimizarse con respecto a los tiempos de propagación (retardos) y las velocidades de retransmisión.

A.3 Longitud de paquete

La elección de la longitud de paquete influye en el caudal. En general, una mayor longitud de los paquetes aumenta el caudal. Para un caudal máximo, las longitudes de los paquetes deben optimizarse con respecto a las características de error conocidas de los enlaces de acceso.

¹³ La fórmula supone que la transferencia de cada paquete de liberación de llamada a través de una sección de circuito de acceso entraña la transmisión de 10 octetos: cinco octetos de tara a nivel de trama y cinco octetos de información de encabezamiento de paquete.

A.4 Conexiones virtuales adicionales

El caudal de una conexión virtual probada depende del número de conexiones virtuales adicionales y de la carga en cada sentido de transmisión, en cada conexión. El caudal por conexión virtual disminuye cuando aumenta el número de conexiones virtuales adicionales o aumenta la carga en las conexiones individuales. Cuando se indica la capacidad de caudal de un tramo de una conexión virtual, debe especificarse el número de conexiones virtuales activas adicionales en las secciones de circuito de acceso. Se debe indicar también el caudal total en cada sentido de transmisión de esas conexiones virtuales. Se debe expresar, por ejemplo:

"La capacidad de caudal de una conexión virtual en este tramo internacional es de por lo menos 1,2 kbit/s. Debe haber, como máximo, 4 conexiones virtuales adicionales que transmitan en el mismo sentido y al mismo caudal."

A.5 Hora del día

Cuando se mide el caudal se supone que las cargas de muchos componentes de la conexión no pueden ser controladas ni observadas por el usuario. Sin embargo, se supone que esas cargas están correlacionadas con la hora del día, el día de la semana, y el hecho de que el día en cuestión sea un día festivo. Por tanto, los usuarios pueden mejorar su caudal transmitiendo a determinadas horas o en ciertas oportunidades.

A.6 Sentido de transmisión

Si el sentido de transmisión afecta a la capacidad de caudal, deberá precisarse cuando se indique la capacidad de caudal. Cuando no se precise, se supondrá que es la misma en ambos sentidos de transmisión.

A.7 Clase de caudal

Los esquemas internos de la red para las ventanas y los acuses de recibo pueden o no depender de la clase de caudal solicitada o establecida por defecto para una conexión virtual. Para un caudal máximo, y cuando se mide la capacidad de caudal, la clase de caudal para la conexión virtual debe fijarse a la máxima permitida por la sección que se mide. Como la clase de caudal óptima es siempre la máxima permitida, al indicar la capacidad de caudal no es necesario especificar explícitamente la clase de caudal.

A.8 Uso del bit *D*

Si el bit *D* se pone a 1 durante una medición del caudal, debe comunicarse esta circunstancia. En caso contrario, no es necesario indicar su valor.

A.9 Tiempo de propagación

El caudal y el tiempo de transferencia de paquetes de datos están relacionados. Si el caudal se especifica para una determinada limitación con respecto al retardo será necesario informar sobre el retardo.

A.10 Informe sobre la capacidad de caudal

En los informes sobre la capacidad de caudal deben especificarse los valores de los factores controlables que entraron en juego durante la medición de la capacidad de caudal. Deberán incluirse en el informe todos los factores enumerados en este anexo, a menos que se especifique otra cosa. Un informe típico podría especificar las condiciones de la manera siguiente:

"Para esta conexión, la capacidad de caudal de la red es de 4,1 kbit/s por lo menos. La capacidad se midió utilizando dos secciones de circuito de acceso a 9,6 kbit/s, tamaños de ventana en la capa de enlace de datos de 5, tamaños de ventana en la capa de paquete de 5, y campos de datos de usuario de 128 octetos. No había conexiones virtuales adicionales en las secciones de circuito de acceso. La capacidad se midió durante la hora más cargada de un día laborable. El tiempo medio de transferencia de paquetes de datos en el periodo de medición fue de 500 ms. La precisión de la medición de caudal es de $\pm 0,1$ kbit/s."

Este tipo de enunciado facilita la verificación de la capacidad de caudal y su comparación con las necesidades de caudal de usuarios potenciales.

Anexo B

Información auxiliar sobre la medición del caudal y la aplicación de valores de capacidad de caudal

En relación con la medición del caudal, debe observarse lo siguiente:

- La medición del caudal en régimen permanente debe efectuarse sobre unos 200 paquetes. Otra manera de formular esta especificación consiste en establecer un tiempo de 2 minutos para el periodo de medición ($t_2 - t_1$).
- Cuando se mide el caudal en régimen permanente, no es necesario que los paquetes de datos A_1 y A_k formen una sola secuencia completa de paquetes.
- Una forma de verificar la transferencia correcta de la secuencia de prueba en una medición del caudal en régimen permanente consiste en transferir otra secuencia completa de paquetes.
- Las mediciones relacionadas con el caudal no deben realizarse con secuencias de datos de usuarios de alta densidad de "unos" binarios, para que los resultados no se vean afectados por el relleno de bits.

A continuación se describe una manera de aplicar el parámetro capacidad de caudal. En el análisis, la capacidad de caudal se utiliza para diseñar una sección de circuito internacional.

Donde:

- m es el caudal promedio por llamada (para la duración de la llamada);
- n es el número total de llamadas presentes en cualquier momento;
- p es el número de llamadas que requieren la capacidad de caudal en todo momento;
- b es la velocidad binaria de la sección de circuito interredes internacional;
- T es el objetivo de capacidad de caudal de llamada.

La velocidad binaria b será entonces:

$$b \geq (m \times n) + p(T - m)$$

Los valores que efectivamente tengan m , n y p pueden depender de la red y reflejar básicamente la población de las velocidades de las líneas de acceso y sus características de tráfico. Se recomienda, por consiguiente, elegir un valor de b que sea considerablemente mayor que el valor de $(m \times n)$. El número de canales lógicos asignados a los enlaces interredes internacionales deberá depender de la relación entre los valores de b y m .

Anexo C

Calidad de funcionamiento representativa con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo

En este anexo se presentan dos ejemplos ilustrativos de cómo puede estimarse la calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo (de DTE a DTE) a partir de los valores de calidad de funcionamiento de cada tramo de una conexión virtual especificados en esta Recomendación. Se definen dos concatenaciones de ejemplo de tramos de conexión virtual de tipo A y de tipo B. Se calculan para cada ejemplo el tiempo de establecimiento de la comunicación, el tiempo de transferencia de paquetes de datos, la capacidad de caudal (sólo para señalización de acceso a 9,6 kbit/s) y el retardo de indicación de liberación, de extremo a extremo. Aunque son posibles otros modelos de red y otras hipótesis estadísticas, los métodos presentados en este anexo ofrecen una manera práctica de estimar la calidad de funcionamiento de extremo a extremo a partir de la calidad de funcionamiento de los tramos de la red.

C.1 Definición de las conexiones de extremo a extremo ilustrativas

Para facilitar la referencia, las dos conexiones de extremo a extremo (es decir, de DTE a DTE) ilustrativas presentadas en este anexo se denominarán configuraciones "tipo 1" y "tipo 2". Estas configuraciones ficticias, pero representativas, utilizan las fronteras de tramos y los eventos de referencia de la capa de paquete descritos en la Recomendación X.134. La figura 2 muestra las fronteras de red pertinentes y el cuadro 1 define los tipos de tramos de la conexión virtual.

La configuración tipo 1 se define como sigue:



La configuración tipo 2 se define como sigue:



C.2 Calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo para los ejemplos de configuración de tipo 1 y tipo 2

Se han calculado los valores de la calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo para las configuraciones de las conexiones de ejemplo tipo 1 y tipo 2 y se muestran a continuación en los cuadros C.1 y C.2. Estos cálculos se han efectuado aplicando los métodos descritos en C.3 a cada tramo de red que, por conveniencia al definir estos ejemplos, están caracterizadas por los valores del caso más desfavorable de la calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio, especificados en esta Recomendación.

Cuadro C.1/X.135 – Calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo para el ejemplo de configuración tipo 1

Estadístico	Configuración tipo 1	
	Media	Percentil 95
Tiempo de establecimiento de la comunicación (ms)	$2250 + 2 \times X$	$2957 + 2 \times X$
Tiempo de transferencia de paquetes de datos (ms)	$915 + 2 \times Y$	$1162 + 2 \times Y$
Capacidad de caudal (bit/s)	4543	4155
Retardo de indicación de liberación (ms)	$1110 + 2 \times Z$	$1464 + 2 \times Z$

Cuadro C.2/X.135 – Calidad de funcionamiento con respecto a la velocidad de servicio de extremo a extremo para el ejemplo de configuración tipo 2

Estadístico	Configuración tipo 2	
	Media	Percentil 95
Tiempo de establecimiento de la comunicación (ms)	$4050 + 2 \times X$	$4341 + 2 \times X$
Tiempo de transferencia de paquetes de datos (ms)	$1950 + 2 \times Y$	$2253 + 2 \times Y$
Capacidad de caudal (bit/s)	2897	2643
Retardo de indicación de liberación (ms)	$2100 + 2 \times Z$	$2467 + 2 \times Z$

La calidad de funcionamiento de extremo a extremo con respecto al tiempo medio de establecimiento de la comunicación, el tiempo medio de transferencia de paquetes de datos y el retardo medio de indicación de liberación se calculan sumando sencillamente los tiempos medios asociados con cada tramo apropiado de la red.

Ejemplo – Para la configuración tipo 1, el tiempo medio de establecimiento de la comunicación de extremo a extremo en milisegundos se calcula haciendo referencia al cuadro 3 y sumando los valores medios para los tipos de tramos nacional A e internacional A:

$$(1000 + X) + (250) + (1000 + X) = 2250 + 2 \times X$$

La calidad de funcionamiento de extremo a extremo con respecto al tiempo de establecimiento de la comunicación, el tiempo de transferencia de paquete de datos y el retardo de indicación de liberación del percentil 95 pueden determinarse suponiendo (véase C.3) que la varianza del retardo de extremo a extremo es la suma de las varianzas de los retardos de cada tramo de red.

Ejemplo – Para la configuración tipo 1, haciendo referencia al cuadro 3 y a C.3, el valor del percentil 95 para el tiempo de establecimiento de la comunicación de extremo a extremo en milisegundos es:

$$(2250 + 2 \times X) + [((1500 + X) - (1000 + X))^2 + ((250) - (250))^2 + ((1500 + X) - (1000 + X))^2]^{0.5} = 2957 + 2 \times X$$

La calidad de funcionamiento de extremo a extremo para la media y el percentil 95 con respecto a la capacidad de caudal se determina suponiendo que:

- 1) el caudal de extremo a extremo en cualquier momento dado es el mínimo considerado en todos los tramos individuales de la red; y
- 2) el caudal de cada tramo de red es una variable aleatoria independiente y distribuida normalmente. En C.3 se derivan fórmulas que combinan las distribuciones de probabilidad individuales que se superponen para dar la distribución de la capacidad de caudal de extremo a extremo.

Ejemplo – Los cálculos numéricos de la media y del percentil 95 de las capacidades de caudal de extremo a extremo para las configuraciones tipo 1 y tipo 2 se presentan como ejemplos en C.3.2.

Los parámetros X , Y y Z dependen de la velocidad de señalización de la sección de circuito de acceso que está comprendida en el tramo nacional. En los puntos correspondientes de la presente Recomendación pueden hallarse las definiciones, hipótesis pertinentes y valores de X , Y y Z . Como se ha indicado antes, los valores de la calidad de funcionamiento con respecto a la capacidad de caudal del caso más desfavorable se calculan solamente para una velocidad de señalización de 9,6 kbit/s en las secciones de circuito de acceso.

C.3 Métodos para calcular las medias y los puntos del 95% de retardos y caudales de servicios con conmutación de paquetes con dos o más tramos concatenados

A continuación se describen los métodos utilizados para calcular la característica de velocidad de servicio de extremo a extremo a partir de los valores de funcionamiento de cada tramo de red.

C.3.1 Retardos

Se supone que un servicio con conmutación de paquetes tiene n tramos con retardos d_1, d_2, \dots, d_n , que varían aleatoriamente con las medias m_1, m_2, \dots, m_n y los puntos del 95% z_1, z_2, \dots, z_n . El retardo total $D = d_1 + d_2 + \dots + d_n$ tiene una distribución cuya media se expresa por:

$$M = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

(sin otra hipótesis). A fin de obtener el punto del 95% de D , se supone que los retardos d_i son estadísticamente independientes y que $z_i = m_i + k\sigma_i$ con la misma k para todos los tramos, donde σ_i es la desviación típica de d_i . Se supone también la misma igualdad para D , es decir, $Z = M + k\sigma_D$, donde Z es el punto del 95% de D . Estas igualdades son válidas para distribuciones normales con $k = 1,645$. Así pues, la varianza de D es la suma de las varianzas de d_i . De ello se sigue que el punto del 95% de D viene dado por:

$$Z = M + [(z_1 - m_1)^2 + (z_2 - m_2)^2 + \dots + (z_n - m_n)^2]^{1/2}$$

La hipótesis de la normalidad parece razonable, pero son posibles otras hipótesis que podrían dar respuestas sustanciales diferentes.

C.3.2 Caudales

Se supone que un servicio con conmutación de paquetes tiene n tramos con caudales T_1, T_2, \dots, T_n que varían aleatoria e independientemente con medias M_1, M_2, \dots, M_n y puntos del 5% (puntos rebasados por el 95% de los valores) Z_1, Z_2, \dots, Z_n . Se supone que el caudal neto del servicio es $V = \min(T_1, T_2, \dots, T_n)$. La función de distribución acumulada (cdf, *cumulative distribution function*) de T_i es la probabilidad de que T_i sea menor o igual a cualquier valor, digamos t , y se designa por $F_i(t)$:

$$F_i(t) = \text{Prob}[T_i \leq t], i = 1, 2, \dots, n$$

La función de densidad de probabilidad (pdf, *probability density function*) de T_i es la derivada de $F_i(t)$ y se designa por $f_i(t) = dF_i/dt$.

Para calcular la media, digamos M_{Vn} y el punto del 5%, $V_{0,05,n}$, del caudal neto V , no basta por lo general con considerar sólo las M_i y los Z_i del tramo; es necesario combinar todas las distribuciones $F_i(t)$ [o $f_i(t)$] para obtener la función de densidad de probabilidad de V , que se designará por $g_n(v)$. Sin embargo, en el importante caso especial en que el tramo con el caudal que suele ser más pequeño (el "tramo más lento") tenga una distribución a la que no se superponen en absoluto las distribuciones de los caudales mayores, la distribución del caudal neto es idéntica a la del tramo más lento, que tiene la misma media y punto del 5% en particular. Si la superposición de cualquier otra distribución con la distribución del tramo más lento es despreciable, puede sacarse la misma conclusión. Ulteriores ejemplos indicarán el grado de superposición que puede considerarse despreciable.

Se vuelve ahora al caso de distribuciones generales, pero con $n = 2$ en primer lugar. La integración en las dos dimensiones de (T_1, T_2) muestra que la función de densidad de probabilidad de V viene dada por:

$$g_2(v) = f_1(v) [1 - F_2(v)] + f_2(v) [1 - F_1(v)] \quad (\text{C-1})$$

El caudal neto medio del servicio es entonces:

$$M_{V2} = \int_0^{\infty} v g_2(v) dv \quad (\text{C-2})$$

y el punto del 5% es el valor $V_{0,05,2}$ tal que:

$$\int_0^{V_{0,05,2}} g_2(v) dv = 0,05 \quad (\text{C-3})$$

Si $f_1(t) = f_2(t)$, se cumple la siguiente ecuación:

$$g_2(v) = 2f_1(v) [1 - F_1(v)] \quad (\text{C-4})$$

Se supone ahora que las distribuciones de caudal de los tramos son normales y que están suficientemente concentradas de modo que la cola de la distribución normal ajustada a la izquierda de cero es despreciable (supuesto que es válido para todos los valores numéricos en esta Recomendación). La hipótesis se expresa en términos de las funciones normales típicas de densidad de probabilidad $\varphi(u)$ y de distribución acumulada $\Phi(x)$:

$$\varphi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2}; \quad \Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(u) du \quad (\text{C-5})$$

con lo que:

$$f_i(t) = \frac{1}{\sigma_i} \phi\left(\frac{t - M_i}{\sigma_i}\right); F_i(t) = \int_{-\infty}^t f_i(y) dy \quad (C-6)$$

siendo la desviación típica $\sigma_i = (M_i - Z_i)/1,64485$. Si $f_1(t) = f_2(t)$, se tiene:

$$g_2(v) = \frac{2}{\sigma_1} \phi\left(\frac{v - M_1}{\sigma_1}\right) \left[1 - \Phi\left(\frac{v - M_1}{\sigma_1}\right) \right] \quad (C-7)$$

A continuación se considera el caso en que $n = 3$. La función de la densidad de probabilidad $g_3(v)$ de $V_3 = \min(T_1, T_2, T_3)$ puede obtenerse por iteración sobre la distribución de $V_2 = \min(T_1, T_2)$ puesto que $V_3 = \min(V_2, T_3)$. De ahí que:

$$g_3(v) = g_2(v) [1 - F_3(v)] + f_3(v) [1 - G_2(v)] \quad (C-8)$$

donde $g_2(v)$ viene dado por C-1 y $G_2(v)$ es su integral indefinida:

$$G_2(v) = \int_0^v g_2(x) dx \quad (C-9)$$

Si las tres pdf $f_i(t)$ son idénticas, $g_3(v)$ se simplifica a:

$$g_3(v) = 3f_1(v) [1 - F_1(v)]^2 \quad (C-10)$$

Suponiendo ahora distribuciones normales e idénticas, a partir de C-5, C-6 y C-10 se reduce lo siguiente:

$$\begin{aligned} M_{V_3} &= \int_0^{\infty} v g_3(v) dv \\ &= M_1 + 3\sigma_1 \int_{-\infty}^{\infty} u \phi(u) [1 - \Phi(u)]^2 du \\ &= M_1 - 3\sigma_1 \int_0^{\infty} u \phi(u) [2\Phi(u) - 1] du \\ &= M_1 - \sigma_1 K_3 \end{aligned} \quad (C-11)$$

siendo $K_3 = 0,8463$, según Teichroew (1956). De manera similar:

$$V_{0,05,3} = M_1 + \sigma_1 U_{0,05,3} \quad (C-12)$$

donde:

$$U_{0,05,3} = \int_{-\infty}^U \phi(u) [1 - \Phi(u)]^2 du = 0,05 \quad (C-13)$$

y efectuando la integración, se obtiene:

$$\Phi(-U_{0,05,3}) = 1 - 0,95^{1/3} = 0,016952 \quad (\text{C-14})$$

Mediante una tabla cualquiera de distribución normal acumulada se obtiene $U_{0,05,3} = 2,121$.

Ejemplo 1 – Considérese la configuración tipo 1. Calculamos la media y el percentil 95 de caudales netos suponiendo que hay tres distribuciones de tramos idénticas y normales con $M_1 = M_2 = M_3 = 4800$ bit/s y $Z_1 = Z_2 = Z_3 = 4300$ bit/s. En tal caso es $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 500/1,645 = 303,95$ bit/s. A partir de C-11 se calcula:

$$M_{V3} = 4800 - 303,95 \times 0,8463 = 4543 \text{ bit/s}$$

y mediante C-12 y C-14:

$$V_{0,05,3} = 4800 - 303,95 \times 2,121 = 4155 \text{ bit/s}$$

Ejemplo 2 – Considérese una configuración hipotética con $M_1 = M_2 = 3000$ bit/s, $M_3 = 2000$ bit/s, $Z_1 = Z_2 = 2400$ bit/s, $Z_3 = 1800$ bit/s. Con distribuciones normales hay una superposición ligera pero probablemente despreciable de los caudales mayores con el caudal más pequeño; la probabilidad de que el caudal nacional sea menor o igual al punto 5% superior del caudal internacional, 2200 bit/s, es de 0,014. Por tanto, al menos aproximadamente, $M_{V3} = M_3 = 2000$ bit/s y $V_{0,05,3} = Z_3 = 1800$ bit/s.

Lo anterior puede comprobarse mediante integración numérica. A continuación se dan fórmulas generales porque esto es algo que se va a plantear en otras aplicaciones. Cuando $f_1(v) = f_2(v)$, $G_2(v)$ en C-9 se convierte en:

$$G_2(v) = 2F_1(v) - [F_1(v)]^2$$

Cuando las distribuciones son también normales de C-8 y C-5 se sigue que:

$$g_3(v) = \left[1 - \Phi\left(\frac{v - m_1}{\sigma_1}\right) \right] \left\{ \frac{2}{\sigma_1} \phi\left(\frac{v - m_1}{\sigma_1}\right) \left[1 - \Phi\left(\frac{v - m_3}{\sigma_3}\right) \right] + \frac{1}{\sigma_3} \phi\left(\frac{v - m_3}{\sigma_3}\right) \left[1 - \Phi\left(\frac{v - m_1}{\sigma_1}\right) \right] \right\} \quad (\text{C-15})$$

El caudal medio para una red de tres tramos con dos tramos idénticos, con el cambio de variable $u = (v - m_1)/\sigma_1$, es por consiguiente:

$$M_{V3} = \int_{-\infty}^{\infty} (m_1 + \sigma_1 u) [1 - \Phi(u)] \left\{ Z \phi(u) \left[1 - \Phi\left(\frac{m_1 - m_3 + \sigma_1 u}{\sigma_3}\right) \right] + \frac{\sigma_1}{\sigma_3} \phi\left(\frac{m_1 - m_3 + \sigma_1 u}{\sigma_3}\right) [1 - \Phi(u)] \right\} du \quad (\text{C-16})$$

Integración que puede efectuarse numéricamente utilizando una calculadora de bolsillo y las *tablas de funciones de probabilidad normal* de la "National Bureau of Standards". Dichas tablas dan la integral de $\psi(u)$ de $-x$ a x , es decir $S(x)$, y no $\Phi(x)$, por lo que hay que hacer la siguiente sustitución en C-16 (en tres lugares):

$$1 - \Phi(u) = \{ [1 - S(u)] / 2, \text{ si } u \geq 0, [1 + S(|u|)] / 2, \text{ si } u < 0 \} \quad (\text{C-17})$$

En el ejemplo 2, C-16 se convierte en:

$$\frac{2M_{V3}}{\sigma_1} = \int_{-\infty}^{\infty} (8,225 + u) [1 \pm S(|u|)] \{\varphi(u) [1 \pm S(|8,225 + 3u|)] + 1,5 \varphi(8,225 + 3u) [1 \pm S(|u|)]\} du$$

Efectuando una integración numérica con $\Delta u = 0,1$ y la regla trapezoidal se obtiene $M_{V3} = 1999,09$ bit/s. Con la regla de Simpson, $M_{V3} = 1999,11$ bit/s. En consecuencia, la ligera superposición de las distribuciones de los dos caudales mayores con la distribución del caudal menor reduce el caudal neto medio en menos de 1 bit/s. El efecto sobre el punto del 5% inferior será mucho menor, con lo que $V_{0,05,3} = 1800$ bit/s. Sin embargo, la comparación con el ejemplo 1 muestra que la superposición *completa* de distribuciones de tres tramos no reduce el caudal sustancialmente por debajo del de un tramo individual.

Ejemplo 3 – Considérese otra configuración hipotética con $M_1 = 3000$, $M_2 = 2400$, $M_3 = 1800$, $Z_1 = 2400$, $Z_2 = 2000$, $Z_3 = 1500$ (todos bit/s). Tres tramos no idénticos dan como resultado una integral bastante más complicada que C-16. Podría programarse en un computador, pero no es necesario ya que puede obtenerse una cota fija sustituyendo el tramo más rápido por uno idéntico al siguiente tramo más rápido y utilizando C-16. Si se hace esto con $\Delta u = 0,1$ y la regla trapezoidal se obtiene $M_{V3} = 1794,4$ bit/s; la regla de Simpson, más exacta, da $M_{V3} = 1794,7$ bit/s. Puesto que M_{V3} debe ser inferior o igual a $M_3 = 1800$ bit/s, el caudal medio con los tres tramos no idénticos originales está acotado entre 1795 y 1800 bit/s. Se estima como de 1797 bit/s con un error probablemente de no más de 1 bit/s. El efecto sobre el punto 5% inferior será incluso menor; la integración numérica con $\Delta u = 0,1$ da $V_{0,05,3} = 1499,2$ bit/s cuando el tramo más rápido es sustituido por uno idéntico al siguiente tramo más rápido, con lo que se calcula que la red original tiene $V_{0,05,3} = 1500$ bit/s, con una unidad de aproximación.

Estos ejemplos indican lo siguiente, aplicable cualquiera que sea el número de tramos, cuando a la distribución del caudal más pequeño no se le superponen considerablemente otras distribuciones:

Regla general – Si la media del caudal medio del tramo más lento es menor que la media del siguiente tramo más lento en, por lo menos, dos veces la diferencia entre la media y el percentil 95 del tramo más lento o del siguiente tramo más lento, tomando la diferencia que sea mayor, entonces la media y el percentil 95 del caudal de la red son iguales a los del tramo más lento (con un error despreciable). (Esta regla podría suavizarse sustituyendo "dos veces" por "1,5 veces" o suprimiendo "dos veces", sin cometer un gran error en la práctica.)

Ejemplo 4 – Considérese la configuración tipo 2 con $M_1 = M_2 = 3000$, $M_3 = 4800$, $Z_1 = Z_2 = 2700$, $Z_3 = 4300$ (todos bit/s). Se aplica entonces la regla general, ya que la diferencia en las medias de 4800 y 3000 es más de dos veces la diferencia entre la media de 4800 y su percentil 95 de 4300. De este modo, podemos calcular la media y el percentil 95 de esta configuración como las de la combinación de los dos tramos más lentos. Utilizando los valores de K_n y $U_{0,05,n}$ del cuadro C.3 (que figura más adelante), la media y el percentil 95 se obtienen como 2897 y 2643 bit/s, respectivamente. Estos cálculos se verificaron mediante la ecuación C-8 en un computador personal.

El caso de n general se considera de manera similar. Con distribuciones $f_i(t)$ diferentes, la función de densidad de probabilidad $g_n(v)$ de $V_n = \min(T_1, T_2, \dots, T_n)$ puede obtenerse por iteración a partir de $g_{n-1}(v)$:

$$g_n(v) = g_{n-1}(v) [1 - F_n(v)] + f_n(v) [1 - G_{n-1}(v)]$$

Si todas las $f_i(t)$ son idénticas:

$$g_n(v) = n f_i(v) [1 - F_i(v)]^{n-1}$$

Si, además se suponen distribuciones normales para $f_i(t)$, el caudal neto medio es:

$$\begin{aligned}
 M_{V_n} &= M_1 + n \sigma_1 \int_{-\infty}^{\infty} u \phi(u) [1 - \Phi(u)]^{n-1} du \\
 &= M_1 - n \sigma_1 \int_0^{\infty} u \phi(u) \{ \Phi^{n-1}(u) - [1 - \Phi(u)]^{n-1} \} du \\
 &= M_1 - K_n \sigma_1
 \end{aligned}
 \tag{C-18}$$

y el punto del 5% del caudal neto es:

$$V_{0,05,n} = M_1 - \sigma_1 U_{0,05,n} \tag{C-19}$$

donde:

$$\Phi(-V_{0,05,n}) = 1 - 0,95^{1/n} \tag{C-20}$$

Los valores K_n y $U_{0,05,n}$ pueden tabularse como una función de n :

Cuadro C.3/X.135 – K_n y $U_{0,05,n}$ para $n = 1, 2, 3, 4, 5$

n	1	2	3	4	5
K_n	0	0,5642	0,8463	1,0294	1,1630
$U_{0,05,n}$	1,645	1,955	2,121	2,234	2,319

C.4 Observaciones sobre hipótesis, resultados e implicaciones esenciales

Queda en estudio.

Referencia

- [1] TEICHROEW (D.): Tables of expected values of order statistics and products of order statistics for samples of size twenty and less from the normal distribution, *Annals of Mathematical Statistics*, **27**, pp. 410-426, 1956.

ALGUNOS RESULTADOS DE PRUEBAS OBTENIDOS EN TRAMOS ESPECÍFICOS NACIONALES E INTERNACIONALES

Este Suplemento presenta resultados de pruebas realizadas y su finalidad es exclusivamente ilustrativa. Se presentan resultados recientes (1996) de Telstra, junto con resultados históricos (enero de 1987) de la red DATEX-P. La cláusula 1 contiene resultados sobre la prueba por Telstra (1996) de una moderna red digital diseñada para ser una plataforma común que soporte servicios de paquetes, servicios con retransmisión de tramas, y servicios ATM de banda ancha. Esta cláusula contiene resultados aplicables a tramos internacionales B. El segundo contiene resultados para tramos nacionales A y nacionales B. Los resultados se obtuvieron por mediciones efectuadas en los tramos nacionales A y B de la red DATEX-P, operada por la Deutsche Bundespost de la República Federal de Alemania.

Dado que los valores obtenidos corresponden a una red sometida a una carga de tráfico específica, en un tiempo determinado, no pueden considerarse como representativos de la calidad de funcionamiento usual o probable de cualquier otra red, ni tampoco de la misma red en otros momentos. Las cifras de la cláusula 1 se facilitan para resumir el caudal experimentado en una moderna red de paquetes cuando se solicita una clase de servicio de 64 kbit/s. En la cláusula 2 se presentan con el único objeto de recapitular un experimento en el cual la calidad de funcionamiento de la red fue mejor que la definida en la Recomendación X.135.

Esto significa que son muchos los factores que han influido en los valores obtenidos, entre los cuales se cita la configuración, la distribución de la carga y la topología específicas de la red, así como las reglas específicas de dimensionamiento de la red.

1 Pruebas con la red Telstra

En esta cláusula se resumen los resultados de mediciones internacionales de calidad de funcionamiento (tiempo de establecimiento de la comunicación y caudal) efectuadas en Australia. En el cuadro 1 se muestran resultados de tiempo de establecimiento de la comunicación. Los resultados de caudal se presentan en los cuadros 2 (9600 bit/s) y 3 (64 000 bit/s). Los resultados del tiempo de transferencia de paquetes de datos se muestran en el cuadro 4.

Estos resultados se presentan para indicar una calidad de funcionamiento típica para circuitos internacionales tipo B. Los resultados sólo son una indicación de la calidad de funcionamiento de un número limitado de enlaces internacionales, vistos desde una perspectiva australiana.

Debe señalarse que para las mediciones de caudal a 64 000 bit/s, algunos enlaces internacionales de alta velocidad sobrepasaron un caudal medio de 8000 bit/s, pero algunos otros sólo obtuvieron 4000 bit/s. Dado que las características de los sumideros son desconocidas, no es posible determinar si el sumidero controlaba por flujo la calidad de funcionamiento con respecto al caudal, o si la red real es la causa del menor valor de caudal. Este resultado sugiere la necesidad de caracterización de los sumideros a 64 000 bit/s.

1.1 Valores de retardo y de capacidad de caudal medidos en un tramo internacional B

Cuadro 1/Sup. 1 a la Rec. X.135 – Datos obtenidos en Australia del retardo de establecimiento de una comunicación en un tramo internacional tipo B

	Promedio	95%	Peor	Mejor
Alemania [64 kbit/s satélite]	580 ms	631 ms	2289 ms	430 ms
Reino Unido – interno [64 kbit/s satélite]	452 ms	483 ms	875 ms	373 ms
Reino Unido – Keybridge [64 kbit/s satélite]	630 ms	676 ms	768 ms	475 ms
Reino Unido – St. Botolphs [64 kbit/s satélite]	790 ms	850 ms	985 ms	718 ms
Suiza [vía EE.UU.]	672 ms	724 ms	893 ms	598 ms
EE.UU. – San Francisco [56 kbit/s terrenal]	645 ms	692 ms	4097 ms	454 ms
EE.UU. – Nueva York [56 kbit/s terrenal]	537 ms	632 ms	783 ms	417 ms
Japón [9,6 kbit/s satélite]	866 ms	923 ms	1146 ms	795 ms
Singapur [9,6 kbit/s terrenal]	114 ms	159 ms	433 ms	63 ms
Hong Kong [64 kbit/s terrenal]	158 ms	192 ms	351 ms	119 ms

1.2 Valores de retardo y de caudal en un tramo internacional B (9600 bit/s)

Cuadro 2/Sup. 1 a la Rec. X.135 – Datos obtenidos en Australia de calidad de funcionamiento con respecto al caudal en un tramo internacional tipo B a 9600 bit/s

	Promedio	95%	Peor	Mejor
Alemania [64 kbit/s satélite]	7963 bit/s	7688 bit/s	2434 bit/s	8305 bit/s
Reino Unido – interno [64 kbit/s satélite]	8248 bit/s	8047 bit/s	7934 bit/s	8495 bit/s
Reino Unido – Keybridge [64 kbit/s satélite]	5341 bit/s	5213 bit/s	5009 bit/s	5485 bit/s
Reino Unido – St. Botolphs [64 kbit/s satélite]	5631 bit/s	4941 bit/s	4916 bit/s	6285 bit/s
Suiza [vía EE.UU.]	4790 bit/s	4623 bit/s	4128 bit/s	4980 bit/s
EE.UU. – San Francisco [56 kbit/s terrenal]	4329 bit/s	4120 bit/s	3928 bit/s	4577 bit/s
EE.UU. – Nueva York [56 kbit/s terrenal]	4305 bit/s	4100 bit/s	3650 bit/s	4581 bit/s
Japón [9,6 kbit/s satélite]	4916 bit/s	4816 bit/s	4363 bit/s	5007 bit/s
Singapur [9,6 kbit/s terrenal]	5133 bit/s	4533 bit/s	3515 bit/s	5399 bit/s
Cabecera Internacional australiana	8770 bit/s	8771 bit/s	7039 bit/s	8778 bit/s

1.3 Valores de retardo y caudal en un tramo nacional B (64 000 bit/s)

Cuadro 3/Sup. 1 a la Rec. X.135 – Datos obtenidos en Australia de calidad de funcionamiento con respecto al caudal en un tramo internacional tipo B a 64 000 bit/s

	Promedio	95%	Peor	Mejor
Alemania [64 kbit/s satélite]	9292 bit/s	8971 bit/s	3396 bit/s	9624 bit/s
Reino Unido – interno [64 kbit/s satélite]	9531 bit/s	9351 bit/s	3923 bit/s	9787 bit/s
Reino Unido – Keybridge [64 kbit/s satélite]	5383 bit/s	5203 bit/s	3324 bit/s	5507 bit/s
Reino Unido – St. Botolphs [64 kbit/s satélite]	5626 bit/s	4931 bit/s	3514 bit/s	6282 bit/s
Suiza [vía EE.UU.]	4835 bit/s	4648 bit/s	4020 bit/s	4985 bit/s
EE.UU. – San Francisco [56 kbit/s terrenal]	4105 bit/s	1233 bit/s	476 bit/s	4592 bit/s
EE.UU. – Nueva York [56 kbit/s terrenal]	4380 bit/s	4171 bit/s	4071 bit/s	4581 bit/s
Japón [9,6 kbit/s satélite]	5500 bit/s	5367 bit/s	4557 bit/s	5619 bit/s
Singapur [9,6 kbit/s terrenal]	5230 bit/s	4892 bit/s	3565 bit/s	5393 bit/s
Cabecera Internacional australiana	14 986 bit/s	14 781 bit/s	14 349 bit/s	17 335 bit/s

1.4 Valores de retardo de transferencia de paquetes de datos en un tramo internacional B

Cuadro 4/Sup. 1 a la Rec. X.135 – Datos obtenidos en Australia del retardo de transferencia de paquetes unidireccional en un tramo internacional B

	Promedio	95%	Peor	Mejor
Alemania [64 kbit/s satélite]	424 ms	599 ms	774 ms	388 ms
Reino Unido – interno [64 kbit/s satélite]	362 ms	369 ms	379 ms	320 ms
Suiza [vía EE.UU.]	436 ms	451 ms	472 ms	422 ms
EE.UU. – San Francisco [56 kbit/s terrenal]	472 ms	518 ms	536 ms	422 ms
EE.UU. – Nueva York [56 kbit/s terrenal]	448 ms	506 ms	530 ms	404 ms
Japón [9,6 kbit/s satélite]	515 ms	529 ms	562 ms	506 ms
Singapur [9,6 kbit/s terrenal]	264 ms	218 ms	294 ms	252 ms

2 Pruebas con la red DATEX-P

En esta cláusula se resumen los resultados de mediciones internacionales de calidad de funcionamiento (retardo de establecimiento de la comunicación y caudal) efectuadas en la red DATEX-P. Los valores de retardo y de capacidad de caudal medidos en el tramo nacional A se presentan en el cuadro 5, y los valores de retardo y de capacidad de caudal en el tramo nacional B se muestran en el cuadro 6. Estas pruebas se efectuaron en enero de 1987.

2.1 Valores de retardo y de caudal en el tramo nacional A

El cuadro 5 presenta valores de retardo de establecimiento de la comunicación, retardo de transferencia de paquetes de datos, capacidad de caudal, y retardo de indicación de liberación medidos en una configuración DATEX-P seleccionada para representar este tramo nacional A de una conexión virtual internacional. Las mediciones se efectuaron durante la hora cargada en un conjunto representativo de conexiones. Estos resultados demuestran que la característica de retardo y de caudal obtenida en el tramo nacional A puede ser mucho mejor que la indicada por los valores del caso más desfavorable especificados en la Recomendación X.135.

2.2 Valores de retardo y de caudal en el tramo nacional B

El cuadro 6 presenta valores de retardo de establecimiento de la comunicación, retardo de transferencia de paquetes de datos, capacidad de caudal, y retardo de indicación de liberación medidos en una configuración DATEX-P seleccionada para representar este tramo nacional B de una conexión virtual internacional. La configuración medida incluye un circuito de satélite a 128 kbit/s. Las mediciones se efectuaron durante la hora cargada en un conjunto representativo de conexiones. Estos resultados demuestran que la característica de retardo y de caudal obtenida en el tramo nacional B puede ser mucho mejor que la indicada por los valores del caso más desfavorable especificados en la Recomendación X.135.

Cuadro 5/Sup. 1 a la Rec. X.135 – Valores de retardo y de capacidad de caudal medidos en el tramo nacional A

Estadístico	Valores medidos en el tramo nacional A			
	Mínimo	Medio	Percentil 95	Máximo
Retardo del establecimiento de la comunicación (ms)	388	450	517	588
Retardo de la transferencia de paquetes de datos (ms)	147	169	193	203
Capacidad de caudal (bit/s)	–	6287	–	–
Retardo de la indicación de liberación (ms)	85	107	142	180

NOTA 1 – Las mediciones recapituladas en este cuadro se realizaron en enero de 1987. Todos los valores comunicados se basan en mediciones realizadas en no menos de cinco trayectos diferentes, constituidos, cada uno de ellos por tres secciones, en la red DATEX-P. Cada valor de retardo comunicado es la media obtenida en por lo menos 100 mediciones individuales, que incluyan no menos de 20 mediciones en cada trayecto. El valor de capacidad de caudal comunicado es la media obtenida en 40 mediciones individuales, en cada una de las cuales se transfirieron por lo menos 450 paquetes.

NOTA 2 – Los valores del retardo de transferencia de paquetes de datos y de la capacidad de caudal se midieron utilizando paquetes con un campo de datos de usuario de 128 octetos. En las mediciones de la capacidad de caudal, la velocidad de señalización en las secciones de circuito de acceso fue de 9600 bit/s, el tamaño de la ventana de la capa paquete en las secciones de circuito de acceso fue 2, y el tamaño de la ventana, de la capa paquete, interna de la red fue 4. (La ventana interna de la red es una modalidad de implementación de la clase de caudal específica de la red en la cual las clases de caudal negociadas, más elevadas, pueden dar una mayor ventana interna de la red.)

NOTA 3 – Para la estimación de los valores del retardo de la indicación de liberación se midió el tiempo que transcurría entre la transmisión de un paquete de indicación de liberación y la recepción del correspondiente paquete de confirmación de liberación en la DSE liberante, y el resultado se dividió por 2. La confirmación de liberación tiene significado de extremo a extremo en la red DATEX-P.

NOTA 4 – Los valores de retardo comunicados no incluyen los retardos en las secciones de circuito de acceso, ni en los DTE.

Cuadro 6/Sup. 1 a la Rec. X.135 – Valores de retardo y de capacidad de caudal medidos en el tramo nacional B

Estadístico		Valores medidos en el tramo nacional B			
		Mínimo	Medio	Percentil 95	Máximo
Retardo del establecimiento de la comunicación (ms)		1040	1089	1126	1197
Retardo de la transferencia de paquetes de datos (ms)		471	495	531	537
Capacidad de caudal (bit/s)					
Tamaño de la ventana interna de la red	4	–	4127	–	–
	7	–	5350	–	–
	15	–	8595	–	–
Retardo de la indicación de liberación (ms)		406	432	455	468

NOTA 1 – Las mediciones recapituladas en este cuadro se realizaron en enero de 1987. Todos los valores comunicados se basan en mediciones realizadas en no menos de cinco trayectos diferentes constituidos, cada uno de ellos, por tres secciones (incluida una sección por satélite) en la red DATEX-P. Cada valor de retardo comunicado es la media obtenida en por lo menos 100 mediciones individuales, que incluían no menos de 20 mediciones en cada trayecto.

Cada uno de los valores de clase de caudal comunicado es la media obtenida en por lo menos 40 mediciones individuales, en cada una de las cuales se transfirieron no menos de 450 paquetes.

NOTA 2 – Los valores del retardo de transferencia de paquetes de datos se midieron utilizando paquetes de datos cuyo campo de datos de usuario tenía 128 octetos.

En cada medición, la velocidad de señalización en las secciones de circuito de acceso fue de 9600 bit/s y el tamaño de la ventana de la capa paquete en las secciones de circuito de acceso fue 2.

NOTA 3 – Para la estimación de los valores del retardo de indicación de liberación se midió el tiempo que transcurría entre la transmisión de un paquete de indicación de liberación y la recepción del correspondiente paquete de confirmación de liberación en la DSE liberante, y el resultado se dividió por 2. La confirmación de liberación tiene significado de extremo a extremo en la red DATEX-P.

NOTA 4 – Los valores de retardo comunicados no incluyen los retardos en las secciones de circuito de acceso, ni en los DTE.

NOTA 5 – Los valores medidos demuestran que el tamaño de la ventana interna de la red en la capa paquete puede influir mucho en la capacidad de caudal de los tramos de la conexión virtual que comprenden un circuito por satélite.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Z	Lenguajes de programación