



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**X.149**

(10/2003)

SERIE X: REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN  
ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

Redes públicas de datos – Aspectos de redes

---

**Calidad de funcionamiento de las redes del  
protocolo Internet soportadas por redes  
públicas de datos con retransmisión de tramas**

Recomendación UIT-T X.149

---

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

<b>REDES PÚBLICAS DE DATOS</b>	
Servicios y facilidades	X.1–X.19
Interfaces	X.20–X.49
Transmisión, señalización y conmutación	X.50–X.89
<b>Aspectos de redes</b>	<b>X.90–X.149</b>
Mantenimiento	X.150–X.179
Disposiciones administrativas	X.180–X.199
<b>INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS</b>	
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
<b>INTERFUNCIONAMIENTO ENTRE REDES</b>	
Generalidades	X.300–X.349
Sistemas de transmisión de datos por satélite	X.350–X.369
Redes basadas en el protocolo Internet	X.370–X.399
<b>SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE MENSAJES</b>	<b>X.400–X.499</b>
<b>DIRECTORIO</b>	<b>X.500–X.599</b>
<b>GESTIÓN DE REDES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS Y ASPECTOS DE SISTEMAS</b>	
Gestión de redes	X.600–X.629
Eficacia	X.630–X.639
Calidad de servicio	X.640–X.649
Denominación, direccionamiento y registro	X.650–X.679
Notación de sintaxis abstracta uno	X.680–X.699
<b>GESTIÓN DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS</b>	
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 y funciones de arquitectura de gestión distribuida abierta	X.730–X.799
<b>SEGURIDAD</b>	<b>X.800–X.849</b>
<b>APLICACIONES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS</b>	
Compromiso, concurrencia y recuperación	X.850–X.859
Procesamiento de transacciones	X.860–X.879
Operaciones a distancia	X.880–X.899
<b>PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO ABIERTO</b>	<b>X.900–X.999</b>

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

## **Recomendación UIT-T X.149**

### **Calidad de funcionamiento de las redes del protocolo Internet soportadas por redes públicas de datos con retransmisión de tramas**

#### **Resumen**

El objetivo fundamental de la presente Recomendación es proporcionar una estimación de la calidad de funcionamiento de la capa IP que se obtiene cuando se utiliza una infraestructura de red con retransmisión de tramas para proporcionar la capacidad de conexión de capa inferior destinada al transporte de los paquetes IP entre los encaminadores.

Se indica la correspondencia entre los parámetros de calidad de funcionamiento IP y de retransmisión de tramas. Se estiman valores numéricos para los parámetros de calidad de funcionamiento IP a partir de los valores objetivo especificados para los parámetros de calidad de funcionamiento con retransmisión de tramas de la Rec. UIT-T X.146.

Se presenta un modelo general de cálculo del retardo de transferencia. Este modelo puede utilizarse como ayuda a la planificación de redes. Del análisis presentado se obtiene un límite superior para la calidad de funcionamiento que podría alcanzar una red IP transportada sobre una red con retransmisión de tramas.

La correspondencia de calidad de funcionamiento entre las redes IP y FR especificadas se considera complementaria a la Rec. UIT-T Y.1541, ya que ésta es independiente de la tecnología en cuanto a la provisión de las capas físicas y de enlace. En consecuencia, la presente Recomendación no especifica objetivos de calidad de funcionamiento extremo a extremo aunque sí ilustra el modo en que podrían soportarse los objetivos de la Rec. UIT-T Y.1541.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T X.149 fue aprobada por la Comisión de Estudio 17 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 29 de octubre de 2003.

#### **Palabras clave**

Calidad de funcionamiento, redes IP, redes con retransmisión de tramas.

## 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 Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), 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 1 de la AMNT.

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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## 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 2004

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones.....	2
3.1 Definición de los parámetros de calidad de funcionamiento de retransmisión de tramas y de IP.....	2
4 Siglas .....	3
5 Convenios .....	4
6 Modelo general de interconexión de encaminadores IP mediante retransmisión de tramas.....	4
7 Modelo estratificado para la calidad de funcionamiento de los servicios IP.....	5
8 Modelo general de calidad de funcionamiento del servicio IP.....	6
8.1 Componentes de red, secciones de circuito y secciones de red.....	6
8.2 Trayecto de referencia para la evaluación de la calidad de servicio de UNI a UNI .....	6
9 Encapsulación de un paquete IP en una trama de retransmisión de tramas.....	8
10 Relación analítica entre los parámetros de calidad de funcionamiento IP y de retransmisión de tramas .....	8
10.1 Característica de pérdida .....	8
10.2 Característica de retardo .....	9
10.3 Característica de la variación del retardo IP (IPDV).....	9
11 Correspondencia entre la calidad de funcionamiento IP y las clases QoS con retransmisión de tramas .....	9
11.1 Correspondencia entre la FLR y la IPLR .....	10
11.2 Correspondencia entre el FRTD y el IPTD .....	10
12 Consecuencias para la planificación de las redes IP.....	11
Anexo A – Modelo general de retardo de transferencia .....	11
A.1 Modelo de retardo de transferencia .....	11
A.2 Componentes del retardo .....	13
Anexo B – Utilización del modelo de retardo de transferencia en la planificación de redes IP .....	14
B.1 Utilización del modelo de retardo de transferencia.....	14
B.2 Diseño de una sección IP que cumpla el objetivo IPTD de las clases 0 y 2 ..	15
Apéndice I – Repercusión del tamaño del paquete/trama sobre el retardo de transferencia IP .....	17
I.1 Estimación del retardo de transferencia de paquetes IP utilizando el modelo .....	17
Apéndice II – Utilización de la retransmisión de tramas para soportar las clases de servicio IP definidas en la Rec. UIT-T Y.1541 .....	19
II.1 Interconexión sencilla de encaminadores IP .....	19

	<b>Página</b>
II.2 Cálculo del retardo extremo a extremo .....	20
II.3 Estimación de la IPDV .....	22
II.4 Estimación de la tasa de pérdida de paquetes IP – IPLR .....	22
Apéndice III – Arquitectura general de una red IP .....	22
III.1 Arquitectura general de una red IP .....	22
III.2 Modelo de referencia de la red de acceso IP .....	23
Apéndice IV – Definición de los componentes de red, secciones de circuito y secciones de red .....	23
IV.1 Componentes de red .....	23
IV.2 Secciones de circuito y secciones de red .....	24
Apéndice V – Clases QoS de red IP (conforme a la Rec. UIT-T Y.1541) .....	25

## Recomendación UIT-T X.149

### Calidad de funcionamiento de las redes del protocolo Internet soportadas por redes públicas de datos con retransmisión de tramas

#### 1 Alcance

El objetivo fundamental de la presente Recomendación es especificar la calidad de funcionamiento extremo a extremo que podría alcanzar una red IP cuando la red troncal que proporciona la capacidad de conexión entre los encaminadores IP está soportada por una infraestructura de retransmisión de tramas. En la presente Recomendación no se especifican objetivos de calidad de funcionamiento extremo a extremo para las redes IP. Esta Recomendación proporciona una estimación de la calidad de funcionamiento de la capa IP cuando se utilizan redes públicas de datos con retransmisión de tramas para transportar los paquetes IP e indica cómo pueden soportarse las clases QoS IP definidas en la Rec. UIT-T Y.1541.

En esta Recomendación se presenta un análisis de la correspondencia entre los parámetros de calidad de funcionamiento con IP y con retransmisión de tramas. Los valores numéricos de los parámetros de calidad de funcionamiento IP previstos se obtienen de los valores objetivo especificados en la Rec. UIT-T X.146 para los parámetros de calidad de funcionamiento con retransmisión de tramas.

Se utiliza un modelo general para realizar un análisis de la calidad de funcionamiento prevista para los diversos tamaños de paquetes IP (correspondientes a diversas aplicaciones IP), así como de la repercusión de la infraestructura de la red con retransmisión de tramas (por ejemplo, de los troncales de transmisión internodos). De este análisis se obtiene un límite superior para la calidad de funcionamiento que podría alcanzar una red IP transportada sobre otra con retransmisión de tramas, ya que la infraestructura de red IP podría incrementar tanto el retardo de tránsito de los paquetes IP como la tasa de pérdida de paquetes IP.

La presente Recomendación, y especialmente la correspondencia entre los parámetros de calidad de funcionamiento de las redes con IP y con retransmisión de tramas, se considera complementaria a la Rec. UIT-T Y.1541, ya que ésta es independiente de la tecnología en cuanto a la provisión de las capas física y de enlace.

El alcance de la presente Recomendación se limita a aquellas redes IP cuyas infraestructuras de enlace están proporcionadas o soportadas por redes públicas de datos con retransmisión de tramas.

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del 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. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- Recomendación UIT-T E.651 (2000), *Conexiones de referencia para ingeniería de tráfico de redes de acceso con protocolo Internet*.
- Recomendación UIT-T G.114 (2003), *Tiempo de transmisión en un sentido*.
- Recomendación UIT-T G.1000 (2001), *Calidad de servicio de las comunicaciones: Marco y definiciones*.

- Recomendación UIT-T G.1010 (2001), *Categorías de calidad de servicio para los usuarios de extremo de servicios multimedios.*
- Recomendación UIT-T X.36 (2003), *Interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para redes públicas de datos que prestan servicios de transmisión de datos con retransmisión de tramas por circuitos especializados.*
- Recomendación UIT-T X.76 (2003), *Interfaz red-red entre redes públicas de datos que proporcionan el servicio de transmisión de datos con retransmisión de tramas en circuitos virtuales permanentes y/o circuitos virtuales conmutados.*
- Recomendación UIT-T X.140 (1992), *Parámetros generales de calidad de servicio para comunicación a través de redes públicas de datos.*
- Recomendación UIT-T X.144 (2003), *Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de información de usuario para redes públicas de datos con retransmisión de tramas.*
- Recomendación UIT-T X.145 (2003), *Parámetros de calidad para el establecimiento y el abandono de conexión en las redes públicas de datos con retransmisión de trama que proporcionan servicios de circuitos virtuales conmutados.*
- Recomendación UIT-T X.146 (2000), *Objetivos de calidad de funcionamiento y clases de calidad de servicios aplicables a la retransmisión de tramas.*
- Recomendación UIT-T Y.1221 (2002), *Control de tráfico y control de congestión en las redes basadas en el protocolo Internet.*
- Recomendación UIT-T Y.1231 (2000), *Arquitectura de red de acceso de protocolo Internet.*
- Recomendación UIT-T Y.1540 (2002), *Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes del protocolo Internet.*
- Recomendación UIT-T Y.1541 (2002), *Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet.*
- IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol, DARPA Internet Program Protocol Specification.*

### **3 Definiciones**

Los términos y definiciones empleados en esta Recomendación son coherentes con los definidos en las Recomendaciones UIT-T X.36, X.76, X.144, X.145, X.146, Y.1231, Y.1540 e Y.1541. En el apéndice III se presenta la arquitectura genérica de red correspondiente a una red IP conforme a la Rec. UIT-T Y.1231. En el apéndice IV se ofrece una descripción (basada en la Rec. UIT-T Y.1540) de los componentes de red junto con el circuito y secciones de red que constituyen los elementos mediante los que puede representarse cualquier servicio IP extremo a extremo.

#### **3.1 Definición de los parámetros de calidad de funcionamiento de retransmisión de tramas y de IP**

Se reproducen aquí las definiciones de tasa de pérdida IP y de tasa de pérdida de tramas (con arreglo a la Rec. UIT-T Y.1540) para mayor claridad.

##### **3.1.1 Parámetros de calidad de funcionamiento de los paquetes IP**

**3.1.1.1 tasa de pérdida de paquetes IP (IPLR, *IP packet loss ratio*):** La tasa de pérdida de paquetes IP es la relación entre el total de resultados de paquetes IP perdidos y el total de paquetes

IP transmitidos en una población de interés. "Resultado paquete de protocolo de Internet perdido" y "Población de interés" se definen en la Rec. UIT-T Y.1540.

**3.1.1.2 retardo de transferencia de paquetes IP (IPTD, *IP packet transfer delay*):** El retardo de transferencia de paquetes IP se define para todos los resultados paquetes satisfactorios y con errores a través de una sección básica o un NSE. El IPTD es el tiempo ( $t_2 - t_1$ ) que transcurre entre la ocurrencia de dos eventos de referencia de paquetes IP correspondientes, evento de ingreso IPRE<sub>1</sub> en el momento  $t_1$  y evento de egreso IPRE<sub>2</sub> en el momento  $t_2$ , siendo ( $t_2 > t_1$ ) y ( $t_2 - t_1$ ) <  $T_{m\acute{a}x}$ . El conjunto de secciones de red (NSE, *network section ensemble*) y el evento de referencia de transferencia de paquetes IP (IPRE, *IP packet transfer reference events*) se definen en la Rec. UIT-T Y.1540.

### 3.1.2 Parámetros de calidad de funcionamiento de la retransmisión de tramas

Se reproducen aquí las definiciones de tasa de pérdida de tramas y de retardo de transferencia de tramas (con arreglo a X.144) para mayor claridad.

**3.1.2.1 tasa de pérdida de tramas:** La tasa de pérdida de tramas (FLR, *frame loss ratio*) de información de usuario se define del siguiente modo:

$$FLR = \frac{FL}{FL + FS + FE}$$

donde, en una población específica:

- $FS$  es el número total de resultados de tramas transferidas satisfactoriamente;
- $FL$  es el número total de resultados de tramas perdidas; y
- $FE$  es el número total de resultados de tramas con errores residuales.

Los valores objetivo de la tasa de pérdida de tramas especificados en las clases QoS de retransmisión de tramas en la Rec. UIT-T X.146, corresponden a un caso particular de la tasa anterior. Se trata de  $FLR_C$ . La FLR de las tramas marcadas con el bit de elegibilidad de descarte puesto a cero DE = 0 debería permanecer relativamente constante siempre que el tráfico total con DE = 0 no sobrepase la velocidad de información concertada (CIR, *committed information rate*). Si la red acepta todas las tramas conformes,  $FLR_C$  es la probabilidad de que una trama con DE = 0 aceptada como conforme se pierda en algún momento posterior. Las tramas con DE = 0 retransmitidas con el bit DE modificado a DE = 1 se incluyen en el cálculo de  $FLR_C$ .

**3.1.2.2 retardo de transferencia de tramas de información del usuario:** El retardo de transferencia de tramas (FTD, *frame transfer delay*) de información de usuario se define del siguiente modo:

$$FTD = t_2 - t_1$$

donde, en una población específica:

- $t_1$  es el instante de ocurrencia del primer FE (evento de referencia de capa de trama).
- $t_2$  es el instante de ocurrencia del segundo FE.
- $t_2 - t_1 \leq T_{m\acute{a}x}$

y  $T_{m\acute{a}x}$  es el valor utilizado en la definición de un resultado satisfactorio de trama transferida.

## 4 Siglas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

CPE	Equipo en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
CPN	Red en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises network</i> )
DBDJ	Fluctuación de retardo de bloques de datos ( <i>data block delay jitter</i> )

DBDR	Tasa de bloques de datos entregados ( <i>data block delivered ratio</i> )
DBLR	Tasa de pérdida de bloques de datos ( <i>data block loss ratio</i> )
DBTD	Retardo de transferencia de bloques de datos ( <i>data block transfer delay</i> )
DST	Destino ( <i>destination</i> )
FCS	Secuencia de verificación de trama ( <i>frame check sequence</i> )
FLR	Tasa de pérdida de tramas ( <i>frame loss ratio</i> )
FR	Retransmisión de tramas ( <i>frame relay</i> )
FTD	Retardo de transferencia de tramas ( <i>frame transfer delay</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IPDV	Variación del retardo de IP ( <i>IP delay variation</i> )
IPLR	Tasa de pérdida de paquetes IP ( <i>IP packet loss ratio</i> )
IPRE	Evento de referencia de transferencia de paquetes IP ( <i>IP packet transfer reference event</i> )
IPTD	Retardo de transferencia de paquetes IP ( <i>IP packet transfer delay</i> )
PVC	Conexión virtual permanente o circuito virtual permanente ( <i>permanent virtual connection or permanent virtual circuit</i> )
RPDRT	Red pública de datos con retransmisión de tramas
SRC	Origen ( <i>source</i> )
SVC	Conexión virtual conmutada o circuito virtual conmutado ( <i>switched virtual connection or switched virtual circuit</i> )
TE	Equipo terminal ( <i>terminal equipment</i> )
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user network interface</i> )
VC	Conexión virtual ( <i>virtual connection</i> )

## 5 Convenios

En esta Recomendación pueden utilizarse indistintamente las expresiones "red pública de datos con retransmisión de tramas" y "red pública de datos que presta el servicio de transmisión de datos con retransmisión de tramas".

## 6 Modelo general de interconexión de encaminadores IP mediante retransmisión de tramas

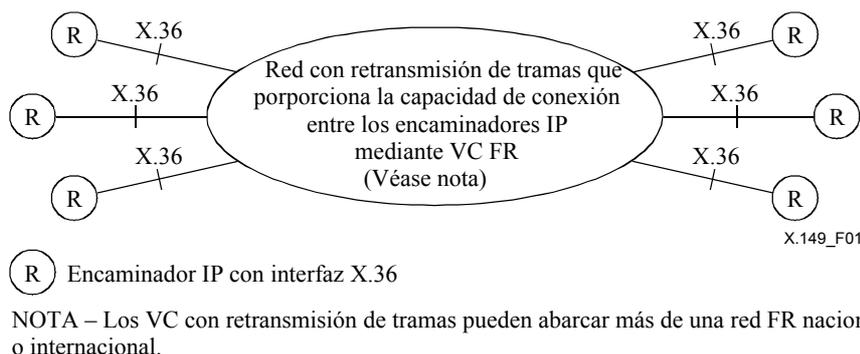
La figura 1 representa un modelo general para la interconexión de encaminadores IP mediante conexiones virtuales con retransmisión de tramas. Este modelo se puede utilizar tanto en el caso de que los encaminadores IP sean equipos terminales CPE como cuando las pasarelas y los encaminadores intermedios pertenecen a los proveedores con servicios IP. En este modelo se supone que los encaminadores IP están conectados a la red con retransmisión de datos mediante interfaces que utilizan los protocolos y formatos de tramas definidos en la Rec. UIT-T X.36. El modelo es aplicable tanto al caso de SVC como al de PVC. Este modelo es una particularización del modelo de arquitectura general de redes IP definido en la Rec. UIT-T Y.1231 (véase el apéndice III).

La figura 1 representa un modelo de referencia generalizado para un entorno IP en el que los elementos básicos de infraestructura de una red IP (es decir los equipos de encaminamiento IP) se interconectan por medio de circuitos virtuales suministrados por las redes públicas de datos con retransmisión de tramas (RPDRT). Además, la configuración de referencia también contempla el caso en que la conexión virtual con retransmisión de tramas se suministra a través de varias

RPDRT; es decir las conexiones virtuales con retransmisión de tramas pueden abarcar más de una red de tránsito nacional o internacional. En estos casos se supone que las redes públicas de datos con retransmisión de tramas se interconectan por medio de la interfaz red-red definida en la Rec. UIT-T X.76.

En el contexto de la presente Recomendación, las conexiones virtuales con retransmisión de tramas sólo se utilizan para establecer la capacidad de conexión entre un par de encaminadores IP. Por consiguiente, al crear una red IP, la capacidad de conexión requerida puede ser suministrada por una diversidad de redes con retransmisión de tramas. Cada encaminador puede tener varias UNI FR con objeto de conectarse a las diversas redes con retransmisión de tramas.

NOTA – Es probable que al crear una red IP los enlaces de interconexión se apoyen en una diversidad de tecnologías de capa inferior una de las cuales sea la retransmisión de tramas.

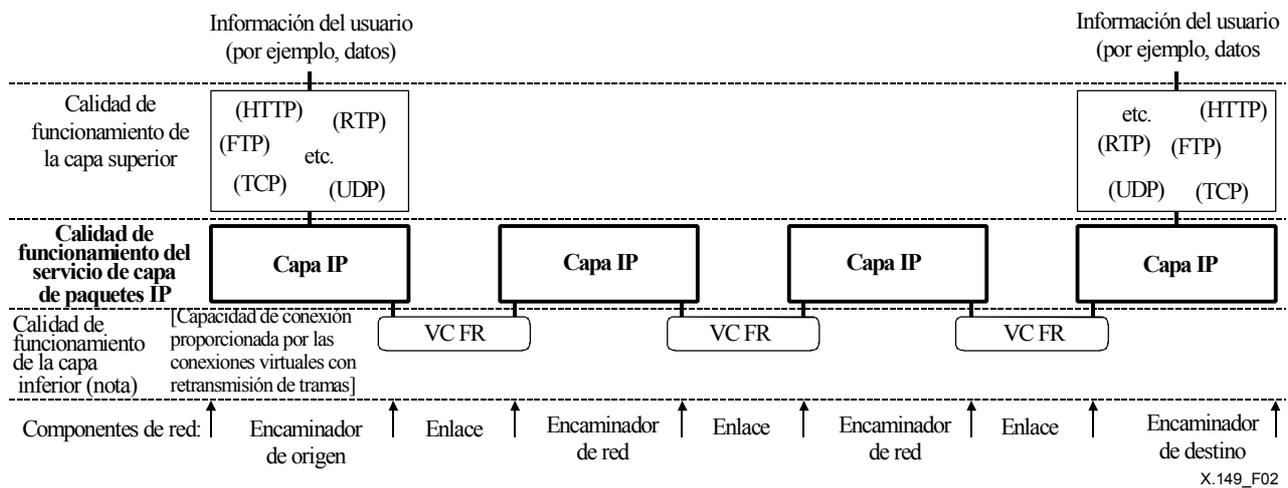


**Figura 1/X.149 – Utilización de VC con retransmisión de tramas para la interconexión de encaminadores IP**

## 7 Modelo estratificado para la calidad de funcionamiento de los servicios IP

La figura 2 (adaptación del modelo estratificado de calidad de funcionamiento definido en la Rec. UIT-T Y.1540) ilustra el carácter estratificado de la calidad de funcionamiento del servicio IP. (En el ámbito de esta Recomendación se supone que la infraestructura de retransmisión de tramas proporciona la capacidad de conexión de capa inferior.) La calidad de funcionamiento ofrecida a los usuarios del servicio IP depende de la calidad de funcionamiento de otras capas:

- De las capas inferiores que proporcionan (mediante "enlaces con retransmisión de tramas") el transporte con conexión que da soporte a la capa IP. Los enlaces terminan en los puntos en los que se entregan los paquetes IP (o sea en los encaminadores de red, en los encaminadores de origen y en los encaminadores de destino) y por consiguiente no tienen trascendencia extremo a extremo.
- De la capa IP que proporciona el transporte sin conexión de los datagramas IP (o sea de los paquetes IP). La capa tiene trascendencia extremo a extremo para un determinado par de direcciones IP origen y destino. Los encaminadores de red pueden modificar determinados elementos de los encabezamientos de los paquetes IP, aunque los datos de usuario IP no pueden modificarse en la capa IP ni por debajo de ella.
- De las capas superiores, soportadas por IP, que hacen posible a su vez las comunicaciones extremo a extremo. Entre las capas superiores se pueden encontrar, por ejemplo, TCP, UDP, FTP, RTP y HTTP. Las capas superiores modifican la calidad de funcionamiento extremo a extremo proporcionada en la capa IP, pudiendo incluso mejorarla.



NOTA – Sólo a efectos ilustrativos, hay 3 ejemplares de VC FR que proporcionan la capacidad de conexión de capa inferior.

**Figura 2/X.149 – Ejemplo de modelo estratificado de la calidad de funcionamiento del servicio IP**

## 8 Modelo general de calidad de funcionamiento del servicio IP

En esta cláusula se utiliza el modelo de calidad de funcionamiento del servicio IP definido en la Rec. UIT-T Y.1541. Este modelo se compone principalmente de dos tipos de secciones: secciones de red IP y secciones de circuito (enlaces interred que proporcionan la capacidad de conexión de capa inferior). Estas secciones se definen formalmente en 5.2/Y.1540 (véase asimismo el apéndice IV). En esta Recomendación se contempla el caso de que los elementos básicos de infraestructura de una red IP (es decir el equipo de encaminamiento IP) estén interconectados por circuitos virtuales suministrados por redes públicas de datos con retransmisión de tramas.

### 8.1 Componentes de red, secciones de circuito y secciones de red

El apéndice IV contiene una descripción de los componentes de red junto con las secciones de circuito y de red que proporcionan los elementos que permiten representar cualquier servicio IP extremo a extremo.

NOTA – El apéndice IV está alineado técnicamente con las cláusulas 5.1 y 5.2/Y.1540 aunque se ha particularizado para el caso en que la retransmisión de tramas proporciona la capacidad de conexión de capa inferior.

### 8.2 Trayecto de referencia para la evaluación de la calidad de servicio de UNI a UNI

La figura 3 presenta un trayecto de referencia para la evaluación de la calidad de funcionamiento extremo a extremo de un flujo de paquetes IP. El trayecto de red IP de UNI a UNI comprende un conjunto de secciones de red (NS, *network sections*) IP y de enlaces interred que proporcionan el transporte, de la UNI del origen a la UNI del destino, de los paquetes IP transmitidos. En el ámbito de esta Recomendación se supone que las secciones interred se realizan mediante conexiones virtuales con retransmisión de tramas. Una sección de red IP puede constar de uno más encaminadores IP. Se supone asimismo que los encaminadores de una sección de red IP se interconectan por medio de circuitos virtuales con retransmisión de tramas.

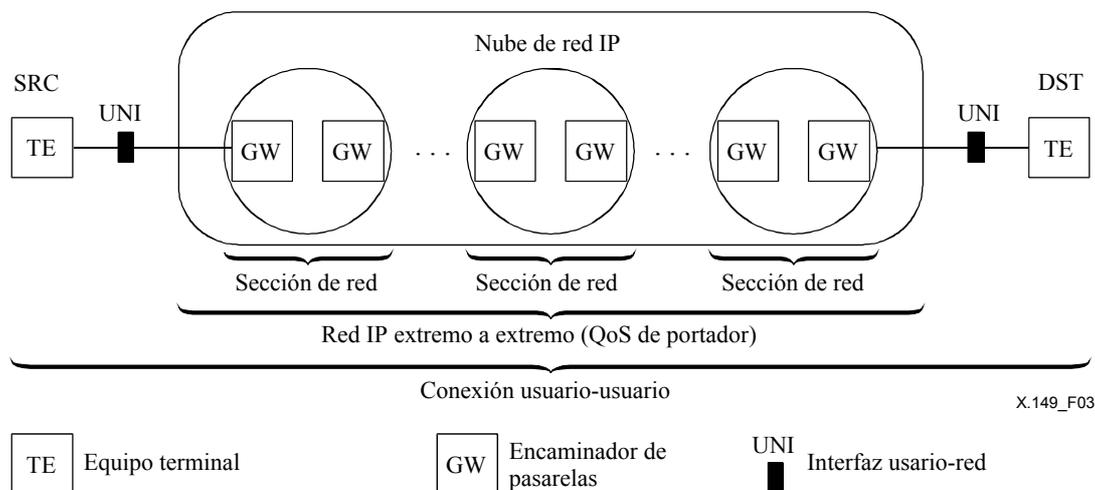
NOTA – Los objetivos de calidad de funcionamiento definidos en la Rec. UIT-T Y.1541 son aplicables de interfaz de red de usuario a interfaz de red de usuario. Los objetivos de calidad de funcionamiento de UNI a UNI se definen para los parámetros de calidad de funcionamiento IP correspondientes a los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP (IPRE).

Los trayectos de referencia IP tienen, de conformidad con la Rec. UIT-T Y.1541, los siguientes atributos:

- 1) Las nubes IP pueden soportar conexiones usuario-usuario, usuario-anfitrión y otras variedades de punto extremo.
- 2) Las secciones de red IP pueden representarse por nubes con encaminadores de pasarela en los bordes y algunos encaminadores interiores con diversas funciones.
- 3) El número de secciones de red IP de un determinado trayecto puede depender de la clase de servicio ofrecida, junto con la complejidad y dimensión geográfica de cada sección de red IP.
- 4) Un trayecto IP puede comprender una o varias secciones de red.
- 5) Las secciones de red IP que soportan los paquetes de un flujo pueden variar mientras dura éste.

La capacidad de conexión IP suele traspasar fronteras internacionales, no ajustándose a los tradicionales convenios de la UIT para la conmutación de paquetes en los tramos de red nacional e internacional. Por ejemplo es posible que no existan pasarelas identificables en una frontera internacional si se utiliza la misma sección de red IP en ambos lados de la frontera.

En el contexto de la presente Recomendación, la capacidad de conexión de flujo IP extremo a extremo se proporciona mediante la concatenación de encaminadores IP, conmutadores con retransmisión de tramas y enlaces de transmisión. Por este motivo la calidad de funcionamiento extremo a extremo (caracterizada por la pérdida de paquetes, el retardo de transferencia y la fluctuación) de un flujo IP se verá afectada tanto por el nivel de complejidad de la red como por la distancia geográfica cubierta.



**Figura 3/X.149 – Trayecto de referencia UNI-UNI para la evaluación de los objetivos de QoS IP**

En particular, contribuirán a la calidad de funcionamiento los siguientes componentes del trayecto:

- La velocidad de transmisión de la línea de acceso (origen y destino).
- Los encaminadores de pasarela IP (origen y destino).
- Los encaminadores intermedios del trayecto del flujo IP.
- Las contribuciones de las conexiones virtuales con retransmisión de tramas (conmutadores FR, velocidad del enlace de transmisión y retardo de propagación).

En el anexo A se expone un modelo general para el cálculo del retardo de transferencia, así como información sobre la repercusión del tamaño del paquete/trama y de la velocidad de transmisión sobre el retardo de transferencia.

## 9 Encapsulación de un paquete IP en una trama de retransmisión de tramas

En la figura 4 se representa el formato utilizado para la encapsulación de datagramas IP en tramas de retransmisión de tramas como se especifica en el anexo D/X.36. El identificador de protocolo se pone a hexadecimal CC.

8	7	6	5	4	3	2	1	Octeto
Bandera								1
Primer octeto del campo de dirección								2
Segundo octeto del campo de dirección								3
Campo de control de la trama UI = Hexadecimal 03								4
Identificador de protocolo puesto a hexadecimal CC								5
Datagrama IP								6 a N - 3
Primer octeto de la secuencia de verificación de trama								N - 2
Segundo octeto de la secuencia de verificación de trama								N - 1
Bandera								N

**Figura 4/X.149 – Encapsulación de un datagrama IP en una trama X.36**

NOTA 1 – En 8.2.6/X.36 se especifica que todas las redes de retransmisión de tramas deberán soportar un tamaño de campo de información de retransmisión de tramas de 1600 octetos como mínimo.

NOTA 2 – 1500 bytes es el máximo que se suele definir para los paquetes Ethernet.

## 10 Relación analítica entre los parámetros de calidad de funcionamiento IP y de retransmisión de tramas

Para desarrollar una relación analítica entre cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento definidos para las capas IP y las de retransmisión de tramas, se supone que cada paquete IP se encapsula en una única trama. Tanto el protocolo FR como el IP admiten diversos tamaños de tramas y paquetes. Por consiguiente, en el siguiente análisis se supone que no es necesaria la segmentación del paquete IP en varias tramas FR. La repercusión de la segmentación queda en estudio. Dado que los paquetes IP pueden tener distintos tamaños dependiendo de las aplicaciones, las tramas FR resultantes tendrán asimismo distintos tamaños.

### 10.1 Característica de pérdida

Considérese la tasa de pérdida de paquetes IP (*IPLR*, *IP packet loss ratio*). La probabilidad de pérdida de una sola trama viene dada por la tasa de pérdida de tramas (*FLR*, *frame loss ratio*) definida en la cláusula 3. Dado que cada paquete IP se encapsula en una única trama, la probabilidad de pérdida de un paquete IP coincide con la de la pérdida de una trama FR.

Por consiguiente, la pérdida mínima de paquetes IP viene dada por:  $IPLR = FLR$ .

Las tramas con errores se descartan en los manejadores de tramas de las redes de retransmisión de tramas. Por consiguiente, la característica de error se traduce sencillamente en pérdidas en la capa de tramas. Por consiguiente, la pérdida de paquetes IP incluye las debidas a errores en la capa física. No obstante, la relación anterior supone que los encaminadores IP no contribuyen significativamente a la pérdida de paquetes IP. La anterior relación puede utilizarse para obtener el nivel de soporte de calidad de funcionamiento de la red con retransmisión de tramas proporcionado a la capa IP. Además, esta relación es independiente del tamaño de los paquetes IP.

## 10.2 Característica de retardo

En el caso de característica de retardo es fácil observar asimismo que el retardo medio de transferencia de paquetes IP está relacionado directamente con el retardo medio de transferencia de tramas.

Por consiguiente, el retardo mínimo de transferencia de paquetes IP viene dado por:  $IPTD = FTD$ .

En una primera aproximación, el retardo de procesamiento de paquetes IP se considera constante y se desprecia. (Cabe esperar que el retardo de procesamiento y de espera en cola en un encaminador IP sea al menos un orden de magnitud menor que el retardo de tránsito extremo a extremo.) La anterior ecuación supone que el retardo de tránsito experimentado por los paquetes IP transportados por una red con retransmisión de tramas es idéntico al de las tramas. Los objetivos numéricos del retardo de transferencia de tramas de la Rec. UIT-T X.146 se especifican para tramas de 256 bytes de longitud. Si los paquetes (tramas) IP fueran de mayor tamaño, el retardo experimentado habría de calcularse por separado.

El anexo A proporciona un modelo general para el cálculo del retardo de transferencia correspondiente a diversos tamaños de paquetes y velocidades de transmisión del enlace.

## 10.3 Característica de la variación del retardo IP (IPDV)

La variación del retardo de IP (IPDV, *IP delay variation*) se define en la Rec. UIT-T Y.1541 como el retardo máximo de transferencia IP (IPTD<sub>máx</sub>) menos el retardo mínimo de transferencia IP (IPTD<sub>mín</sub>) durante un determinado intervalo de medida, consistente en un número estadísticamente significativo de mediciones del retardo (N).

Dado que los paquetes IP están encapsulados en una única trama, en una primera aproximación podemos considerar que la variación del retardo IP es equivalente a la fluctuación del retardo de trama. No obstante, en condiciones de tráfico intenso es probable que los encaminadores IP contribuyan a una variación adicional del retardo.

Así pues, la variación mínima del retardo IP vendrá dada por:  $IPDV = FDJ$ .

### 10.3.1 Componentes de la IPDV

Dado que el trayecto extremo a extremo es una concatenación de enlaces de acceso, encaminadores IP, conmutadores con retransmisión de tramas y enlaces de transmisión, todos los nodos (es decir los encaminadores IP y los conmutadores con retransmisión de tramas) a lo largo del camino pueden contribuir a la IPDV extremo a extremo.

### 10.3.2 Evaluación de la IPDV

Al evaluar la IPDV extremo a extremo debe considerarse que el comportamiento de este parámetro se acumula análogamente a la desviación típica de las variables aleatorias aproximadamente independientes. Cuando las variables aleatorias independientes se suman, la desviación típica resultante es aproximadamente igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados. Puede observarse que los IPTD asignados suman más que la IPDV extremo a extremo. El cálculo de la IPDV para los  $k$  nodos se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$IPDV = \sqrt{\sum_k IPDV_k^2}$$

## 11 Correspondencia entre la calidad de funcionamiento IP y las clases QoS con retransmisión de tramas

El cuadro 1 muestra las clases QoS con retransmisión de tramas y los objetivos numéricos para cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento especificados en la Rec. UIT-T X.146.

**Cuadro 1/X.149 – Objetivos de calidad de funcionamiento de la clase de servicio con retransmisión de tramas (con arreglo a la Rec. UIT-T X.146)**

Clase FR	Soporte de red	FLR <sub>C</sub>	FTD (ms)
0	Obligatorio, clase por defecto	Sin límite superior especificado	Sin límite superior especificado
1	Obligatorio	Valor $< 1 \times 10^{-3}$	95ª percentil $< 400$
2	Opcional	Valor $< 3 \times 10^{-5}$	95ª percentil $< 400$
3	Opcional	Valor $< 3 \times 10^{-5}$	95ª percentil $< 150$

Estos objetivos numéricos pueden utilizarse en las relaciones analíticas (definidas en 10.1 y 10.2) para obtener una estimación de la calidad de funcionamiento del nivel IP que cabe esperar al utilizar las diversas clases de servicio QoS con retransmisión de tramas.

### 11.1 Correspondencia entre la FLR y la IPLR

El cuadro 2 muestra la correspondencia de la tasa de pérdida. El cuadro 3 muestra los valores de IPLR correspondientes a cada una de las clases de servicio QoS con retransmisión de tramas.

**Cuadro 2/X.149 – Valores IPLR obtenidos con la relación analítica  $IPLR=FLR$**

FLR	IPLR
$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$
$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$

**Cuadro 3/X.149 – Valores IPLR correspondientes a las clases de servicio QoS con retransmisión de tramas**

Clase de servicio QoS con retransmisión de tramas	FLR con retransmisión de tramas	IPLR 40 bytes	IPLR 576 bytes	IPLR 1500 bytes
1	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$
2	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$
3	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$

### 11.2 Correspondencia entre el FRTD y el IPTD

Los resultados de la correspondencia entre el IPTD y el FTD con retransmisión de tramas se resumen en el cuadro 4. Se muestran para mayor comodidad los resultados de los cálculos correspondientes a los enlaces de 1,544 Mbit/s en la conexión de referencia. Los valores de IPTD para los paquetes IP de 40 bytes son muy inferiores al objetivo especificado de 400 ms por lo que no se muestran aquí.

**Cuadro 4/X.149 – Valores IPTD correspondientes al objetivo de retardo de la clase de servicio con retransmisión de tramas**

Clase de servicio con retransmisión de tramas	Percentil 95 de FTD (con arreglo a la Rec. UIT-T X.146)	Estimación del percentil 95 del IPTD (Nota)		
		Tamaño de trama 256 bytes	< 256 bytes	576 bytes
1	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
2	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
3	150 ms	150 ms	180 ms	265 ms

NOTA – La estimación del IPTD utiliza el modelo de retardo descrito en el anexo A. Esta estimación se basa en una red FR de referencia consistente en 19 conmutadores FR, que utilizan enlaces de transmisión a 1,544 Mbit/s salvando una distancia tal que el objetivo de retardo de transferencia de tramas calculado para las tramas de 256 bytes en cada clase de servicio se alcanza justamente. La utilización de enlaces de transmisión de mayor velocidad reducirá el retardo de los paquetes de gran tamaño. Véase en el apéndice I la obtención de los valores del IPTD para paquetes de 576 y 1500 bytes.

## 12 Consecuencias para la planificación de las redes IP

Los resultados de las correspondencias de la cláusula 11 indican que la característica de pérdida de la capa IP es independiente del tamaño de los paquetes cuando éstos se transportan en tramas. Esto se debe al hecho de que los objetivos de pérdida con retransmisión de tramas en las clases de servicio de retransmisión de tramas de la Rec. UIT-T X.146 se aplican a todas las tramas comprometidas con independencia de su tamaño.

Los valores de la calidad de funcionamiento de la capa IP son además idénticos a los de retransmisión de tramas cuando se utiliza la encapsulación sencilla de paquetes IP en tramas. En el caso de la característica de retardo, el tamaño de los paquetes IP repercute en el retardo extremo a extremo experimentado por el paquete cuando se encapsula en una trama y se transporta por una RPDRT. Los objetivos de retardo de transferencia de tramas especificados para las clases QoS con retransmisión de tramas corresponden a tramas de 256 bytes de tamaño. Las tramas de mayor tamaño tendrán mayores retardos de carga, lo que repercutirá en el retardo de paquetes IP extremo a extremo alcanzable. En la Rec. UIT-T Y.1541 se especifica un tamaño de paquete IP de 1500 octetos para evaluar la calidad de funcionamiento. En el anexo A se presenta un modelo general para el cálculo del retardo extremo a extremo. Este modelo general puede utilizarse en la planificación de redes IP como se muestra en el anexo B.

## Anexo A

### Modelo general de retardo de transferencia

#### A.1 Modelo de retardo de transferencia

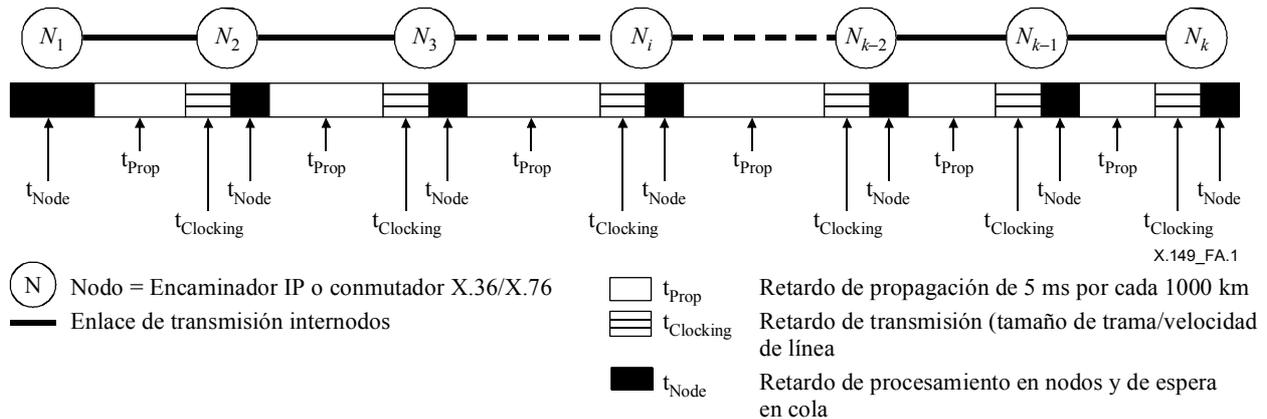
En este anexo se describe un modelo que puede utilizarse para estimar el retardo de transferencia de un flujo IP cuando la interconexión de los encaminadores IP se realiza mediante conexiones virtuales con retransmisión de tramas.

En la figura A.1 se representa un modelo que ilustra los componentes del retardo extremo a extremo. El retardo de transferencia extremo a extremo no es más que la suma de las contribuciones

del retardo de carga (transmisión) de cada nodo (conmutador FR o encaminador IP), del retardo de propagación (dependiente de la distancia – 5 ms por cada 1000 km de conexión terrenal) de los troncales de transmisión que conectan los nodos y de los retardos de espera en cola y de procesamiento de cada nodo.

El retardo de tránsito de la red puede calcularse mediante un sencillo modelo que consiste en una concatenación del retardo de cada nodo y del de los enlaces de transmisión internodos.

Utilizando este modelo (representado en la figura A.1) una conexión activa puede representarse por una serie de  $(k - 1)$  enlaces de transmisión ( $l_1$  a  $l_{k-1}$ ) que interconectan  $k$  nodos ( $N_1$  a  $N_k$ ).



**Figura A.1/X.149 – Modelo que ilustra los componentes del retardo de transferencia**

Se definen los siguientes parámetros:

- $D_i$  es el retardo medio de procesamiento y de espera en cola de un nodo  $N_i$  del trayecto.
- $D_{wc_i}$  es el máximo retardo de procesamiento y de espera en cola (caso más desfavorable) de un nodo  $N_i$  del trayecto.
- $L_i$  es el retardo de carga (tiempo de transmisión) en cada enlace de transmisión internodos  $l_i$ .
- $T_i$  es el retardo de propagación (dependiente de la distancia) en cada enlace de transmisión internodos  $l_i$ .

El retardo de transferencia medio (o, alternativamente, el límite superior/caso más desfavorable) a través de la red se calcula fácilmente como

$$Mean\_Delay = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$$

$$Mean\_Delay = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_{Dwc_i}$$

La obtención del límite inferior es inmediata cuando el retardo de nodo ( $D_i$ ) se hace igual a cero.

Debe observarse que las anteriores expresiones son totalmente generales en el sentido de que los retardos de procesamiento de los nodos ( $D_i$ ) y los retardos de carga de los enlaces ( $L_i$ ) pueden variar a lo largo del trayecto. Los nodos pueden ser o bien conmutadores FR o bien encaminadores IP.

## A.2 Componentes del retardo

### A.2.1 Retardo de nodo

El retardo de nodo representa el retardo a través de un nodo individual (encaminador IP o conmutador FR). Este retardo de nodo puede dividirse a su vez en dos componentes: retardo de espera en cola y retardo de encaminamiento/conmutación. El retardo de encaminamiento/conmutación es el que corresponde al procesamiento de una trama a través del conmutador FR, o al de un paquete a través de un encaminador IP, siendo mínimo cuando no hay tramas/paquetes en cola en el conmutador/encaminador. El retardo de espera en cola refleja el tráfico que ha de conmutarse a través de un nodo, y representa la congestión que puede alcanzarse en los conmutadores o en los encaminadores y el retardo adicional resultante que sufren las tramas/paquetes que esperan salir de la cola.

NOTA – Los retardos de nodo medios en una red de transmisión de tramas pueden determinarse a partir de las mediciones del retardo global extremo a extremo, restándole los retardos de propagación y de carga, conocidos y fijos, de la conexión FR. Los retardos de conmutación puede obtenerse generalmente de la documentación del fabricante de los equipos.

El cuadro A.1 muestra retardos típicos de cola y conmutación para nodos de acceso y centrales con retransmisión de tramas.

**Cuadro A.1/X.149 – Ejemplos de contribución al retardo de los nodos de acceso FR y de los nodos centrales FR**

Componente de retardo del nodo con retransmisión de tramas	Valor típico
Nodo de acceso FR – retardo de espera en cola	2,5 ms
Nodo de acceso FR – retardo de conmutación	~ 50 $\mu$ s
Nodo central FR – retardo de espera en cola	~1 a 2 ms
Nodo central FR – retardo de conmutación	~ 50 $\mu$ s

**Cuadro A.2/X.149 (correspondiente al cuadro III.1/Y.1541) – Ejemplos de contribuciones de retardo típicas por función del encaminador IP**

Función del encaminador IP	Retardo medio total (suma de cola y procesamiento)	Variación del retardo
Pasarela de acceso	10 ms	16 ms
Pasarela de interfuncionamiento	3 ms	3 ms
Distribución	3 ms	3 ms
Central	2 ms	3 ms

NOTA – La contribución del encaminador a los diversos parámetros puede variar de acuerdo con su función. Las pasarelas de interfuncionamiento suelen tener características de calidad de funcionamiento distintas de las pasarelas de acceso.

### A.2.2 Retardo de carga

El retardo de carga lo origina el hecho de que un nodo deba esperar a que una trama (o paquete) completo se cargue en memoria, antes de poder comenzar el procesamiento o conmutación de dicha trama (o paquete). Depende tanto de la longitud de las tramas como de la velocidad a la que éstas se introducen en el equipo. El cuadro A.3 proporciona diversos retardos de carga calculados para distintas velocidades de transmisión y tamaños de trama. El retardo de carga de las secciones del circuito de acceso y de las secciones del circuito interred puede llegar a ser un componente

importante del retardo de transferencia extremo a extremo, especialmente cuando se transportan tramas de gran tamaño por enlaces de transmisión de baja velocidad.

NOTA – A los efectos de la presente Recomendación, se entiende por baja velocidad las velocidades de transmisión inferiores a 1,5 Mbit/s.

**Cuadro A.3/X.149 – Retardo de carga para diversas velocidades de transmisión y tamaños de trama**

Velocidad de transmisión	Tamaño de trama (campo de información FR) (nota)						
	48 bytes	64 bytes	128 bytes	256 bytes	512 bytes	1024 bytes	1500 bytes
64 kbit/s	6,4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	128 ms	188 ms
128 kbit/s	3,25 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	94 ms
256 kbit/s	1,63 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	47 ms
512 kbit/s	0,81 ms	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	23,5 ms
1024 kbit/s	406 µs	0,5 ms	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	11,8 ms
1544 kbit/s	269 µs	0,35 ms	0,68 ms	1,35 ms	2,67 ms	5,3 ms	7,8 ms
2048 kbit/s	203 µs	0,25 ms	0,5 ms	1 ms	2 ms	4 ms	5,8 ms
34 368 kbit/s	12 µs	16 µs	31 µs	61 µs	120 µs	240 µs	350 µs
44 736 kbit/s	9,3 µs	12 µs	24 µs	46 µs	92 µs	184 µs	269 µs
155 520 kbit/s	2,7 µs	3,5 µs	7 µs	13 µs	27 µs	53 µs	77 µs

NOTA – El tamaño de trama se refiere al tamaño del campo de información FR (que contiene un paquete IP). Se supone además un tamaño de encabezamiento FR de 2 bytes más una FCS de 2 bytes.

### A.2.3 Retardo de propagación

La componente de retardo de propagación representa la limitación física de la velocidad de la luz para los bits que viajan por los enlaces de transmisión, y se calcula sencillamente utilizando la distancia conocida entre los nodos, y asignando una contribución al retardo de 5 ms por cada 1000 km de distancia de ruta terrenal (de conformidad con la Rec. UIT-T G.114).

#### A.2.3.1 Repercusión de un satélite en la conexión FR

Si se incluye un satélite, por ejemplo, en el tramo internacional de la conexión FR, el retardo asignado al tramo es de 270 ms. A cada uno de los otros dos tramos de la conexión FR se le asigna entonces 40 ms. No obstante, los otros dos tramos nacionales podrían tener retardos superiores a 40 ms si los tamaños de las tramas son superiores a 256 bytes.

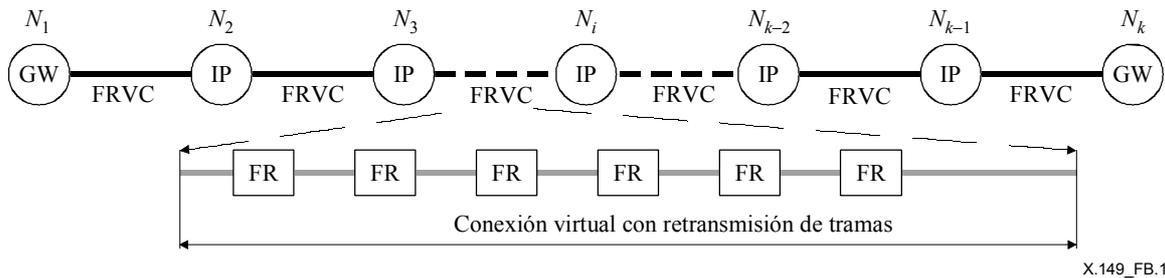
## Anexo B

### Utilización del modelo de retardo de transferencia en la planificación de redes IP

#### B.1 Utilización del modelo de retardo de transferencia

En este anexo se presenta un ejemplo de utilización del modelo general de retardo de transferencia junto con los objetivos de retardo de la QoS IP Y.1541 para la planificación inicial de la infraestructura de una red IP en la que la capacidad de conexión entre los encaminadores IP se ha de realizar mediante conexiones virtuales con retransmisión de tramas.

Considérese el retardo de trayecto en una sección de red IP como la representada en la figura B.1. El trayecto extremo a extremo consiste en dos encaminadores de pasarela IP y  $(k - 2)$  nodos IP. Los nodos IP se interconectan por medio de conexiones virtuales con retransmisión de tramas.



**Figura B.1/X.149 – Sección de red IP que utiliza FRVC para proporcionar la capacidad de conexión de encaminador**

Del anexo A:  $Mean\_Delay = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$

Se definen los siguientes parámetros:

- $k$  = número de encaminadores IP del trayecto (incluidas las pasarelas IP);
- $D_{GW}$  = retardo de procesamiento de la pasarela IP;
- $D_N$  = retardo de procesamiento del nodo IP;
- $FR_{LD}$  = retardo del enlace con retransmisión de tramas (sólo incluye los retardos de conmutación FR y de carga).

De aquí:

$$Retardo\ de\ sección\ de\ red\ IP = 2 \times D_{GW} + (k - 2) \times D_N + (k - 1) \times FR_{LD} + Retardo\ propagación$$

$$FRLD = 2 \times (Retardo\ de\ línea\ de\ acceso\ FR) + \sum Retardo\ de\ nodo\ FR + \sum Retardo\ de\ enlace\ de\ transmisión\ FR$$

Las ecuaciones anteriores determinan simultáneamente la calidad de funcionamiento de la sección de red IP. Pueden adoptarse diversas soluciones para la planificación de la sección de red IP. La distancia física a cubrir determinará el retardo de propagación. Alternativamente el objetivo de retardo establecido para la sección IP determinará el número de nodos que pueden soportarse en el trayecto y definirá asimismo la limitación sobre el retardo de propagación. La ecuación sólo tiene solución si la configuración de las conexiones con retransmisión de tramas (o sea el número de conmutadores y la velocidad de transmisión troncal) son conocidos.

## B.2 Diseño de una sección IP que cumpla el objetivo IPTD de las clases 0 y 2

A título de ejemplo únicamente, supóngase que:

- Objetivo IPTD = 100 ms.
- Máximo tamaño de paquete IP = 1500 bytes.
- Todos los enlaces de transmisión = 34 Mbit/s – retardo de carga = 350  $\mu$ s.

- Se requieren 6 nodos FR como máximo para establecer cualquiera de las conexiones virtuales FR.
- Máximo retardo de nodo con retransmisión de tramas = 2 ms.
- Máximo retardo de nodo de pasarela IP = 10 ms.
- Máximo retardo de nodo IP = 2 ms.

NOTA 1 – Realmente, es probable que el retardo de procesamiento y de espera en cola del conmutador FR sea bastante inferior a 2 ms y que las configuraciones de los enlaces con retransmisión de tramas no sean idénticas. Cuando los FRVC sean suministrados por una única red nacional, es probable que el número necesario de etapas de conmutación FR sea inferior a seis. La utilización de enlaces de transmisión de alta velocidad reducirá significativamente la contribución del retardo de carga FR.

El retardo del enlace FR en el caso más desfavorable vendrá dado por:

$$FRLD = 2 \times (350 \mu s) + 6 \times (2 \text{ ms}) + (350 \mu s) = 14,45 \text{ ms}$$

De aquí que:

$$\text{Retardo de la sección de red IP} = 2 \times 10 \text{ ms} + (k - 2) \times 2 \text{ ms} + (k - 1) \times 14,45 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación}$$

Si se admiten 16 ms para el retardo de carga en la línea de acceso del cliente. (Suponiendo una línea de acceso de 1,544 Mbit/s.)

Entonces:  $(100 - 16) \text{ ms} = 2 \times 10 \text{ ms} + (k - 2) \times 2 \text{ ms} + (k - 1) \times 14,45 + \text{Retardo de propagación}$

Por consiguiente:

$$\text{Retardo de propagación} = 82,45 - 16,45 k \quad \text{o bien} \quad k = (82,45 - \text{Retardo de propagación}) / 16,45$$

El cuadro B.1 muestra el número de nodos IP permitidos en el trayecto para un determinado retardo de propagación a fin de satisfacer el objetivo de IPTD (100 ms) establecido para la sección de red IP. Puede observarse claramente que al aumentar la distancia geográfica a cubrir disminuye el número de encaminadores del trayecto. O sea hay un compromiso entre el retardo de procesamiento de nodos y el retardo de propagación. Por consiguiente, para redes que cubran largas distancias es necesario reducir al mínimo su complejidad.

NOTA 2 – El cuadro B.1 recoge los resultados del anterior análisis para un ejemplo particular y no impone límite alguno.

**Cuadro B.1/X.149 – Relación entre el número de nodos admisible y el retardo de propagación**

Distancia cubierta (km)	Retardo de propagación (ms)	$k$	Número de nodos IP admisibles en el trayecto
125	0,625	4,97	5
250	1,25	4,9	4
500	2,5	4,8	4
1000	5	4,7	4
2000	10	4,4	4
4000	20	3,8	3
6000	30	3,2	3
8000	40	2,6	2
10 000	50	1,97	2

## Apéndice I

### Repercusión del tamaño del paquete/trama sobre el retardo de transferencia IP

En este apéndice se presenta el cálculo de los valores IPTD estimados del cuadro 4, y se demuestra además la repercusión del tamaño de la trama y de la velocidad del enlace de transmisión sobre el retardo de transferencia obtenido.

#### I.1 Estimación del retardo de transferencia de paquetes IP utilizando el modelo

A fin de evaluar la repercusión del tamaño de los paquetes sobre el retardo de transferencia IP, se supone que la conexión con retransmisión de tramas de referencia consta de dos tramos nacionales de red, cada uno de ellos con ocho nodos de conmutación, y un tramo internacional con tres nodos de conmutación. Se supone asimismo que se utilizan enlaces de transmisión a 1,544 Mbit/s o a 2,048 Mbit/s para conectar los conmutadores FR. Suponiendo que el objetivo de retardo puede satisfacerse justamente si el VC FR cubre la conexión de referencia, puede calcularse la contribución debida al retardo de propagación. A continuación puede calcularse el retardo estimado para paquetes de mayor tamaño utilizando el valor de retardo de propagación supuesto.

##### I.1.1 Estimación de la contribución del retardo de propagación por la conexión de referencia

Supóngase que para una trama de 256 bytes el objetivo de retardo de transferencia (150 ms o 400 ms) se satisface justamente.

Utilizando la expresión del retardo de transferencia desarrollada en el anexo A y los valores del retardo de procesamiento (cuadro A.1) y del retardo de carga (cuadro A.3) puede obtenerse una estimación de la contribución del retardo de propagación para la conexión de referencia.

##### Para paquetes IP de 256 bytes de longitud en enlaces a 1,544 Mbit/s

Para el servicio de retransmisión de tramas de clase 3 tenemos:

$$150 \text{ ms} = 18 \times 1,35 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

de aquí que:

- Retardo de propagación supuesto = 107 ms

Para el servicio de retransmisión de tramas de las clases 1 y 2 tenemos:

$$400 \text{ ms} = 18 \times 1,35 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

de aquí que:

- Retardo de propagación supuesto = 357 ms

Utilizando los valores anteriores del retardo de propagación supuesto, puede calcularse ahora el retardo de los paquetes IP de 576 y 1500 bytes de tamaño.

##### Para paquetes IP de 576 de longitud en enlaces a 1,544 Mbit/s

Para el servicio de retransmisión de tramas de clase 3 (Retardo de propagación supuesto = 107 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 3 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 180 \text{ ms} \end{aligned}$$

Para el servicio de retransmisión de tramas de las clases 1 y 2 (Retardo de propagación supuesto = 357 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 3 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 430 \text{ ms} \end{aligned}$$

#### **Para paquetes IP de 1500 bytes de longitud en enlaces a 1,544 Mbit/s**

Para el servicio de retransmisión de tramas de clase 3 (Retardo de propagación supuesto = 107 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 7,8 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 266 \text{ ms} \end{aligned}$$

Para el servicio de retransmisión de tramas de las clases 1 y 2 (Retardo de propagación supuesto = 357 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 7,8 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 516 \text{ ms} \end{aligned}$$

Considérese ahora el caso de los enlaces de transmisión a 2,048 Mbit/s.

#### **Para paquetes IP de 256 bytes de longitud en enlaces a 2,048 Mbit/s**

Para el servicio de retransmisión de tramas de clase 3 tenemos:

$$150 \text{ ms} = 18 \times 1,0 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

de aquí que:

- Retardo de propagación supuesto = 113 ms

Para el servicio de retransmisión de tramas de las clases 1 y 2 tenemos:

$$400 \text{ ms} = 18 \times 1,0 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

de aquí que:

- Retardo de propagación supuesto = 363 ms

Utilizando estos valores del retardo de propagación puede estimarse el retardo de los paquetes IP de 576 y 1500 bytes de tamaño.

#### **Para paquetes IP de 576 bytes de longitud en enlaces a 2,048 Mbit/s**

Para el servicio de retransmisión de tramas de la clase 3 (Retardo de propagación supuesto = 113 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 2,25 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 172 \text{ ms} \end{aligned}$$

Para el servicio de retransmisión de tramas de las clases 1 y 2 (Retardo de propagación supuesto = 363 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 2,25 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 422 \text{ ms} \end{aligned}$$

#### **Para paquetes IP de 1500 bytes de longitud en enlaces a 2,048 Mbit/s**

Para el servicio de retransmisión de tramas de la clase 3 (Retardo de propagación supuesto = 113 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 5,8 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 236 \text{ ms} \end{aligned}$$

Para el servicio de retransmisión de tramas de las clases 1 y 2 (Retardo de propagación supuesto = 363 ms) tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Retardo de transferencia} &= 18 \times 5,8 \text{ ms} + \text{Retardo de propagación} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 486 \text{ ms} \end{aligned}$$

NOTA – Los cálculos anteriores ponen de manifiesto que la utilización de enlaces de transmisión de mayor velocidad reducirá el retardo extremo a extremo. La utilización de un enlace a 2,048 Mbit/s en vez de otro a 1,544 Mbit/s reducirá el retardo de carga en 2 ms en cada enlace de transmisión. No obstante, cuando se alcance justamente el objetivo de retardo (para tramas de 256 bytes de tamaño) en el servicio de retransmisión de tramas de las clases 1 y 2, cabe esperar que el retardo de propagación suponga una contribución importante.

Los resultados anteriores se resumen en el cuadro I.1.

**Cuadro I.1/X.149 – Valores IPTD estimados para diversos tamaños de paquete y velocidades de transmisión de enlace**

Clase de servicio con retransmisión de tramas	Velocidad de transmisión del enlace	Percentil 95 del FTD (con arreglo a la Rec. UIT-T X.146)	Percentil 95 estimado del IPTD (nota)		
			Trama de 256 bytes de tamaño	< 256 bytes	576 bytes
1	1,544 Mbit/s	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
2	1,544 Mbit/s	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
3	1,544 Mbit/s	150 ms	150 ms	180 ms	265 ms
1	2,048 Mbit/s	400 ms	400 ms	422 ms	486 ms
2	2,048 Mbit/s	400 ms	400 ms	422 ms	486 ms
3	2,048 Mbit/s	150 ms	150 ms	172 ms	236 ms

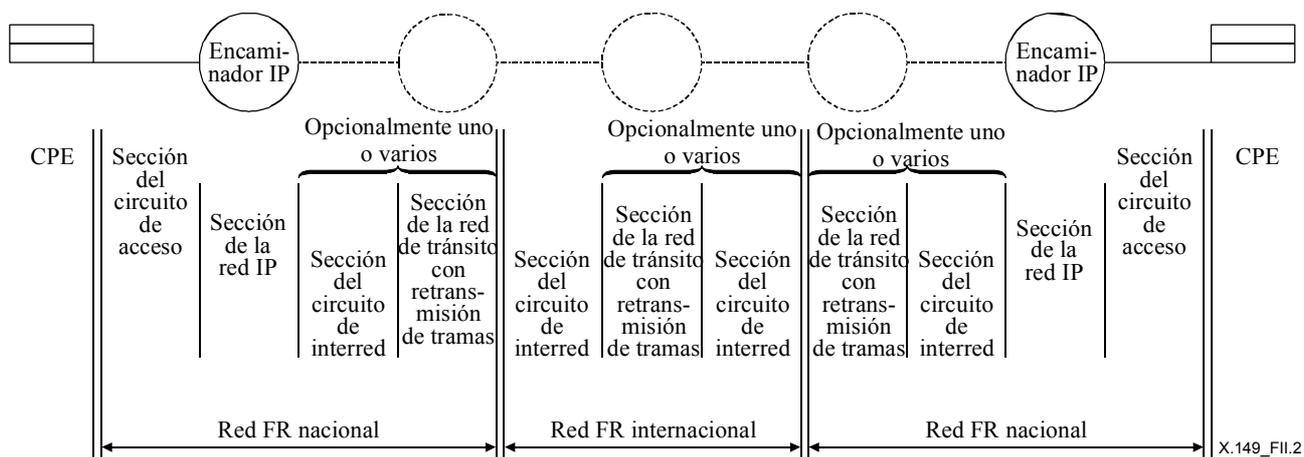
## Apéndice II

### Utilización de la retransmisión de tramas para soportar las clases de servicio IP definidas en la Rec. UIT-T Y.1541

El objeto del presente apéndice es ilustrar el modo en el que las clases QoS con retransmisión de tramas (definidas en la Rec. UIT-T X.146) son capaces de soportar las clases de servicio IP definidas en la Rec. UIT-T Y.1541. Los objetivos de QoS IP definidos en la Rec. UIT-T Y.1541 lo son de extremo a extremo por lo que debe considerarse la contribución de la línea de acceso.

#### II.1 Interconexión sencilla de encaminadores IP

Considérese el modelo de referencia representado en la figura II.1 correspondiente a la utilización de un circuito virtual con retransmisión de tramas para interconectar dos redes IP. Dependiendo de la situación, el VCFR puede utilizar una conexión internacional con retransmisión de tramas. La red IP puede consistir en varios encaminadores IP.



**Figura II.1/X.149 – Utilización de conexiones virtuales FR para interconectar encaminadores IP**

## II.2 Cálculo del retardo extremo a extremo

El retardo de transferencia extremo a extremo comprende la contribución de todas las secciones de red IP y FR y las secciones de circuito asociadas.

### II.2.1 Contribución del circuito de acceso y de la pasarela IP

De acuerdo con lo definido en la Rec. UIT-T Y.1541, el retardo típico de espera en cola y de procesamiento para cada pasarela de acceso IP es de 10 ms. La contribución del retardo de transmisión del circuito de acceso es función de la relación entre la longitud de la trama ( $FL$ , *frame length*) y la velocidad de transmisión del acceso ( $TS$ , *access transmission rate*). El retardo de propagación en el circuito de acceso se supone despreciable.

$$\text{Retardo de acceso} = 10 \text{ ms} + FL/TS$$

### II.2.2 Contribución de las secciones nacional e internacional de la red con retransmisión de tramas

La contribución de la conexión con retransmisión de tramas puede calcularse por medio de la expresión del retardo desarrollada en el anexo A.

$$\text{Retardo}_{\text{medio}} = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$$

Suponiendo que el retardo de espera en cola y el de procesamiento de cada conmutador central FR sea  $D$  ms.

El retardo de propagación  $PD$  se calcula para 5 ms por cada 1000 km de ruta.

Número de conmutadores con retransmisión de tramas =  $k$

De aquí que:

$$\text{Retardo}_{\text{FR}} = \frac{(k-1) \times FL}{\text{Velocidad de transmisión de enlace}} + PD + k \times D$$

### II.2.3 Ejemplo de cálculos del IPTD para conexiones mundiales típicas

Se supone que la conexión física internacional con retransmisión de tramas se compone de 19 conmutadores FR (ocho conmutadores FR en cada tramo nacional y tres conmutadores FR en el tramo internacional).

### II.2.3.1 Ejemplo 1

Parámetros de configuración:

- Número de conmutadores FR  $k = 19$ .
- Velocidad de acceso = 2,048 Mbit/s.
- Enlaces de red central FR = 2,048 Mbit/s.
- Distancia = 12 000 km – retardo de propagación = 60 ms.
- Tamaño de trama = 48 bytes (aplicaciones en tiempo real).
- Retardo de encaminador supuesto = 10 ms.
- Retardo del nodo de trama supuesto = 1 ms.

$$\text{Retardo de extremo a extremo} = 2 \times (10 \text{ ms} + 0,203 \text{ ms}) + 18 \times 0,203 \text{ ms} + 60 \text{ ms} + 19 \times 1 \text{ ms} = 103 \text{ ms}$$

Este valor sobrepasa justamente el objetivo de IPTD Y.1541 para las clases QoS 0 y 2.

### II.2.3.2 Ejemplo 2

Parámetros de configuración:

- Número de conmutadores FR  $k = 19$ .
- Velocidad de acceso = 2,048 Mbit/s.
- Enlaces de red central FR = 34 Mbit/s.
- Distancia = 12 000 km – retardo de propagación = 60 ms.
- Tamaño de trama = 48 bytes (aplicaciones en tiempo real).
- Retardo de encaminador supuesto = 10 ms.
- Retardo de nodo de trama supuesto = 1 ms.

$$\text{Retardo de extremo a extremo} = 2 \times (10 \text{ ms} + 0,203 \text{ ms}) + 18 \times 12 \mu\text{s} + 60 \text{ ms} + 19 \times 1 \text{ ms} = 99 \text{ ms}$$

Este valor satisface justamente el objetivo de IPTD Y.1541 para las clases de QoS 0 y 2.

Debe observarse que cuando el tamaño de los paquetes es mayor que 48 bytes no puede satisfacerse el objetivo extremo a extremo. Asimismo, si se aumenta la distancia de ruta no puede cumplirse el objetivo de las clases 0 y 2 de QoS.

### II.2.3.3 Ejemplo 3

Parámetros de configuración:

- Número de conmutadores FR  $k = 19$ .
- Velocidad de acceso = 34 Mbit/s.
- Enlaces de red central FR = 34 Mbit/s.
- Distancia = 27 000 km – retardo de propagación = 135 ms.
- Tamaño de trama = 576 bytes (aplicación de transferencia de datos).
- Retardo de encaminador supuesto = 10 ms.
- Retardo del nodo de trama supuesto = 1 ms.

$$\text{Retardo extremo a extremo} = 2 \times (10 \text{ ms} + 135 \mu\text{s}) + 18 \times 135 \mu\text{s} + 135 \text{ ms} + 19 \times 1 \text{ ms} = 176 \text{ ms}$$

Este valor sobrepasa el objetivo de IPTD Y.1541 para las clases de QoS 0 y 2.

Los ejemplos anteriores demuestran claramente que el retardo de propagación es el factor predominante en las conexiones internacionales de larga distancia.

### II.3 Estimación de la IPDV

Utilizando la fórmula de 10.3.2 y aplicándola al caso de un trayecto con 18 conmutadores centrales con retransmisión de tramas, cada uno de ellos con FDJ de 25 ms y dos pasarelas de acceso IP cada uno de ellas con IPDV de 16 ms, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{IPDV (extremo a extremo)} = 25,11 \text{ ms}$$

Se demuestra de este modo que la calidad de funcionamiento de la IPDV cumple los objetivos de IPDV para las clases QoS IP 0, 1 y 2.

### II.4 Estimación de la tasa de pérdida de paquetes IP – IPLR

De acuerdo con 10.1: ( $IPLR = FLR$ ).

Dado que en todas las clases QoS FR (con excepción de la clase 0) la tasa de pérdida de tramas es menor o igual que la IPLR, resulta evidente que la utilización de una conexión con retransmisión de tramas de las clases QoS 1, 2 ó 3 debe permitir alcanzar la IPLR para todas las clases QoS IP.

## Apéndice III

### Arquitectura general de una red IP

#### III.1 Arquitectura general de una red IP

En la figura III.1 (conforme a la Rec. UIT-T Y.1231) se representa la arquitectura general de una red IP. En este modelo no se supone la utilización de ninguna tecnología específica para proporcionar la conexión entre la CPN y la red de acceso IP, ni la interconexión de redes/encaminadores IP. Este modelo admite la utilización de una diversidad de tecnologías de conexión de capa inferior (capa 2).

Los puntos de referencia (RP, *reference points*) ilustrados en la figura III.1 constituyen la separación lógica entre funciones, pudiendo no corresponder a interfaces físicas en determinadas implementaciones de red. Es posible que en ciertas implementaciones de red las redes de acceso y la central no se puedan separar.

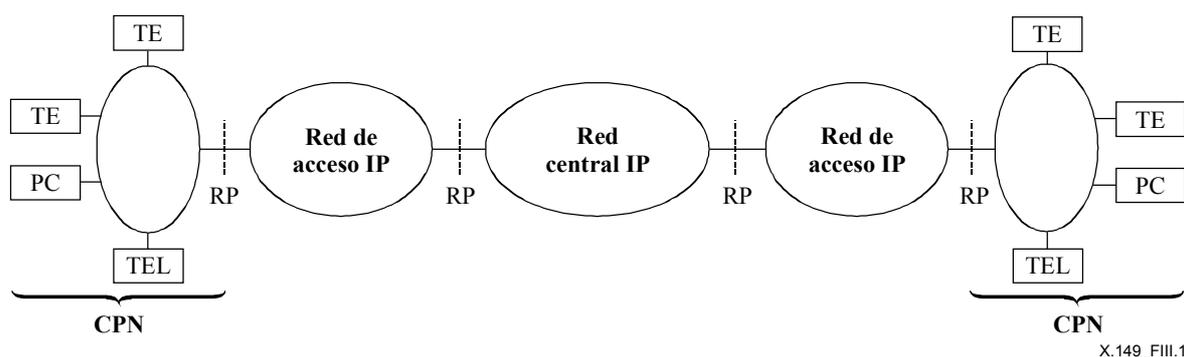


Figura III.1/X.149 – Arquitectura general de una red IP

En la Rec. UIT-T Y.1231 se definen los siguientes términos:

**III.1.1 red de acceso IP:** Implementación que consta de entidades de red destinadas a proporcionar las capacidades de acceso necesarias entre un "usuario IP" y un "proveedor de servicios" para la prestación de servicios IP. "Usuario IP" y "proveedor de servicios IP" son

entidades lógicas que terminan la capa IP y/o las funciones relacionadas, pudiendo incluir además funciones de capa inferior.

**III.1.2 red central IP:** Red del proveedor de servicios IP, con uno o varios proveedores de servicios IP.

### III.2 Modelo de referencia de la red de acceso IP

La figura III.2 representa un ejemplo de modelo de referencia de red de acceso IP. En el ámbito de esta Recomendación, la función de transporte de la red de acceso puede realizarse gracias a diversas tecnologías de acceso (por ejemplo, RTPC, RDSI, FR, ATM, ADSL, etc.). Cuando la función de transporte de la red de acceso se realiza mediante un circuito virtual con retransmisión de tramas, el VC proporciona la capacidad de conexión de capa inferior entre la CPN y el proveedor de servicios IP.

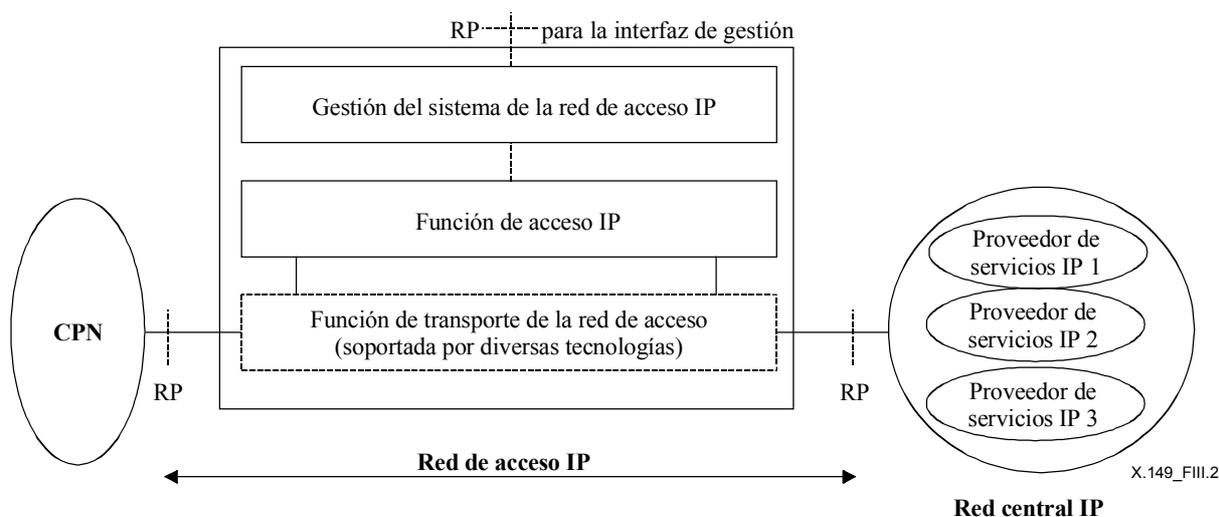


Figura III.2/X.149 – Ejemplo de arquitectura de red de acceso IP

## Apéndice IV

### Definición de los componentes de red, secciones de circuito y secciones de red

#### IV.1 Componentes de red

**IV.1.1 anfitrión:** Computador que se comunica mediante los protocolos Internet. Un anfitrión implementa funciones de encaminamiento (es decir opera en la capa IP) y puede implementar funciones adicionales, entre ellas los protocolos de capa superior (por ejemplo TCP en un anfitrión origen o destino) y protocolos de capa inferior (por ejemplo ATM).

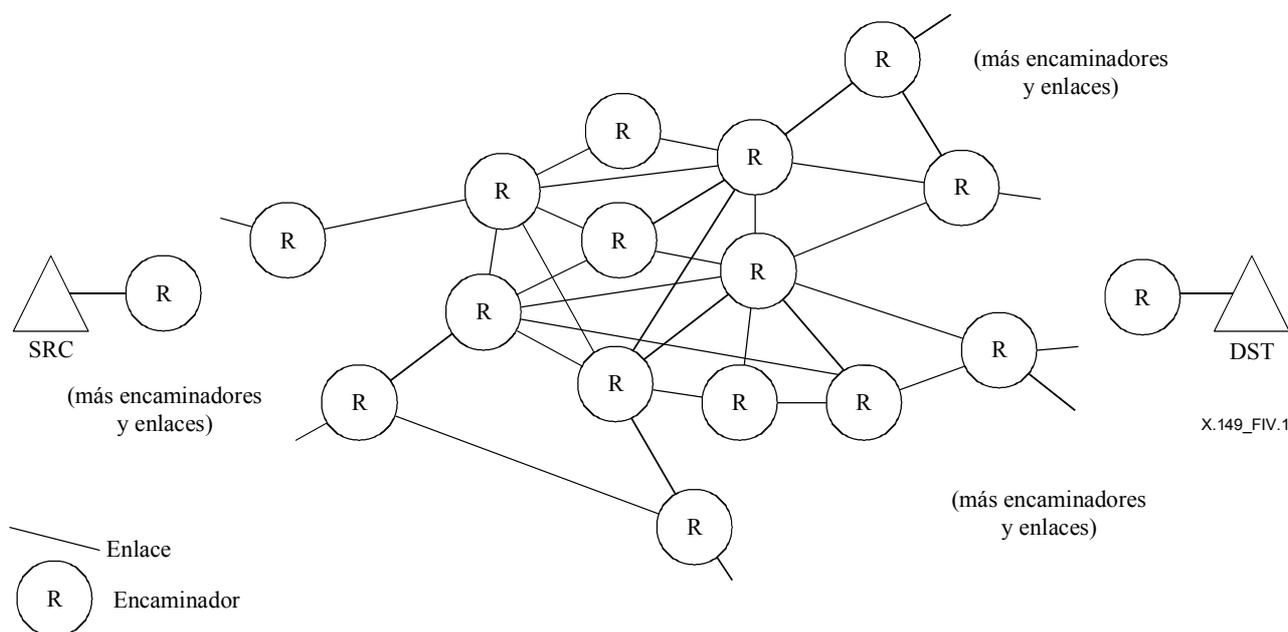
**IV.1.2 encaminador:** Anfitrión que permite la comunicación entre otros anfitriones mediante la entrega de paquetes IP con arreglo al contenido de sus campos de dirección de destino IP.

**IV.1.3 anfitrión origen (SRC, *source host*):** Anfitrión y dirección IP completa en la que tienen origen los paquetes IP de extremo a extremo. En general un anfitrión puede tener más de una dirección IP; no obstante, un anfitrión origen está asociado unívocamente a una sola dirección IP. Los anfitriones origen también originan protocolos de capa superior (por ejemplo TCP) cuando se implementan dichos protocolos.

**IV.1.4 anfitrión destino (DST, *destination host*):** Anfitrión y dirección IP completa en la que se terminan los paquetes IP de extremo a extremo. En general un anfitrión puede tener más de una dirección IP; no obstante, un anfitrión de destino está asociado unívocamente a una sola dirección IP. Los anfitriones de destino terminan asimismo protocolos de capa superior (por ejemplo TCP) cuando se implementan dichos protocolos.

**IV.1.5 enlace:** Conexión (virtual) punto a punto utilizada para el transporte de paquetes IP entre un par de anfitriones. Queda excluida cualquier parte de los anfitriones o de cualquier otro anfitrión; opera por debajo de la capa IP. A los efectos de la presente Recomendación un enlace se implementa como una conexión lógica en una red de retransmisión de tramas.

La figura IV.1 representa los componentes de red pertinentes al servicio IP entre un SRC y un DST. Los enlaces, que son VC con retransmisión de tramas o redes de transmisión de tramas, se representan por líneas entre los anfitriones. Los encaminadores se representan por círculos y tanto los SRC como los DST se representan por triángulos.



**Figura IV.1/X.149 – Componentes de red IP**

## IV.2 Secciones de circuito y secciones de red

**IV.2.1 sección de circuito (CS, *circuit section*):** Enlace (proporcionado por un VC FR que puede establecerse en una o varias redes de retransmisión de tramas) que conecta:

- 1) un anfitrión origen o destino con su anfitrión adyacente (por ejemplo encaminador), que puede estar en otra jurisdicción; o
- 2) un encaminador de una sección de la red con un encaminador de otra sección de la red.

Obsérvese que la responsabilidad de una sección de circuito, su capacidad, y su calidad de funcionamiento se suele compartir entre las partes afectadas.

NOTA – La expresión "sección de circuito" equivale aproximadamente a "central" definida en RFC 2330.

**IV.2.2 sección de red (NS, *network section*):** Conjunto de anfitriones junto con todos sus enlaces de interconexión que proporciona una parte del servicio IP entre un SRC y un DST, sujetos a una responsabilidad jurisdiccional única (o colectiva). Algunas secciones de red consisten en un único anfitrión sin enlaces de interconexión. Las NS origen y las NS destino son casos particulares de secciones de red. Los pares de secciones de red se conectan mediante secciones de circuito.

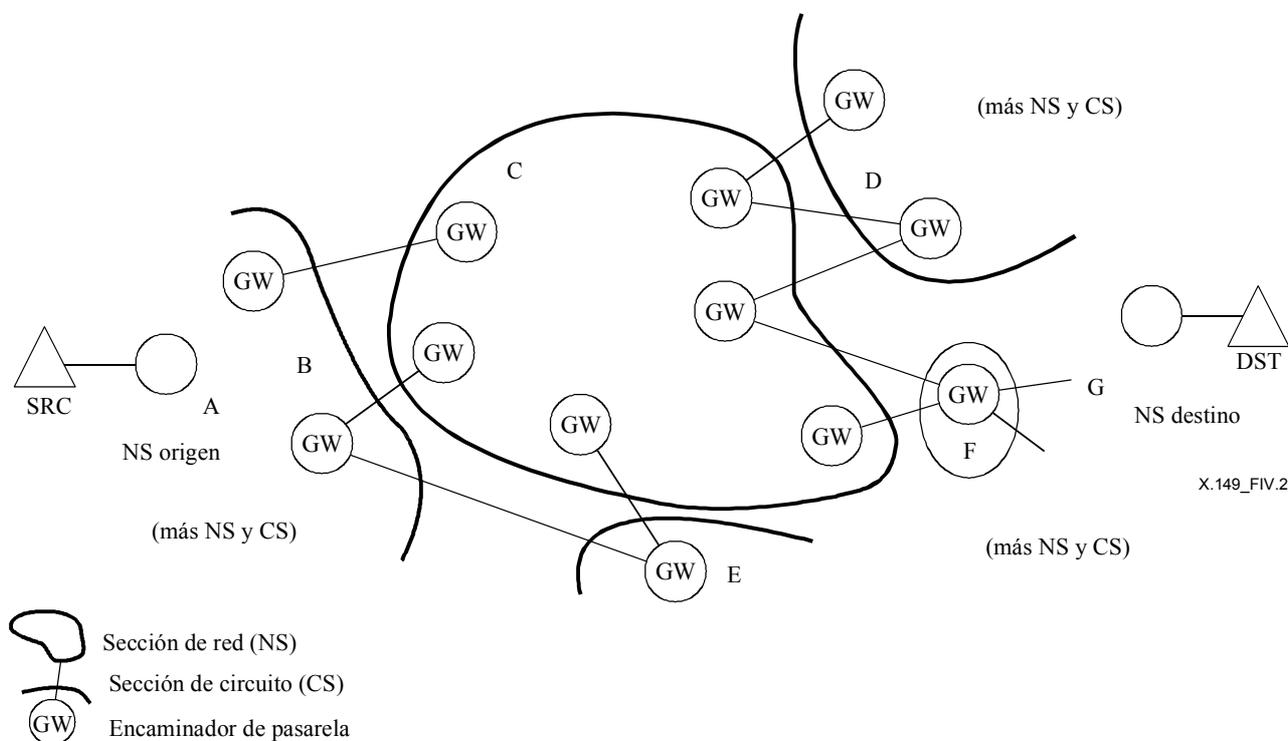
NOTA – El término "sección de red" es aproximadamente equivalente al de "nube" definido en RFC 2330.

Cualquier conjunto de anfitriones interconectados mediante enlaces puede considerarse una sección de red. No obstante, a los (futuros) efectos de asignar la calidad de funcionamiento IP, conviene centrarse en el conjunto de anfitriones y enlaces sujetos a una responsabilidad jurisdiccional única (o colectiva) (tal como un ISP o un NSP). Estos anfitriones suelen tener el mismo identificador de red en sus direcciones IP y suelen tener sus propias reglas de encaminamiento interno. Los procesos mundiales y las políticas locales imponen las opciones de encaminamiento a los destinos exteriores a esta sección de red (y a otras NS a través de secciones de circuito). Estas secciones de red suelen estar limitadas por encaminadores que implementan protocolos de pasarela exterior IP.

**IV.2.3 NS origen:** NS que tiene al origen (SRC) bajo su responsabilidad jurisdiccional. En ciertos casos el SRC es el único anfitrión de la NS origen.

**IV.2.4 NS destino:** NS que tiene al destino (DST) bajo su responsabilidad jurisdiccional. En ciertos casos el DST es el único anfitrión de la NS destino.

En la figura IV.2 se representa la capacidad de conexión de red correspondiente al servicio IP entre un origen (SRC) y un destino (DST). En los bordes de cada NS, los encaminadores de pasarela reciben y envían paquetes IP por las secciones de circuito.



**Figura IV.2/X.149 – Capacidad de conexión de la red IP**

## Apéndice V

### Clases QoS de red IP (conforme a la Rec. UIT-T Y.1541)

El contenido del presente apéndice se facilita exclusivamente para facilitar la comprensión de este documento y describe las clases QoS de red IP especificadas en la Rec. UIT-T Y.1541 (2002).

**Cuadro V.1/X.149 – Definiciones provisionales de las clases QoS de red IP y objetivos de calidad de funcionamiento de la red**

Parámetro de calidad de funcionamiento de red	Tipo de objetivo de calidad de funcionamiento de red	Clases de QoS					
		Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5 no especificada
IPTD	Límite superior en el IPTD medio (Nota 1)	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	Límite superior en el cuantil $1 - 10^{-3}$ de IPTD menos el IPTD mínimo (Nota 2)	50 ms (Nota 3)	50 ms (Nota 3)	U	U	U	U
IPLR	Límite superior en la probabilidad de pérdida de paquetes	$1 \times 10^{-3}$ (Nota 4)	$1 \times 10^{-3}$ (Nota 4)	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	U
IPER	Límite superior	$1 \times 10^{-4}$ (Nota 5)					U

**NOTAS GENERALES:**

Los objetivos se aplican a las redes IP públicas. Se considera que los objetivos son alcanzables en las implementaciones de red IP comunes. El compromiso del proveedor de servicios de red con el usuario es tratar de entregar los paquetes de modo que se alcancen todos los objetivos aplicables. La gran mayoría de los trayectos IP que declaran su conformidad con la Rec. UIT-T Y.1541 deberían satisfacer estos objetivos. Para algunos parámetros, la calidad de funcionamiento en trayectos más cortos y/o menos complejos puede ser significativamente mejor.

Se sugiere provisionalmente un intervalo de evaluación de un minuto para IPTD, IPDV, e IPLR, y en todos los casos se debe comunicar el valor de éste.

Los proveedores de servicios de red pueden decidir ofrecer compromisos de calidad de funcionamiento mejores que los de estos objetivos.

"U" significa "no especificado" o "sin límites". Cuando la calidad de funcionamiento relativa a un parámetro particular se identifica como "U", el UIT-T no establece objetivo para este parámetro y se puede ignorar cualquier objetivo Y.1541 por defecto. Cuando se establece el objetivo para un parámetro como "U", la calidad de funcionamiento con respecto a ese parámetro puede, a veces, ser arbitrariamente deficiente.

Todos los valores son provisionales y las redes no tienen necesidad de cumplirlos hasta que se corrijan incrementándolos o disminuyéndolos basándose en la experiencia real de explotación.

NOTA 1 – Cuando los tiempos de propagación sean muy largos no se cumplirán objetivos de bajo retardo extremo a extremo. En éstas y algunas otras circunstancias, que todo proveedor experimentará, tarde o temprano, no siempre se podrán cumplir los objetivos de IPTD en las clases 0 y 2 y, en su lugar, se podrán utilizar los objetivos para el IPTD de este cuadro que representan clases de QoS factibles. Los objetivos de retardo de una clase no impiden que un proveedor de servicios de red ofrezca servicios con compromisos de retardo más cortos. De acuerdo con la definición de IPTD en la Rec. UIT-T Y.1540, se incluye el tiempo de inserción del paquete en el objetivo IPTD. En esta Recomendación se sugiere un campo de información de paquetes máximo de 1500 octetos para la evaluación de estos objetivos.

NOTA 2 – Se encuentra en estudio la definición y el tipo de objetivo IPDV. Para mayores detalles véase el apéndice II/Y.1541.

NOTA 3 – Este valor depende de la capacidad de los enlaces interredes. Son posibles variaciones más pequeñas cuando todas las capacidades son mayores que la velocidad primaria (T1 o E1), o cuando los campos de información de paquetes en competencia son menores que 1500 octetos (véase el apéndice IV/Y.1541).

NOTA 4 – Los objetivos de clase 0 y 1 para IPLR están basados parcialmente en estudios que muestran que las aplicaciones y los códecs voz de alta calidad no se verán afectados esencialmente por un IPLR de  $10^{-3}$ .

NOTA 5 – Este valor asegura que la pérdida de paquetes es la fuente dominante de los defectos presentados a las capas superiores, y es factible con un transporte IP sobre ATM.



## 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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
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
<b>Serie X</b>	<b>Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos</b>
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación