



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

X.144

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

(04/95)

**REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN ENTRE
SISTEMAS ABIERTOS – REDES PÚBLICAS
DE COMUNICACIÓN DE DATOS – ASPECTOS
DE REDES**

**PARÁMETROS DE CALIDAD DE
FUNCIONAMIENTO DE LA TRANSFERENCIA
DE INFORMACIÓN DE USUARIO PARA
REDES DE DATOS QUE PRESTAN EL
SERVICIO INTERNACIONAL DE CIRCUITO
VIRTUAL PERMANENTE CON
RETRANSMISIÓN DE TRAMAS**

Recomendación UIT-T X.144

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

PREFACIO

El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (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 (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

La Recomendación UIT-T X.144 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 7 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 10 de abril de 1995.

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.

© UIT 1996

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.

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE X

REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

(Febrero de 1994)

ORGANIZACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DE LA SERIE X

Dominio	Recomendaciones
REDES PÚBLICAS DE DATOS	
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	
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 enunciados 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	
Generalidades	X.300-X.349
Sistemas móviles de transmisión de datos	X.350-X.369
Gestión	X.370-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	
Gestión de redes	X.600-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
SEGURIDAD	X.800-X.849
APLICACIONES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS	
Cometimiento, concurrencia y recuperación	X.850-X.859
Tratamiento de transacciones	X.860-X.879
Operaciones a distancia	X.880-X.899
TRATAMIENTO ABIERTO DISTRIBUIDO	X.900-X.999

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Alcance.....	1
2 Referencias	3
3 Abreviaturas	3
4 Modelo genérico de calidad de funcionamiento.....	4
4.1 Componentes de una conexión de extremo a extremo.....	5
4.2 Eventos de referencia de transferencia de tramas	6
4.3 Resultados de transferencia de tramas	7
5 Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de tramas	7
5.1 Retardo de transferencia de tramas de información de usuario	10
5.2 Tasa de pérdida de tramas de información de usuario	10
5.3 Tasa de errores de trama residuales	12
5.4 Velocidad de tramas extra.....	12
5.5 Tasa de distorsión de tráfico conforme para tramas	12
5.6 Parámetros relacionados con el flujo de tramas.....	13
6 Disponibilidad de circuito virtual permanente (PVC).....	13
6.1 Función disponibilidad PVC.....	14
6.2 Parámetros de disponibilidad PVC	15
Anexo A – Prueba de conformidad para la evaluación de la calidad de funcionamiento	17
A.1 Motivación.....	17
A.2 Uso normalizado limitado.....	17
A.3 Definición del DDB	17
A.4 Utilización del DDB al evaluar la FCTDR	18
Anexo B – Parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento para bits	20
B.1 Tasa de pérdida de bits de información de usuario	20
B.2 Tasa de errores de bit residuales	20
Apéndice I – Estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad PVC	22
I.1 Prueba mínima para determinar la disponibilidad del servicio PVC	22
I.2 Procedimientos para estimar la disponibilidad del servicio PVC	22
I.3 Procedimientos para estimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC	22
Apéndice II – Notificación de congestión	24
II.1 Efectos de FECN, BECN y CLLM sobre la calidad de funcionamiento	24
II.2 Control de los efectos sobre la calidad de funcionamiento.....	24
Apéndice III – Efectos de la demanda excesiva de recursos de conexión sobre la calidad de funcionamiento	24
III.1 Aparición de ráfagas simultáneas imprevistas en la línea de acceso	25
III.2 Plena utilización de las líneas de acceso sobreabonadas	25

RESUMEN

Esta Recomendación define los parámetros de velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad que se pueden utilizar al especificar y evaluar la calidad de funcionamiento de la transferencia de información de usuario de los servicios de comunicación de datos con retransmisión de tramas.

PARÁMETROS DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LA TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN DE USUARIO PARA REDES DE DATOS QUE PRESTAN EL SERVICIO INTERNACIONAL DE CIRCUITO VIRTUAL PERMANENTE CON RETRANSMISIÓN DE TRAMAS

(Ginebra, 1995)

1 Alcance

Esta Recomendación define los parámetros de velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad que pueden utilizarse al especificar y evaluar la calidad de funcionamiento de la transferencia de información de usuario de los sistemas públicos de comunicación de datos con retransmisión de tramas. Los parámetros definidos se aplican a las conexiones¹⁾ con retransmisión de tramas punto a punto de extremo a extremo y a porciones especificadas de dichas conexiones cuando se proveen de acuerdo con las Recomendaciones especificadas en la cláusula 2.

Los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación han de ser utilizados en la planificación de los servicios internacionales con retransmisión de tramas. Los usuarios a los que va destinada esta Recomendación son los proveedores de servicios con retransmisión de tramas, los fabricantes de equipos y los usuarios finales. Esta Recomendación pueden utilizarla:

- 1) los proveedores de servicios en la planificación, desarrollo y evaluación de los servicios de retransmisión de tramas que satisfacen las necesidades de calidad de funcionamiento de los usuarios;
- 2) los fabricantes de equipos, como medida de la calidad de funcionamiento que afectará al diseño del equipo; y
- 3) los usuarios, al evaluar la calidad de funcionamiento.

El alcance de esta Recomendación se resume en la Figura 1. Los parámetros de calidad de retransmisión de tramas se definen con arreglo a los eventos de referencia de transferencia de tramas que pueden observarse en las interfaces físicas asociadas con fronteras especificadas. Para que sea más comparable y completa, la calidad de retransmisión de tramas se considera en el contexto de la matriz de calidad de funcionamiento 3×3 definida en la Recomendación X.140. En la matriz se identifican tres funciones de comunicación de datos independientes del protocolo: acceso, transferencia de información de usuario y desocupación. Cada función se considera con relación a tres aspectos de calidad de funcionamiento general (o «criterios de calidad de funcionamiento»):

- velocidad;
- exactitud; y
- seguridad de funcionamiento.

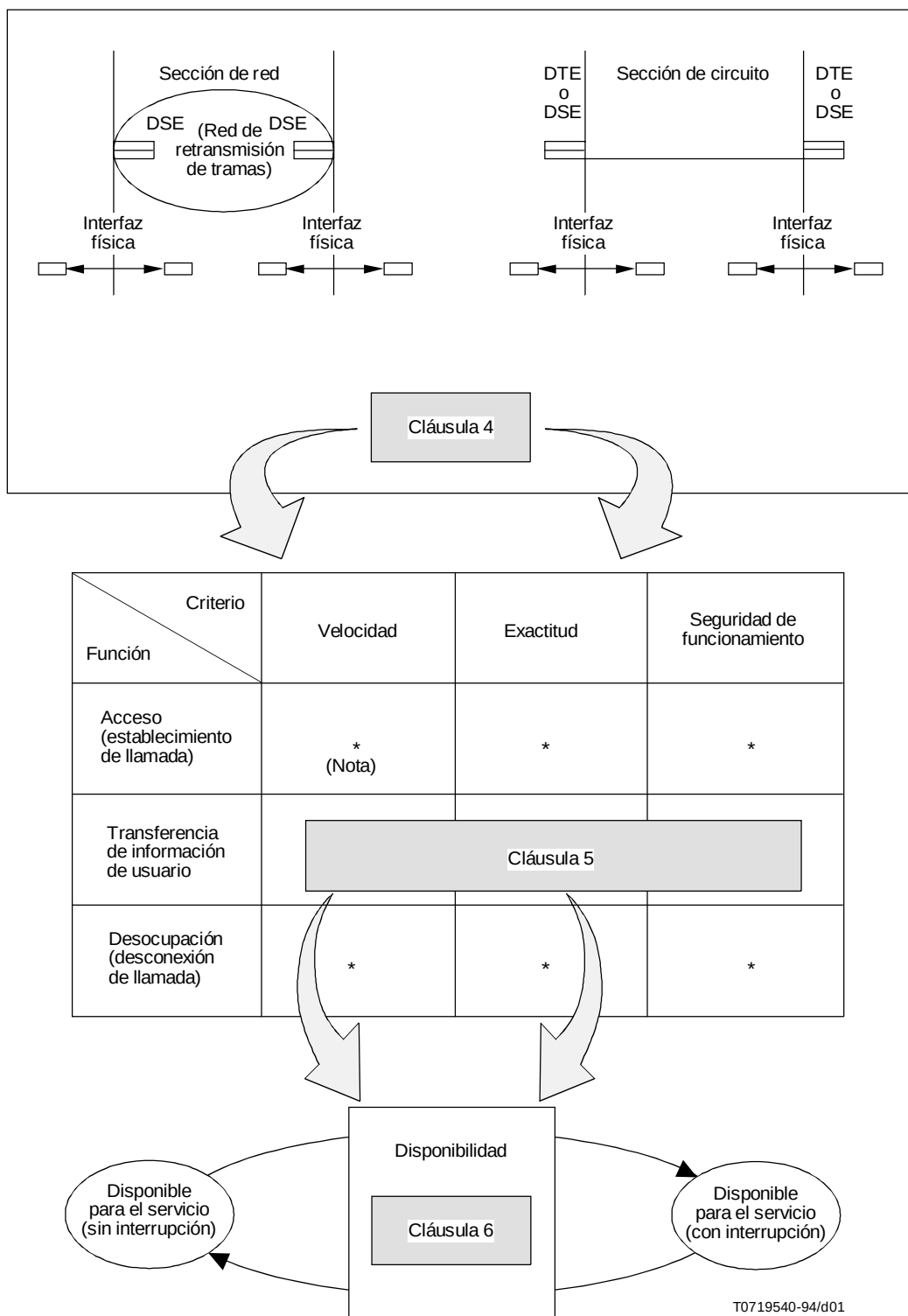
Un modelo de dos estados asociado ofrece una base para describir la disponibilidad del servicio de circuito virtual permanente (PVC, *permanent virtual circuit*).

Los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación describen la velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de información de usuario proporcionada por las redes con retransmisión de tramas. Otras Recomendaciones en proyecto proporcionarán métodos normalizados para medir los parámetros de calidad de transferencia de tramas y objetivos de diseño específicos para los parámetros X.144. La calidad de funcionamiento de las funciones de acceso y de desocupación con retransmisión de tramas, así como la característica de disponibilidad de los servicios con retransmisión de tramas de circuitos virtuales permanentes, se tratarán en Recomendaciones separadas.

NOTAS

- 1 Los parámetros definidos en esta Recomendación pueden ser aumentados o modificados de resultados de estudios posteriores sobre la necesidad de que las redes sustenten la retransmisión de tramas.
- 2 Los parámetros definidos están destinados a caracterizar las conexiones con retransmisión de tramas en el estado disponible.
- 3 Los parámetros de esta Recomendación están diseñados para medir la calidad de funcionamiento de los elementos de red entre pares de fronteras de sección. Sin embargo, los usuarios de esta Recomendación deben ser conscientes de que el comportamiento de los elementos de conexión fuera del par de fronteras puede influir negativamente en la calidad de funcionamiento medida de los elementos comprendidos entre las fronteras. Se exponen ejemplos en el Apéndice III.

¹⁾ En el contexto de esta Recomendación, una conexión con retransmisión de tramas (en adelante designada, a menos que se indique otra cosa, por el término *conexión*) designa una conexión virtual establecida entre dos puntos extremos especificados.



NOTA – Será objeto de una futura norma de característica de retransmisión de tramas de circuito virtual conmutado.

FIGURA 1/X.144
Alcance de la Recomendación X.144

Esta Recomendación se organiza como sigue:

- La cláusula 2 presenta las referencias.
- La cláusula 3 presenta las abreviaturas.
- La cláusula 4 define un modelo de calidad de funcionamiento y un conjunto de eventos de referencia de transferencia de tramas que proporcionan una base para la definición de los parámetros de calidad de funcionamiento.
- La cláusula 5 define parámetros de velocidad de servicio, exactitud y seguridad de funcionamiento para tramas, utilizando los eventos de referencia de transferencia de tramas definidos en la cláusula 4.
- La cláusula 6 define los parámetros de disponibilidad PVC utilizando los parámetros primarios definidos en la cláusula 5.
- El Anexo A presenta una prueba para juzgar la conformidad del tráfico para fines de evaluación de la calidad de funcionamiento. El Anexo B define parámetros de exactitud de seguridad de funcionamiento para bits, asociados con la transferencia de información de usuario en los servicios con retransmisión de tramas. El Apéndice I proporciona información sobre la estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad PVC. El Apéndice II trata los efectos en la calidad de funcionamiento de las indicaciones de red sobre la congestión, y formula recomendaciones generales para controlar esos efectos. El apéndice III trata de los efectos sobre la calidad de funcionamiento de la excesiva demanda de recursos de conexión.

2 Referencias

Las Recomendaciones y demás referencias siguientes 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 demás referencias son objeto de revisiones, por lo que se preconiza que todos los usuarios de la presente Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y demás referencias citadas a continuación. Se publica regularmente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación I.122 del CCITT (1988), *Marco para proporcionar servicios portadores en modo paquete adicionales*.
- Recomendación I.233 del CCITT (1991), *Servicios portadores en modo trama*.
- Recomendación I.233.1 del CCITT (1991), *Servicio portador RDSI con retransmisión de tramas*.
- Recomendación I.370 del CCITT (1991), *Gestión de la congestión para el servicio portador RDSI de retransmisión de tramas*.
- Recomendación UIT-T X.36 (1994), *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 (1995), *Interfaz red-red entre redes públicas de datos que proporcionan el servicio de transmisión de datos con retransmisión de tramas*.

3 Abreviaturas

A los efectos de la presente Recomendación se aplican las siguientes abreviaturas:

ACS	Sección de circuito de acceso (<i>access circuit section</i>)
ANS	Sección de red de acceso (<i>access network section</i>)
BC	Tamaño de ráfaga concertado (<i>committed burst size</i>)
BCTDR	Tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits (<i>bit-based conformant traffic distortion ratio</i>)
BE	Exceso de tamaño de ráfaga (<i>excess burst size</i>)
BECN	Notificación explícita de congestión hacia atrás (<i>backward explicit congestion notification</i>)
BLR	Tasa de pérdida de bits (<i>bit loss ratio</i>)

CIR	Velocidad de información concertada (<i>committed information rate</i>)
CLLM	Gestión de capa de enlace consolidada (<i>consolidated link layer management</i>)
DE	Descarte elegible (<i>discard eligible</i>)
DLCI	Identificador de conexión de enlace de datos (<i>data link connection identifier</i>)
DSE	Central de conmutación de datos (<i>data switching exchange</i>)
DTE	Equipo terminal de datos (<i>data terminal equipment</i>)
EFR	Velocidad de tramas extra (<i>extra frame rate</i>)
EIR	Exceso de velocidad de información (<i>excess information rate</i>)
FCTDR	Tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas (<i>frame-based conformant traffic distortion ratio</i>)
FE	Evento de referencia de capa de tramas (<i>frame layer reference event</i>)
FECN	Notificación explícita de congestión hacia adelante (<i>forward explicit congestion notification</i>)
FLR	Tasa de pérdida de tramas (<i>frame loss ratio</i>)
FTD	Retardo de transferencia de tramas (<i>frame transfer delay</i>)
ICS	Sección de circuito interredes (<i>internetwork circuit section</i>)
MTBSO	Tiempo medio entre interrupciones de servicio (<i>mean time between service outages</i>)
MTTSR	Tiempo medio de restablecimiento del servicio (<i>mean time to service restoral</i>)
NT	Terminación de red (<i>network termination</i>)
PVC	Circuito virtual permanente (<i>permanent virtual circuit</i>)
RBER	Tasa de errores de bit residuales (<i>residual bit error ratio</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RFER	Tasa de errores de trama residuales (<i>residual frame error ratio</i>)
SA	Disponibilidad del servicio (<i>service availability</i>)
SVC	Circuito virtual conmutado (<i>switched virtual circuit</i>)
TE	Equipo terminal (<i>terminal equipment</i>)
TNS	Sección de red de tránsito (<i>transit network section</i>)

4 Modelo genérico de calidad de funcionamiento

Esta cláusula define un modelo genérico de calidad de funcionamiento del servicio de retransmisión de tramas que comprende cuatro secciones de conexión básicas:

- la sección de circuito de acceso;
- la sección de circuito interredes;
- la sección de red de acceso; y
- la sección de red de tránsito.

Estas cuatro secciones de conexión básicas se definen en 4.1. Proporcionan un conjunto de bloques de construcción con los que puede representarse cualquier conexión de extremo a extremo. Cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en esta Recomendación puede aplicarse a la transferencia unidireccional de información de usuario en una sección de conexión o en un conjunto concatenado de secciones de conexión.

La cláusula 4 también especifica un conjunto de eventos de referencia de transferencia de trama que proporciona una base para la definición de parámetros de calidad de funcionamiento. Estos eventos de referencias se obtienen de las correspondientes Recomendaciones UIT-T sobre servicios y protocolos con retransmisión de tramas y concuerdan con las mismas. Los eventos de referencias se especifican en 4.2.

Esta Recomendación proporciona parámetros para cuantificar la calidad de funcionamiento en la parte superior del punto de acceso al servicio (SAP, *service access point*) de la capa enlace de datos (es decir, de trama). Las relaciones cuantitativas entre la calidad de funcionamiento de la red en la capa de trama y la calidad de funcionamiento de la capa física y la calidad de funcionamiento de las capas superiores a la capa de trama (por ejemplo, aplicaciones) serán objeto de ulterior estudio.

4.1 Componentes de una conexión de extremo a extremo

En el contexto de esta Recomendación, una conexión de extremo a extremo se compone de las secciones que se definen a continuación. Los términos definidos se muestran en la Figura 2.

4.1.1 sección de circuito: Sección de circuito de acceso o sección de circuito interredes.

4.1.1.1 sección de circuito de acceso (ACS): Circuito físico o conjunto de circuitos que conecta un equipo terminal de datos (DTE)²⁾ a la central de conmutación de datos (DSE) (local). No incluye partes algunas del DTE o DSE.

4.1.1.2 sección de circuito interredes (ICS): Circuito físico o conjunto de circuitos que conecta una DSE de una red con una DSE de una red diferente. No incluye partes algunas de una u otra DSE.

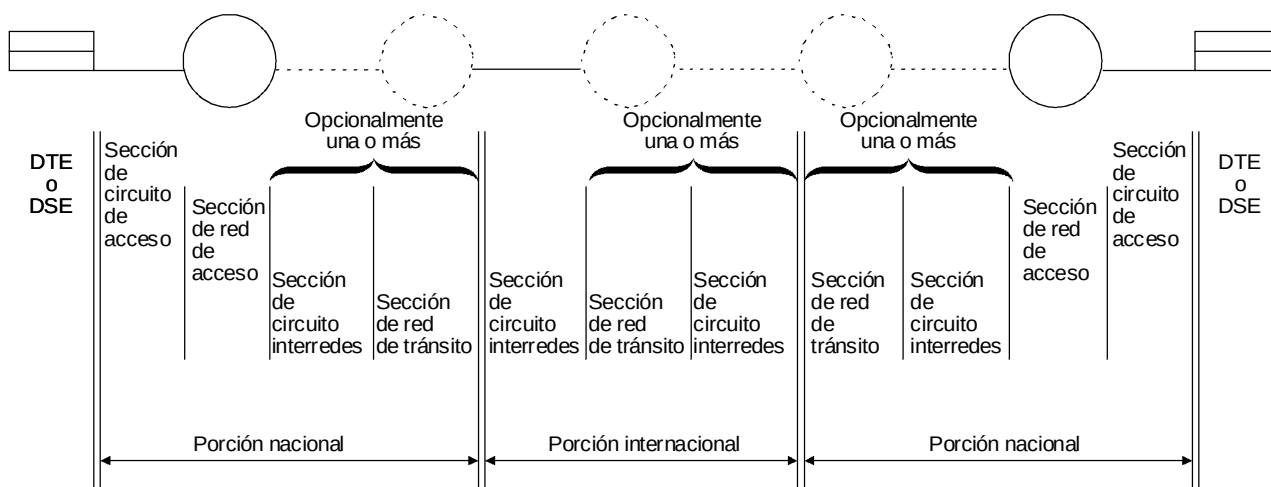
4.1.2 sección de red: Componentes de red que proporcionan la conexión entre dos secciones de circuito. Una sección de red puede ser una sección de red de acceso o una sección de red de tránsito.

4.1.2.1 sección de red de acceso (ANS): Sección de red conectada a una sección de circuito de acceso (por lo menos).

4.1.2.2 sección de red de tránsito (TNS): Sección de red entre dos secciones de circuito interredes.

4.1.3 sección básica de una conexión: Término general que designa una sección de circuito de acceso, una sección de circuito interredes, una sección de red de acceso o una sección de red de tránsito.

4.1.4 frontera de sección: Frontera que separa una sección de red de la sección de circuito adyacente, o que separa una sección de circuito de acceso del DTE adyacente (se denomina también *frontera*).



T0719550-94/d02

FIGURA 2/X.144
Secciones de una conexión virtual internacional

²⁾ En el contexto de esta Recomendación, los encaminadores se consideran DTE.

4.2 Eventos de referencia de transferencia de tramas

En el contexto de esta Recomendación, se aplican las siguientes definiciones a una conexión especificada. Los términos definidos se ilustran en la Figura 3.

4.2.1 evento de referencia de transferencia de trama: Evento que aparece cuando:

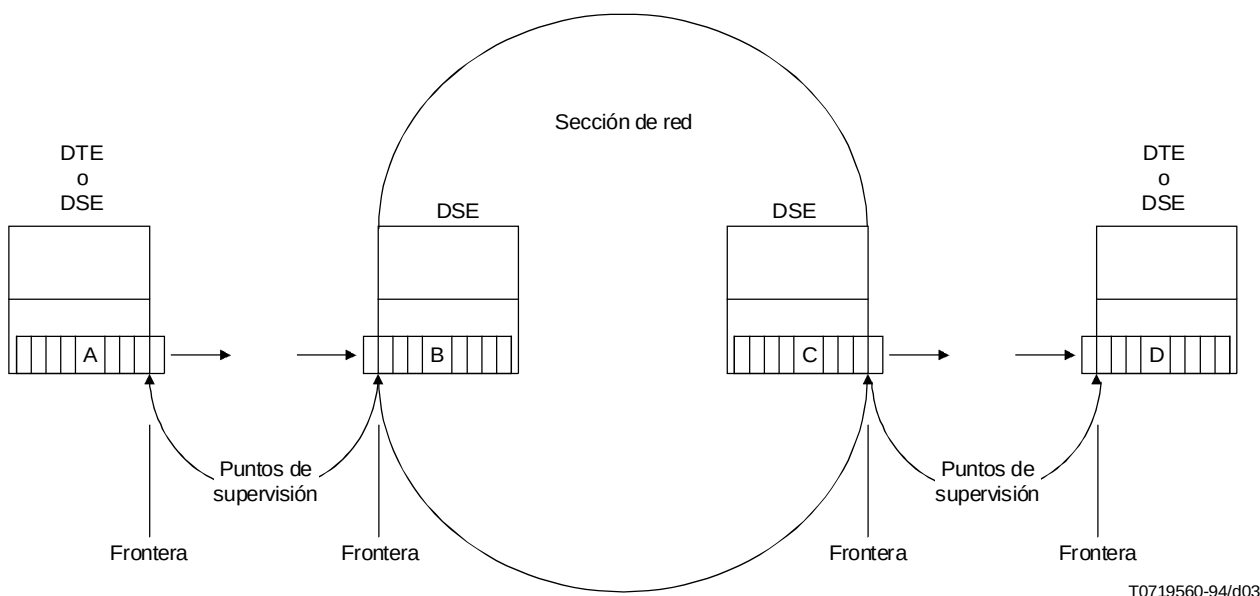
- una trama atraviesa una frontera de sección; y
- la trama es identificada como una trama de información de usuario; y
- el campo DLCI indica que la trama pertenece a esta conexión.

Los eventos de referencia de transferencia de trama pueden observarse en las fronteras físicas que terminan una sección de circuito.

Se definen dos clases de eventos de referencia de transferencia de trama:

4.2.1.1 evento de entrada de trama: Evento de referencia de transferencia de trama que corresponde a la entrada de una trama en una sección de red (procedente de una sección de circuito) o a la entrada de una trama en un DTE (procedente de una sección de circuito de acceso). El instante de aparición de un evento de entrada de transferencia de trama se define para que coincida con el instante en el que el último bit de la bandera de cierre de la trama atraviesa la frontera hacia la sección de red o DTE.

4.2.1.2 evento de salida de trama: Evento de referencia de transferencia de trama que corresponde a la salida de una trama de una sección de red (con destino a una sección de circuito) o a la salida de una trama de un DTE (con destino a una sección de circuito de acceso). El instante de aparición de un evento de salida de transferencia de trama se define para que coincida con el instante en el que el primer bit del campo de dirección de la trama atraviesa la frontera al salir de la sección de red o DTE.



NOTAS

- 1 Eventos de salida de tramas para A y C.
- 2 Eventos de entrada de tramas para B y D.

FIGURA 3/X.144

Ejemplos de eventos de referencia de transferencia de tramas

4.3 Resultados de transferencia de tramas

En lo que sigue se supone que se preserva la secuencia de tramas en una conexión. Dos eventos en una conexión se dicen *correspondientes* si pueden ser relacionados con la misma trama fuente.

Considerando dos eventos de referencia de transferencia de tramas, FE_1 y FE_2 , en B_i y B_j ,³⁾ respectivamente, pueden definirse cuatro resultados de transferencia de tramas. Una trama transmitida es una trama *transferida con éxito, con errores residuales o perdida*. Una trama recibida para la que no existe ninguna trama transmitida correspondiente se dice que es una trama *extra*. Las tramas extra pueden producirse como resultado de errores en la dirección de una trama procedente de una conexión diferente⁴⁾. La Figura 4 ilustra las cuatro definiciones básicas de resultados de transferencia de tramas.

4.3.1 resultado de transferencia de trama con éxito: Se produce un resultado de transferencia de trama con éxito cuando un FE_2 correspondiente a FE_1 ocurre dentro de un tiempo $T_{m\acute{a}x}$ especificado después de FE_1 y:

- 1) la CRC de la trama recibida es válida; y
- 2) el contenido binario del campo de información recibido se ajusta exactamente al de la correspondiente trama transmitida.

Para fines de calidad de funcionamiento, $T_{m\acute{a}x}$ es un límite de tiempo pasado el cual una trama se considera perdida.

NOTA – El valor de $T_{m\acute{a}x}$ debe seguir estudiándose.

4.3.2 resultado de trama con errores residuales: Se produce un resultado trama con errores residuales cuando un FE_2 correspondiente a FE_1 ocurre dentro de un tiempo $T_{m\acute{a}x}$ después de FE_1 y la CRC de la trama recibida es válida, pero el contenido binario del campo de información de usuario de la trama recibida difiere del de la correspondiente trama transmitida (es decir, existen uno o más errores de bit en el campo de información de usuario de la trama recibida).

4.3.3 resultado de trama perdida: Se produce un resultado trama perdida cuando un FE_2 no ocurre dentro del tiempo $T_{m\acute{a}x}$ después del FE_1 correspondiente o no es válida la CRC de la trama recibida. El valor de $T_{m\acute{a}x}$ es el mismo que el utilizado en la definición del resultado trama transferida con éxito.

4.3.4 resultado de trama extra: Se produce un resultado trama extra cuando un FE_2 ocurre sin un FE_1 correspondiente.

5 Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de tramas

Esta cláusula define cinco parámetros de velocidad de servicio, exactitud y seguridad de funcionamiento asociados con la transferencia de trama de información de usuario:

- retardo de transferencia de tramas;
- tasa de pérdida de tramas de información de usuario;
- tasa de errores de trama residuales;
- velocidad de tramas extras; y
- tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas.

Todos los parámetros pueden estimarse a partir de observaciones efectuadas en las fronteras de sección. La Figura 5 muestra las poblaciones estadísticas utilizadas para calcular los parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento seleccionados.⁵⁾

NOTA – El Anexo B define tres parámetros suplementarios de exactitud y seguridad de funcionamiento para bits, asociados con la transferencia de información de usuario en los servicios con retransmisión de tramas: tasa de pérdida de bits de información de usuario, tasa de errores de bit residuales y relación de distorsión de tráfico conforme para bits. Estos parámetros pueden ponerse en correspondencia con los parámetros para tramas definidos en la cláusula 5 (véase la Figura 5).

³⁾ A menos que se indique otra cosa, las fronteras B_i y B_j designan, respectivamente, las fronteras de entrada de trama y de salida de trama que delimitan una sección de conexión arbitraria o un juego concatenado de secciones de conexión. Los parámetros de calidad de funcionamiento se definen con relación a una transferencia de tramas unidireccional.

⁴⁾ No se prevén tramas en secuencia incorrecta ni duplicadas. Si un mecanismo de red imprevisto crea estos eventos, los sistemas de medición pueden catalogarlos como combinaciones de resultados de tramas perdidas, tramas con errores residuales o tramas extra.

⁵⁾ Como se muestra en la Figura 5, el resultado de una trama transferida con éxito o de una trama con errores residuales se designa como una «trama retransmitida».

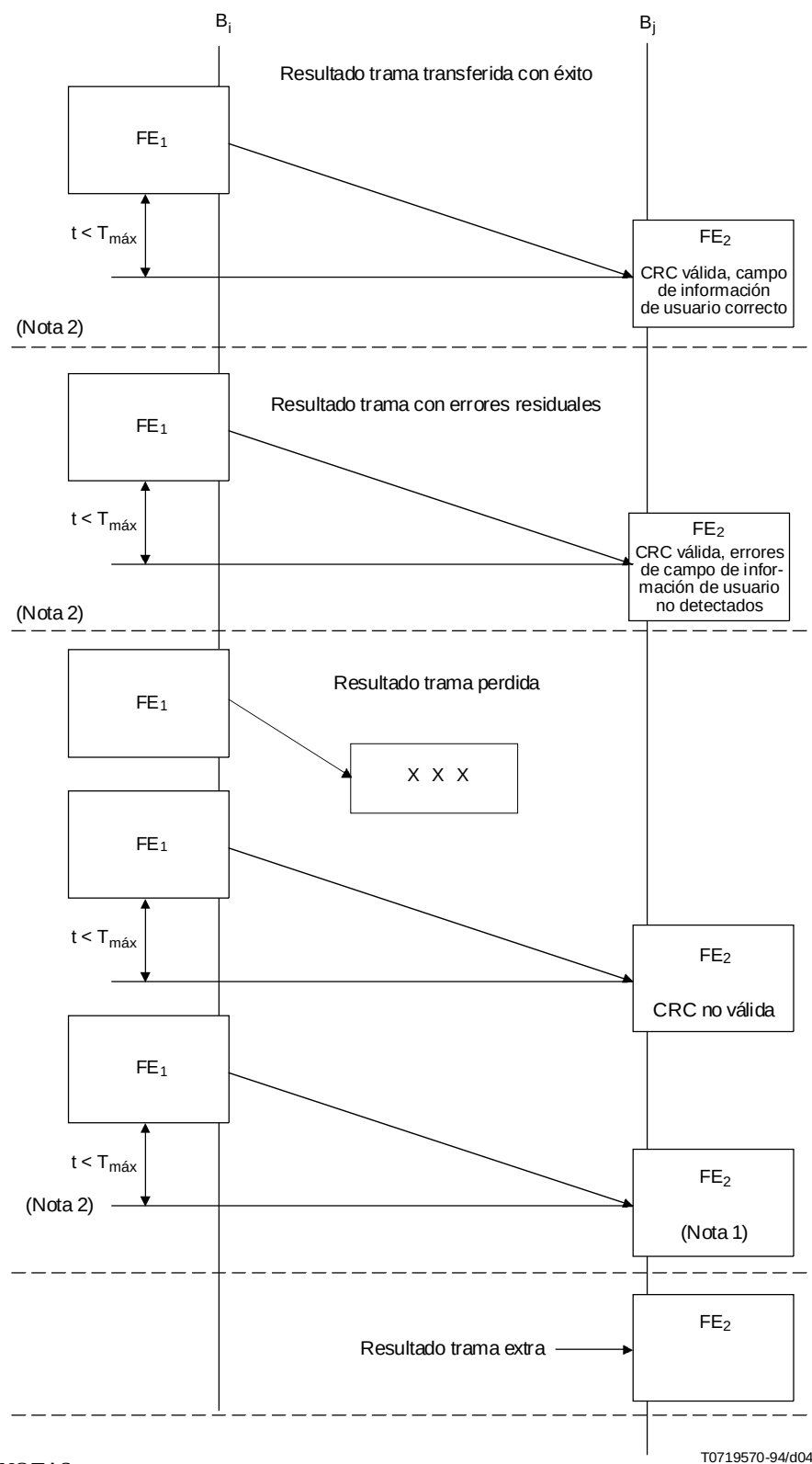
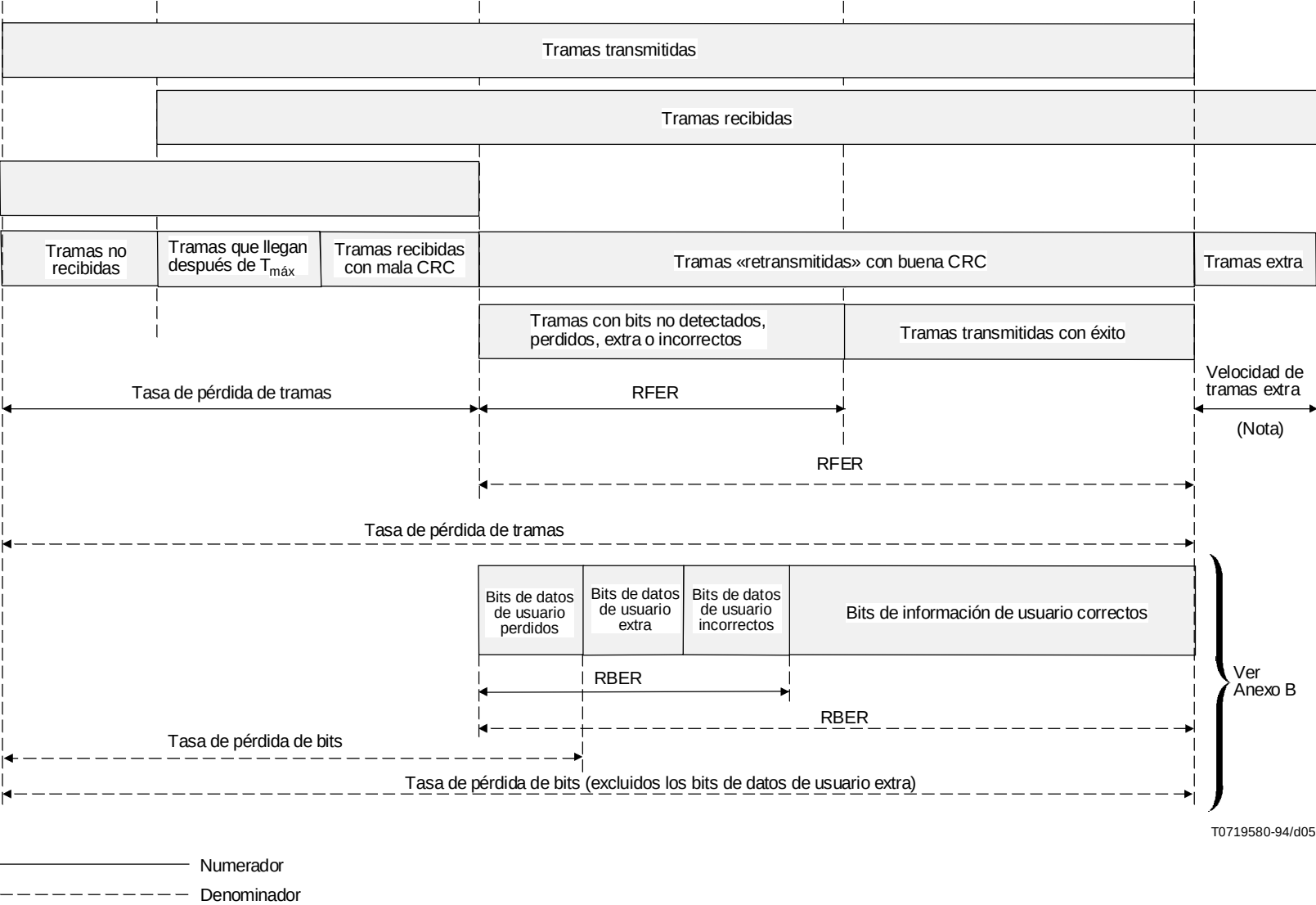


FIGURA 4/X.144
Resultados de transferencia de tramas



T0719580-94/d05

FIGURA 5/X.144

Poblaciones estadísticas utilizadas al definir los parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento seleccionados

5.1 Retardo de transferencia de tramas de información de usuario

El **retardo de transferencia de tramas de información de usuario (FTD, frame transfer delay)** se define como:

$$FTD = t_2 - t_1$$

donde, en una población especificada:

- t_1 es el instante de aparición del primer FE;
- t_2 es el instante de aparición del segundo FE; y
- $t_2 - t_1 \leq T_{máx}$.

El retardo de transferencia de tramas de información de usuario de extremo a extremo es el retardo unidireccional entre fronteras DTE (por ejemplo, B_1 y B_n en la Figura 6).

5.2 Tasa de pérdida de tramas de información de usuario

La **tasa de pérdida de tramas de información de usuario (FLR)** se define como:

$$FLR = \frac{F_L}{F_L + F_S + F_E}$$

donde, en una población especificada:

- F_S es el número total de resultados de tramas transferidas con éxito,
- F_L es el número total de resultados de tramas perdidas, y
- F_E es el número total de resultados de tramas con errores residuales.

Son de particular interés dos casos especiales, FLR_c y FLR_e .

5.2.1 FLR_c

La FLR_c para tramas marcadas $DE = 0$ debe permanecer relativamente constante mientras el tráfico $DE = 0$ total no exceda la $CIR = B_c/T_c$. Si el tráfico $DE = 0$ excede la CIR, algunas tramas $DE = 0$ pueden descartarse inmediatamente o convertirse en tramas $DE = 1$, posiblemente aumentando la FLR para tráfico $DE = 0$ ⁶⁾.

FLR_c se define como la FLR para una población de tramas con $DE = 0$ cuando todas las tramas $DE = 0$ son conformes con la CIR. Si la red acepta todas las tramas conformes de acuerdo con la prueba descrita en el Anexo A, FLR_c es la probabilidad de que una trama $DE = 0$ aceptada como conforme se pierda posteriormente. La conformidad con la CIR se juzga utilizando la prueba descrita en el Anexo A.

NOTA – Las tramas $DE = 0$ retransmitidas con el bit DE cambiado a $DE = 1$ se incluyen en el cálculo de FLR_c .

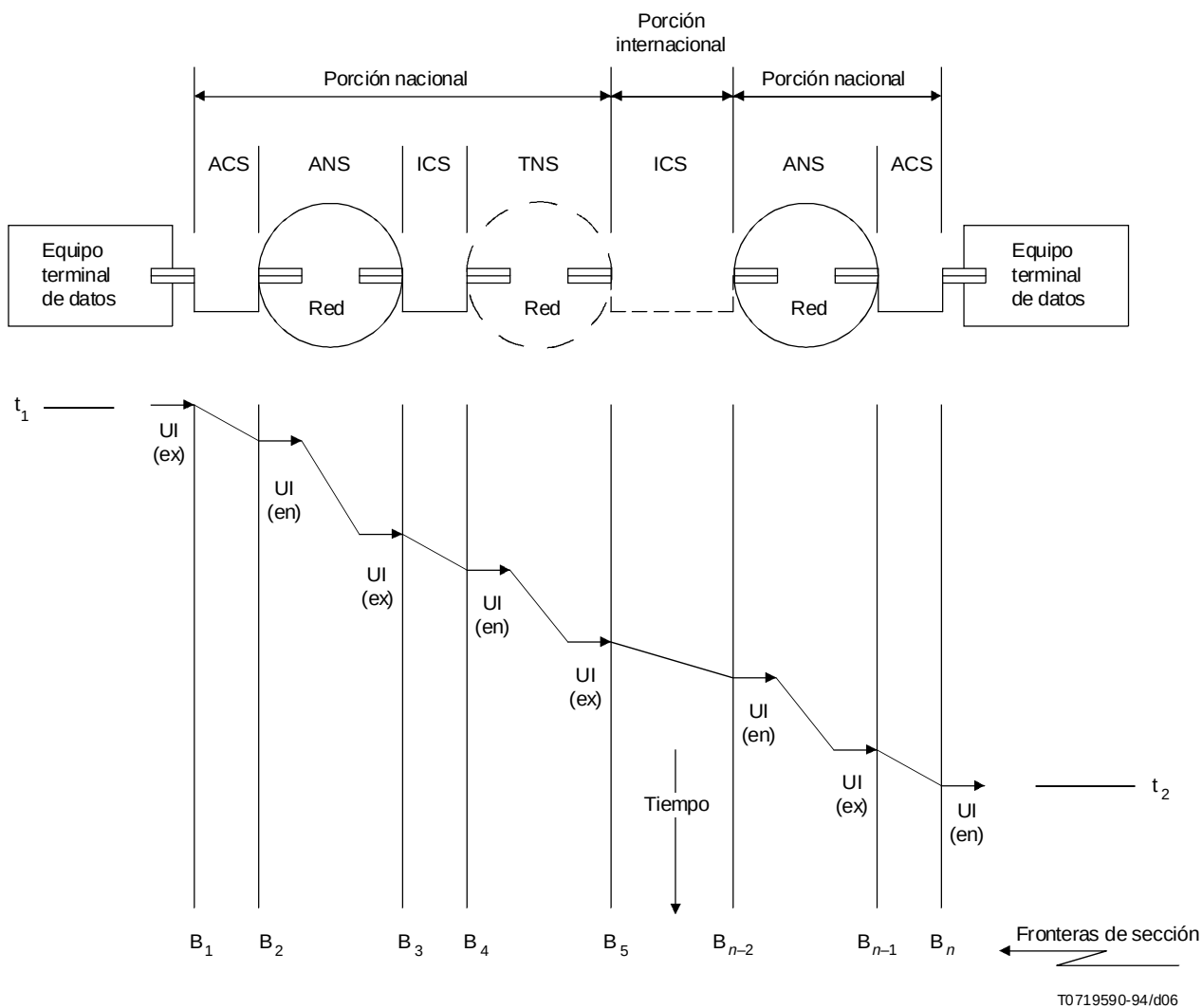
5.2.2 FLR_e

Las tramas pueden marcarse $DE = 1$ antes o inmediatamente después de cruzar la frontera de la sección de entrada. La característica de pérdida para todas dichas tramas debe permanecer relativamente constante mientras el tráfico $DE = 1$ total no exceda la $EIR = B_e/T_c$ ⁷⁾. Si el tráfico $DE = 1$ total excede la EIR, algunas tramas $DE = 1$ pueden descartarse inmediatamente, posiblemente aumentando la FLR para el tráfico $DE = 1$ ⁸⁾.

⁶⁾ La velocidad a la que FLR aumenta cuando el tráfico ofrecido excede de CIR y EIR ($= B_e/T_c$) puede variar entre proveedores de redes. Algunos proveedores de redes ofrecen explícitamente transportar este tráfico extra. Estos ofrecimientos pueden tener una mayor probabilidad de notificación de congestión, retardos o ráfagas de pérdida.

⁷⁾ B_c , B_e , T_c y CIR se definen en [4], Recomendación I.370 – Gestión de la congestión para el servicio portador RDSI con retransmisión de tramas, subcláusula 1.2. Sus relaciones entre sí y con el bit DE se ilustran en la subcláusula 1.6 de [4].

⁸⁾ Véase la Nota 6 de pie de página.



UI FE de transferencia de información de usuario
(FE específicos para ulterior estudio)
en Entrada (*entry*)
ex Salida (*exit*)

NOTA – ($t_1 - t_2$) pueden observarse en el lado llamante y lado llamado de cualquier porción de conexión virtual.

FIGURA 6/X.144
Eventos de retardo de transferencia de tramas de información de usuario

FLR_e se define como la FLR para una población de tramas introducidas con DE = 1 cuando todas las tramas DE = 1 de entrada son conformes con la EIR y todas las tramas DE = 0 son conformes con la CIR. Si la red acepta todas las tramas conformes de acuerdo con la prueba descrita en el Anexo A, FLR_e es la probabilidad de que una trama DE = 1 de entrada aceptada como conforme se pierda posteriormente. La conformidad con EIR y CIR se juzga utilizando la prueba descrita en el Anexo A.

Para fines de evaluación, ya que no existe un modo preciso de cuantificar la cantidad de tráfico DE = 0 que la red convierte a DE = 1, el parámetro FLR_e se define sólo en términos de tramas introducidas como DE = 1. Mientras el tráfico DE = 1 total no exceda la EIR, se cree que el tráfico marcado DE = 1 de redes experimentará tasas de pérdida similares a FLR_e.

5.3 Tasa de errores de trama residuales

La **tasa de errores de trama residuales (RFER)**⁹⁾ se define como:

$$RFER = \frac{F_E}{F_E + F_S}$$

donde, en una población especificada:

- F_S es el número total de resultados de tramas transferidas con éxito, y
- F_E es el número total de resultados de tramas con errores residuales.

5.4 Velocidad de tramas extra

La **velocidad de tramas extra (EFR)** se define como:

$$EFR = \frac{E_F}{T_{EFR}}$$

donde:

E_F es el número total de resultados de tramas extra observados durante un intervalo de tiempo especificado T_{EFR} .

Esta tasa puede expresarse como el número de resultados de tramas extra por segundo de conexión.¹⁰⁾

5.5 Tasa de distorsión de tráfico conforme para tramas

El agrupamiento de tramas causado por la red o el marcado excesivo de tráfico conforme como DE = 1 puede producir pérdida de tramas en los elementos de red hacia el destino. Por tanto, la tasa de distorsión de tráfico conforme para tramas (FCTDR) se define para ayudar a diagnosticar problemas con la FLR.

La relación entre la FCTDR y la FLR hacia el destino depende considerablemente del modo en que los proveedores de red colaboran para cumplir sus compromisos en relación con las CIR y EIR de extremo a extremo (implícitas). En algunos casos, una red hacia el destino puede suministrar deliberadamente B_c y B_e mayores, o T_c menor para compensar el agrupamiento de tramas hacia el origen. Asimismo, la FCTDR puede no ser pertinente para dispositivos de terminación que no tienen en cuenta las llegadas en ráfaga o el estado DE de las tramas recibidas. Por ambos motivos, no se pueden establecer objetivos de red para la característica de FCTDR.

⁹⁾ Este parámetro de exactitud designa los errores de trama de información de usuario residuales causados por degradaciones de transmisión o de conmutación introducidas en una conexión especificada.

¹⁰⁾ Por definición, una trama extra es una trama recibida que no tiene una trama transmitida correspondiente en esa conexión. Las tramas extra en una determinada conexión pueden ser causadas por un error no detectado en la dirección de una trama originada en una conexión diferente o por una traducción incorrectamente programada de direcciones para tramas originadas en una conexión diferente. Como ninguno de estos mecanismos tiene relación directa con el número de tramas transmitidas en la conexión observada, este parámetro de calidad de funcionamiento no puede expresarse como una tasa de cómputo de trama, sino sólo como una velocidad.

Las tramas conformes a la CIR en una frontera de entrada pueden perderse, agruparse o etiquetarse como DE = 1 de manera que se reduzca el número de tramas conformes a CIR en la frontera de salida. La tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas para tráfico DE = 0 (FCTDR_c) mide la reducción del tráfico conforme debida únicamente a agrupamiento o etiquetado.

El **parámetro FCTDR_c** se define como sigue:

$$FCTDR_c = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n$$

donde:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la } \hat{C}IR \text{ en } B_j, \\ 0 & \text{est\'a marcada DE = 1 en } B_j, \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

y

{A₁, A₂, ..., A_N} designa una secuencia de N tramas, todas introducidas con DE = 0, conformes a la CIR en B_j, y son todas retransmitidas a B_j.

$\hat{C}IR$ es la modificación de CIR descrita en el Anexo A.

Las tramas conformes a la EIR en una frontera de entrada, B_i, pueden perderse o agruparse de manera que se reduzca el número de tramas conformes a la EIR en la frontera de salida. La tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas para tráfico DE = 1 (FCTDR_e) mide la reducción de tráfico no conforme debida solamente al agrupamiento.

El **parámetro FCTDR_e** se define como sigue:

$$FCTDR_e = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n$$

donde:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la } \hat{E}IR \text{ en } B_j, \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

y

{A₁, A₂, ..., A_N} designa una secuencia de N tramas, todas introducidas con DE = 1, conformes a EIR en B_j, y son todas retransmitidas a B_j.

$\hat{E}IR$ es la modificación de EIR descrita en el Anexo A.

NOTA – La necesidad de objetivos de FCTDR deberá seguir estudiándose.

5.6 Parámetros relacionados con el flujo de tramas

Debe seguir estudiándose la necesidad de parámetros de calidad de funcionamiento de red que describan el flujo efectivo de tramas en una conexión. Dichos parámetros se necesitarán si se aplican mecanismos de control de flujo en los servicios con retransmisión de tramas. Un parámetro útil podría ser la diferencia (positiva) entre la velocidad de información concertada negociada y la velocidad efectiva de transferencia de información. Pueden ser también de utilidad medidas de los mecanismos específicos de control de flujo.

NOTA – El Apéndice II trata los efectos sobre la calidad de funcionamiento asociados con las indicaciones de congestión de la red (es decir FECN, BECN, CLLM), y formula recomendaciones generales para controlar estos efectos.

6 Disponibilidad de circuito virtual permanente (PVC)

Esta cláusula especifica los parámetros de disponibilidad PVC para los tipos de sección definidos en la cláusula 5. Un modelo de dos estados proporciona una base para describir la disponibilidad global del servicio PVC. Una función disponibilidad especificada compara los valores de un conjunto de valores primarios «soportados» con los correspondientes umbrales de interrupción para clasificar el servicio como «disponible» (sin interrupción del servicio) o «indisponible» (con interrupción del servicio) en periodos de observación sucesivos. Esta cláusula especifica la función disponibilidad PVC y define los parámetros de disponibilidad PVC que caracterizan el proceso aleatorio binario resultante.

En esta cláusula se definen dos parámetros de disponibilidad: disponibilidad del servicio PVC y tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. Cada parámetro puede aplicarse a cualquier sección básica y a una conexión de extremo a extremo.

6.1 Función disponibilidad PVC

Se utilizan cuatro parámetros de calidad de funcionamiento, definidos en la cláusula 5, al calcular la disponibilidad PVC:

- tasa de pérdida de tramas de información de usuario (para tráfico ofrecido conforme con la CIR);
- tasa de pérdida de tramas de información de usuario (para tráfico ofrecido conforme con EIR);
- tasa de errores de trama residuales; y
- velocidad de tramas extra.

Estos parámetros se denominan los parámetros de decisión de disponibilidad. Cada parámetro de decisión está asociado con un umbral de interrupción. Estos parámetros de decisiones y sus umbrales de interrupción se enumeran en el Cuadro 1.

CUADRO 1/X.144

Criterios de interrupción para los parámetros de decisión de disponibilidad

Parámetros de decisión de disponibilidad	Criterios
FLR _c ^{a)} – Tasa de pérdida de tramas de información de usuario para una población de tramas con DE = 0 cuando todas las tramas DE = 0 son conformes a la CIR	FLR _c > C ₁
FLR _e ^{b)} – La tasa de pérdida de tramas de información de usuario para una población de tramas introducidas con DE = 1 cuando todas las tramas DE = 1 introducidas son conformes a la EIR y todas las tramas DE = 0 son conformes a la CIR	FLR _e > C ₂
RFER – Tasa de errores de trama residuales	RFER > C ₃
EFR – Velocidad de tramas extra	EFR > C ₄
a) Aplicable solamente como un parámetro de decisión de disponibilidad cuando CIR > 0. Si se observa una FLR alta, el tráfico DE = 0 ofrecido debe reducirse a CIR antes de juzgar el estado de disponibilidad. b) Aplicable solamente como un parámetro de decisión de disponibilidad cuando CIR = 0 y no hay tramas DE = 0. Si se observa una FLR alta, el tráfico DE = 1 ofrecido debe reducirse a EIR antes de juzgar el estado de disponibilidad. NOTA – La sección de conexión (o conjunto de secciones) se puede considerar también indisponible si la capa física subyacente en cualquiera de las dos fronteras de sección está indisponible (no hay señal, condición de alarma, etc.) debido a causas dentro de la sección o secciones de conexión.	

La calidad de funcionamiento se considera independientemente con relación a cada parámetro de decisión de disponibilidad. Si el valor del parámetro es igual o mejor que el umbral de interrupción definido, la calidad de funcionamiento relativa a ese parámetro se define como aceptable. Si el valor del parámetro es peor que el umbral, la calidad de funcionamiento relativa a ese parámetro se define como inaceptable.

Un conjunto de secciones de conexión comprendidas entre las fronteras B_i y B_j se define como disponible (o que está en el estado de disponibilidad) si la calidad de funcionamiento es aceptable con relación a todos los parámetros de decisión.

Un conjunto de secciones de conexión comprendidas entre las fronteras B_i y B_j se define como indisponible (o que está en el estado de indisponibilidad) si la calidad de funcionamiento de uno o más de los cuatro criterios de decisión es inaceptable.

Los intervalos durante los cuales una sección de conexión o un conjunto concatenado de secciones de conexión están indisponibles se identifican superponiendo los periodos de calidad de funcionamiento inaceptable para todos los parámetros de decisión, como se ilustra en la Figura 7.

Con el fin de excluir las degradaciones transitorias para que no se consideren periodos de indisponibilidad, una prueba individual del estado de disponibilidad debe durar cinco minutos o más. Para reducir la probabilidad de transiciones de estado durante una prueba del estado de disponibilidad en ese momento, cada prueba debe durar menos de 20 minutos.

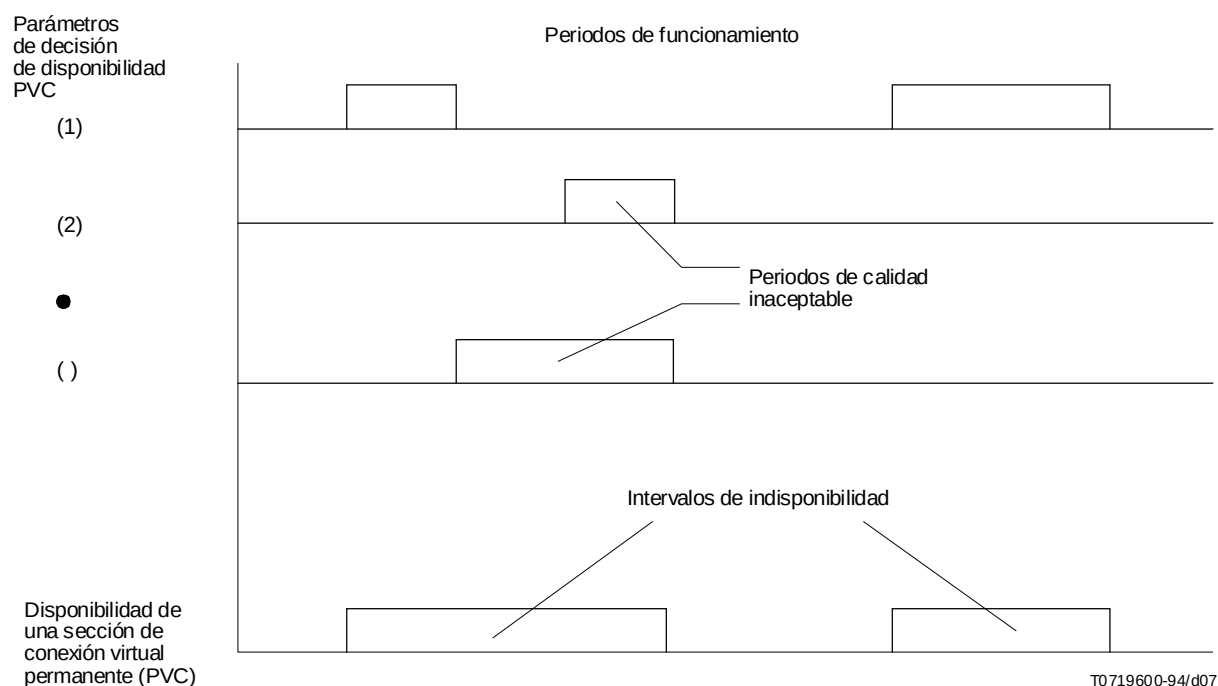


FIGURA 7/X.144
Determinación de los estados de disponibilidad PVC con retransmisión de tramas

6.2 Parámetros de disponibilidad PVC

Se definen dos parámetros de disponibilidad:

- disponibilidad del servicio PVC; y
- tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC (MTBSO).

6.2.1 Definición de disponibilidad del servicio PVC

La disponibilidad del servicio definida en la cláusula 6 se aplica a los servicios PVC. La **disponibilidad del servicio PVC** es el porcentaje a largo plazo del tiempo de servicio programado en el cual una sección o el conjunto concatenado de secciones está disponible.

El tiempo de servicio programado para un PVC es el tiempo durante el cual el proveedor de red ha acordado que ese PVC esté disponible para el servicio. Normalmente, el servicio programado es 24 horas por día y 7 días por semana.¹¹⁾

6.2.2 Definición de tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC

El tiempo medio entre interrupciones del servicio definido en la cláusula 6 se aplica a los servicios PVC. El **tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC** es la duración media de cualquier intervalo continuo durante el cual la sección del PVC o el conjunto concatenado de secciones está disponible. Los intervalos consecutivos de tiempo de servicio programado se concatenan.

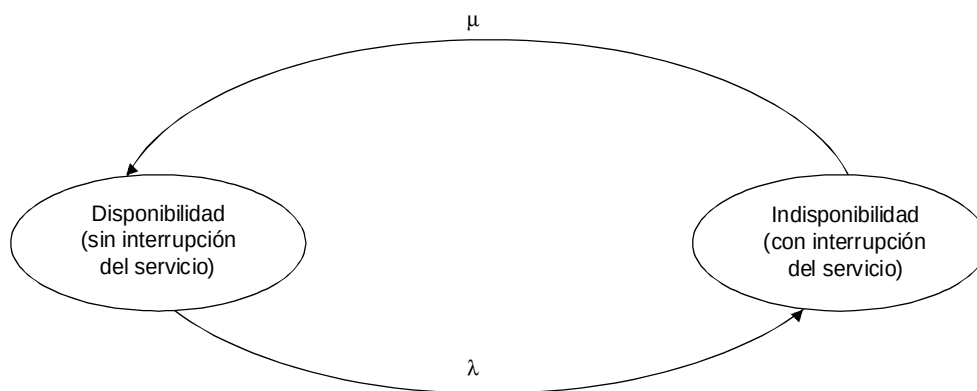
¹¹⁾ En algunas redes pueden especificarse otros tiempos de servicio programado.

6.2.3 Parámetros conexos

Se utilizan ordinariamente otros cuatro parámetros al describir la característica de disponibilidad. Estos se definen en general como sigue:

- **tiempo medio de restablecimiento del servicio** (MTTSR, *mean time to service restoral*) es la duración media de los intervalos de tiempo de indisponibilidad del servicio;
- **tasa de fallos (λ)** es el número medio de transiciones del estado de indisponibilidad al estado de disponibilidad por unidad de tiempo de indisponibilidad;
- **tasa de restablecimiento (μ)** es el número medio de transiciones del estado de indisponibilidad al estado de disponibilidad por unidad de tiempo de disponibilidad;
- **indisponibilidad** (U, *unavailability*) es la relación a largo plazo de tiempo de indisponibilidad del servicio/tiempo de servicio programado, expresada en porcentaje.

Suponiendo una distribución exponencial de los fallos y los restablecimientos, los valores matemáticos de cualquiera de estos parámetros pueden estimarse a partir de los valores de la disponibilidad del servicio (SA) y del tiempo medio entre interrupciones del servicio (MTBSO), como se resume en la Figura 8.



a) Diagrama de estados

$$MTBSO = \frac{1}{\lambda} \qquad MTTSR = \frac{1}{\mu}$$

$$SA = 100 \left[\frac{MTBSO}{MTBSO + MTTSR} \right] = 100 \left[\frac{\mu}{\lambda + \mu} \right]$$

$$U = 100 - SA = 100 \left[\frac{MTTSR}{MTBSO + MTTSR} \right] = 100 \left[\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right]$$

T0719610-94/d08

b) Relaciones de parámetros

FIGURA 8/X.144
Modelo básico y parámetros de disponibilidad

Anexo A

Prueba de conformidad para la evaluación de la calidad de funcionamiento

(Este anexo forma parte integrante de esta Recomendación)

A.1 Motivación

No existen normas sobre el modo en que las redes deben determinar la conformidad con la CIR y la EIR. Son aceptables todas las realizaciones de red razonables que admiten normalmente tráfico B_c y B_e en unidades de tiempo T_c . Sin embargo, FLR_c y FLR_e (en 5.2.1 y 5.2.2), FCTDR (en 5.5) y la disponibilidad (véase la cláusula 6) exigen la noción de conformidad. Para poder evaluar FLR_c , FLR_e , FCTDR, y la característica de disponibilidad de una manera normalizada, es necesario disponer de un modo normalizado de determinar la conformidad.

Este anexo proporciona la prueba normalizada que se ha de utilizar para determinar la conformidad del tráfico con retransmisión de tramas para los fines indicados de evaluación de calidad de funcionamiento. La prueba, denominada el doble puente peligroso (DDB, *double dangerous bridge*), se seleccionó por creer que era más rigurosa que cualquier otra prueba de conformidad realizada por la red para determinar la validez del tráfico.

Dado que se permite a las redes que descarten (o marquen como DE) todas las tramas en exceso de CIR o EIR, suele ser conveniente que tales tramas no se cuenten frente a una medición de FLR o FCTDR. Se considera que, por lo menos, el DDB es tan riguroso para determinar la conformidad que cualquier prueba de conformidad con retransmisión de tramas regular. Por tanto, todo tren de tramas que el DDB determine como completamente conforme será aceptado como completamente conforme por cualquier red regular. Cada trama de estos trenes debe, en principio, ser aceptada por la red sin descarte ni marcado. Así, los trenes de tramas que el DDB determine como completamente conformes son útiles para estimar la característica de pérdida de tramas dentro de una red, a la vez que se evitan los efectos admisibles de la determinación de la validez del tráfico.

Por conveniencia del abonado, los proveedores de redes pueden transportar tráfico por encima de las CIR y EIR negociadas. Sin embargo, como no existe ningún modo normalizado de ofrecer esta capacidad extra, esta Recomendación no incluye medidas de calidad de funcionamiento para tales ofrecimientos. Los usuarios de esta capacidad deben ser conscientes de que puede haber una mayor probabilidad consiguiente de que se produzcan FECN, BECN, CLLM, pérdida de tramas, retardo y distorsión de conformidad.

A.2 Uso normalizado limitado

El único uso normalizado del DDB es para los fines de evaluación de calidad de funcionamiento antes descritos. No se trata de una norma para aplicación en las redes. Sin embargo, los diseños para determinar la validez del tráfico pueden compararse con el DDB para confirmar que son menos rigurosos y más tolerantes que el DDB. Como se ha indicado, el DDB se considera tan riguroso que es muy improbable que ningún criterio práctico de determinación de validez rechazase tramas aprobadas por el DDB.

A.3 Definición del DDB

El algoritmo DDB calcula el número total de bits de datos de usuario en una ventana deslizante de duración T_c . Se efectúan dos comparaciones con B_x , donde B_x es B_c o B_e , según que se evalúe la CIR o la EIR. En la primera, se compara el número total de bits de datos de usuario incluidos en las tramas de información en las que el primer bit de la trama está dentro de la ventana vigente y en la segunda se compara el número total de bits de datos de usuario incluidos en tramas de información en las que el último bit de la trama está dentro de la ventana vigente. Si cualquiera de estos números excede de B_x , una trama en la ventana se declara no conforme. Se desprende de esta descripción que el DDB nunca permite más de B_x bits de datos en cualquier ventana T_c , lo cual no es cierto para ningún criterio de determinación de validez de tráfico conocido. Además, con algunas hipótesis mínimas sobre la determinación de la validez del tráfico, puede demostrarse rigurosamente la naturaleza sumamente estricta del DDB.

En la figura A.1 se muestra una aplicación del DDB. El DDB se puede realizar de distintas maneras; sin embargo, cualquiera de ellas debe producir las mismas decisiones sobre conformidad que el algoritmo presentado aquí.

Se calculan dos cuentas totales para un tren de tramas en la frontera especificada:

- 1) La variable count_fbw es la cuenta acumulada total de los bits de datos de usuario de las tramas cuyos primeros bits están en la ventana T_c . La variable fbw_list es la lista de tramas con sus primeros bits en la ventana T_c vigente.
- 2) La variable count_lbw es la cuenta acumulativa total de los bits de datos de usuario de las tramas cuyos últimos bits están en la ventana T_c . La variable lbw_list es la lista de tramas con sus últimos bits en la ventana T_c vigente.

Si B_x es excedido por cualquiera de estas dos cuentas, la aplicación de la Figura A.1 de la DDB declara la trama más reciente en la ventana T_c como una trama no conforme.

NOTA – Al evaluar FLR_c , FLR_e , y la disponibilidad, las cuentas de tramas no conformes y bits de datos de estas tramas no son pertinentes. Lo que es pertinente es saber si la DDB determina que el tren completo es conforme.

A.4 Utilización del DDB al evaluar la FCTDR

La FCTDR compara el volumen de tráfico conforme en una interfaz hacia el destino con el volumen de tráfico conforme en una interfaz hacia el origen. La determinación de si un tren de tráfico es conforme en una interfaz hacia el destino debe permitir algún agrupamiento de tramas en los elementos hacia el origen. Un parámetro, ϵ , denominado «tolerancia de agrupamiento de tramas» puede utilizarse para establecer este margen.

En una conexión dada, considérese el flujo de tramas de información de usuario entre dos fronteras que delimitan un conjunto de secciones de conexión concatenadas. Sea T_c el intervalo de tiempo en el cual B_x (que representa B_c para CIR y B_e para EIR) se evalúa en la frontera de entrada. Para permitir una cantidad razonable de agrupamiento al evaluar FCTDR, la conformidad del tráfico en la frontera de salida debe compararse utilizando T_c CIR y EIR modificada:

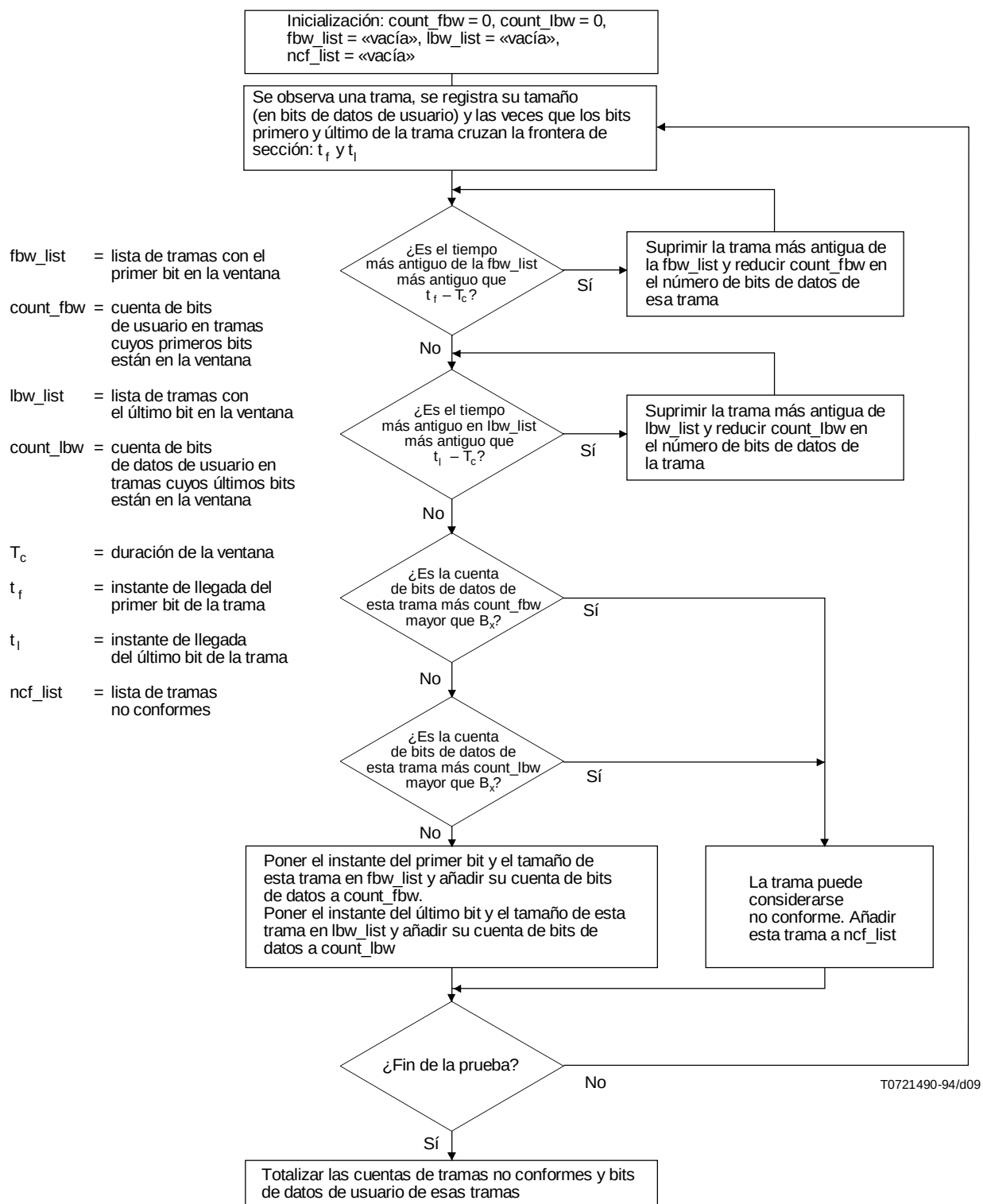
$$\hat{T}_c = T_c - \epsilon$$

$$\hat{CIR} = B_c / \hat{T}_c$$

$$\hat{EIR} = B_e / \hat{T}_c$$

$$(T_c > \epsilon > 0)$$

NOTA – La especificación de ϵ requiere ulterior estudio.



NOTAS

- 1 Son posibles otras realizaciones.
- 2 $B_x = B_c$ o B_e .
- 3 Cuando se rebasa B_x , este algoritmo declara la trama más reciente de la ventana T_c como trama no conforme. Los algoritmos razonables deben hacerlo así o identificar una trama más corta en la ventana vigente.

FIGURA A.1/X.144
Realización del doble puente peligroso

Anexo B

Parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento para bits

(Este anexo forma parte integrante de esta Recomendación)

Este anexo define tres parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento específicos del protocolo, basados en bits, asociados con la transferencia de información de usuario en los servicios con retransmisión de tramas:

- tasa de pérdida de bits de información de usuario;
- tasa de errores de bit residuales; y
- tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits.

Estos parámetros complementan los correspondientes parámetros basado en tramas (tasa de pérdida de tramas de información de usuario, tasa de errores de trama residuales y tasa de distorsión de tráfico conforme basada en tramas) definidas en la cláusula 5. La Figura 5 muestra las poblaciones estadísticas utilizadas para calcular estos parámetros de exactitud y de seguridad de funcionamiento.

NOTA – A menos que se indique otra cosa, las condiciones pertinentes estipuladas en las cláusulas 1 a 5 se aplican en el Anexo B.

B.1 Tasa de pérdida de bits de información de usuario

La **tasa de pérdida de bits de información de usuario (BLR bit loss ratio)** se define como:

$$BLR = \frac{B_L + B_M}{B_S + B_R + B_L + B_M}$$

donde, en una población especificada:

- B_S es el número total de bits de información de usuario en resultados de tramas transferidas con éxito;
- B_R es el número total de bits de información de usuario en resultados de tramas con errores residuales;
- B_L es el número total de bits de información de usuario en resultados de tramas perdidas; y
- B_M es el número total de bits de información de usuario residualmente perdidos (es decir, que faltan) en resultados de tramas con errores residuales.

Son de particular interés dos casos especiales.

B.1.1 BLR_c: BLR_c se define como la BLR para una población de tramas con DE = 0 cuando todas las tramas DE = 0 son conformes con la CIR.

B.1.2 BLR_e: BLR_e se define como la BLR para una población de tramas introducidas con DE = 1 cuando todas las tramas DE = 1 de entrada son conformes con la EIR y todas las tramas DE = 0 son conformes con la CIR.

B.2 Tasa de errores de bit residuales

La **tasa de errores de bit residuales (RBER residual bit error ratio)**¹²⁾ se define como:

$$RBER = \frac{B_M + B_E + B_X}{B_C + B_M + B_E + B_X}$$

donde, en una población especificada:

- B_C es el número total de bits de información de usuario correctos en resultados de tramas transferidas con éxito o tramas con errores residuales;

¹²⁾ Este parámetro de exactitud designa los errores de bits de información de usuario residuales causados por degradaciones de transmisión o de conmutación introducidas en una conexión virtual especificada.

- B_M es el número total de bits de información de usuario residualmente perdidos (es decir, que faltan) en resultados de tramas con errores residuales;
- B_E es el número total de bits de información de usuario residualmente incorrectos (es decir, invertidos) en los resultados de tramas con errores residuales; y
- B_X es el número total de bits de información de usuario y residualmente extra (es decir, adicionales) en resultados de tramas con errores residuales.

En la práctica, no es posible en todos los casos distinguir entre apariciones de bits de información de usuario residualmente incorrectos, residualmente perdidos y residualmente adicionales sin comparación de los bits de datos vistos en las fronteras.

B.3 Tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits: La tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits con tráfico DE = 0 se define como:

$$BCTDR_c = \frac{1}{N_A} \sum_{n=1}^N F_n b_n$$

donde

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la CÎR en } B_j, \\ & \text{o está marcada DE = 1 en } B_j, \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ designa una secuencia de N tramas, todas introducidas con DE = 0, conformes a la CIR en B_j , y son todas retransmitidas a B_j .

CÎR es la modificación de CIR que se describe en el Anexo A,

b_n es el número de bits de información de usuario en la trama A_n ($n = 1, 2, \dots, N$), y

$$N_A = \sum_{n=1}^N b_n$$

es el número total de bits de información de usuario en las tramas $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$.

NOTA – La necesidad de objetivos para $BCTDR_c$ requiere ulterior estudio.

La tasa de distorsión de tráfico conforme basada en bits con tráfico DE = 1 se define como:

$$BCTDR_e = \frac{1}{N_A} \sum_{n=1}^N F_n b_n$$

donde

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trama } A_n \text{ no es conforme a la EÎR en } B_j, \\ 0 & \text{en otros casos} \end{cases}$$

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ designa una secuencia de N tramas, introducidas con DE = 1, conformes a la EIR en B_j , y retransmitidas a B_j .

EÎR es la modificación de EIR que se describe en el Anexo A,

b_n es el número de bits de información de usuario en la trama A_n ($n = 1, 2, \dots, N$), y

$$N_A = \sum_{n=1}^N b_n$$

es el número total de bits de información de usuario en las tramas $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$.

NOTA – La necesidad de objetivos para $BCTDR_e$ requiere ulterior estudio.

Apéndice I

Estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad PVC

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación)

I.1 Prueba mínima para determinar la disponibilidad del servicio PVC

La definición de la disponibilidad del servicio de circuito virtual permanente (PVC) exige que la calidad de funcionamiento observada de los cuatro parámetros de decisión se comparen con los umbrales de interrupción. Si la prueba siguiente se realiza con éxito una vez, se considera suficiente para declarar disponible la sección PVC. Un solo fallo de una sección en satisfacer cualquiera de los cuatro criterios individuales se considera suficiente para declarar indisponible la sección PVC. Esta prueba y sus criterios de decisión se consideran los mínimos criterios necesarios para comprobar la disponibilidad de la sección.

La prueba de disponibilidad mínima puede ser efectuada en uno u otro sentido a través de la sección por equipo y componentes fuera de la sección. Para asegurar que la prueba de disponibilidad no falla de resultados de una entrada insuficiente o excesiva, se necesita un intento de cinco minutos para mantener el tráfico $DE = 0$ conforme con CIR, si $CIR > 0$, y de tráfico $DE = 1$ conforme con EIR, si $CIR = 0$. Hay tres criterios para decidir si la prueba ha fallado o ha tenido éxito:

- 1a) ($CIR > 0$) – La prueba falla si la FLR_c es mayor que N_1 ;
- 1b) ($CIR = 0$) – La prueba falla si la FLR_e es mayor que N_2 ;
- 2) La prueba falla si la RFER es mayor que N_3 ;
- 3) La prueba falla si la velocidad de tramas extra es mayor que N_4 .

Si una prueba cumple los criterios de decisión, la prueba tiene éxito y se considera que el PVC soportado por la sección que está disponible durante la prueba. Si la sección falla la prueba para uno o más criterios de decisión, se considera que el PVC soportado por la sección ha estado indisponible durante el tiempo de la prueba.

I.2 Procedimientos para estimar la disponibilidad del servicio PVC

Una estimación suficiente del porcentaje de disponibilidad del servicio PVC puede calcularse como sigue. Sobre la base de una estimación *a priori* de la disponibilidad del servicio, se elige un tamaño de muestra s , no inferior a 300. Se eligen s instantes de prueba durante un tiempo de servicio programado, que se distribuyen en un largo periodo de medición (por ejemplo, 6 meses). Debido a las duraciones previstas de las interrupciones del servicio, no se eligen dos instantes de prueba más próximos entre sí que 7 horas (lo que sirve para mantener no correlacionadas las observaciones). Los instantes de prueba deben distribuirse uniformemente a lo largo del tiempo de servicio programado. En cada instante de prueba predeterminado, se efectúa la prueba de disponibilidad descrita en I.1. Si la prueba falla, la sección se declara indisponible para esa muestra. En otros casos, la sección se declara disponible. La estimación del porcentaje de disponibilidad del servicio PVC es el número de veces que la sección se declaró disponible, multiplicado por 100, y dividido por el número total de muestras.

I.3 Procedimientos para estimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC

Puede calcularse una estimación suficiente del parámetro tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC tomando muestras consecutivas de la característica de disponibilidad y contando los cambios observados del estado de disponibilidad al estado de indisponibilidad.

Antes de efectuar cualquier prueba, se eligen k intervalos de tiempo disjuntos, no inferior cada uno a 30 minutos ni superior a 3 horas. La cantidad total de tiempo en los intervalos k debe ser superior a tres veces la estimación *a priori* del tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. Mientras dura cada intervalo predefinido, se toman muestras de característica de disponibilidad consecutivas. La cantidad de tiempo observada en el estado de disponibilidad se añadirá a un contador acumulado llamado A . El número de transiciones observadas del estado al estado de indisponibilidad se acumularán en un contador llamado F .¹³⁾

¹³⁾ Cada contador se pone inicialmente a cero.

Para cada intervalo predefinido:

- a) Si todas las muestras de disponibilidad consecutivas tienen éxito, se añade entonces la longitud total del intervalo a A . No se cambia el valor acumulado de F .
- b) Si tiene éxito la primera muestra de disponibilidad y falla cualquier muestra posterior en el intervalo, se aumenta F en uno. Se añade a A la longitud total de todas las muestras de disponibilidad anteriores al primer fallo. Tras la primera muestra de disponibilidad fallida, el tiempo restante del intervalo puede descartarse sin probar su disponibilidad.
- c) Si falla la primera muestra de disponibilidad, se supone que la transición de estado se produjo antes de que comenzara el intervalo. No se añade nada a la cuenta del tiempo de disponibilidad observado, A . No se añade nada a la cuenta acumulada de los cambios de estado observados, F . El tiempo restante del intervalo puede descartarse sin probar su disponibilidad.

Después de haber acumulado los resultados de cada intervalo predefinido, la tasa, A/F , es una estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. Puede obtenerse una estimación estadísticamente más precisa aumentando el número de intervalos observados, k .

La estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC supone que, si una interrupción comienza durante una muestra de la característica de disponibilidad, esta muestra o la siguiente decidirán que la sección está indisponible. Esta es una hipótesis razonable, ya que las interrupciones del servicio, a diferencia de los fallos transitorios, durarán más de 5 minutos.

Descartar el resto del intervalo que sigue a una muestra de disponibilidad fallida es práctico y estadísticamente justificable. La sección PVC debe retornar al estado de disponibilidad antes que pueda acumularse algún tiempo de disponibilidad más y antes de que puedan observarse más transiciones al estado de indisponibilidad. En primer lugar, el tiempo previsto para restablecer el servicio PVC puede ser grande con relación al tiempo restante del intervalo. Puede ser inapropiado y contraproducente continuar probando una sección de red fallida o congestionada. En segundo lugar, si las transiciones al estado de indisponibilidad son estadísticamente independientes, el descarte del resto del intervalo, que puede incluir tiempo en el estado de disponibilidad, no sesgará el resultado¹⁴). La única consecuencia de interrumpir la prueba es la pérdida de tiempo de prueba. Para minimizar esa pérdida, los intervalos de tiempo deben ser cortos con relación a la suma del tiempo previsto para restablecer el servicio PVC y el tiempo previsto entre interrupciones del servicio PVC. Así, cada prueba no debe durar más de 3 horas.

Existen dos fuentes de sesgo en el procedimiento de estimación descrito en I.3. En primer lugar, si una interrupción comienza durante la última muestra de disponibilidad del intervalo, esa transición puede o no causar el fallo de la muestra. Si no falla, la transición de estado se pierde, y se sobrestima el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC. En segundo lugar, una transición de estado o al estado de indisponibilidad durante la primera muestra de disponibilidad del intervalo puede o no causar el fallo de la muestra. De acuerdo con el procedimiento de la estimación, si la muestra falla, el intervalo se descartará, se pierde la transición de estado, y el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC es sobrestimado. Estos efectos secundarios pueden minimizarse aumentando la longitud de cada intervalo, aumentando consiguientemente el número de muestras de disponibilidad, y disminuyendo así el efecto de los primeros y últimos resultados de muestra como una proporción de los resultados muestreados totales. Una longitud de intervalo mínima recomendada es de 30 minutos, utilizando muestras de disponibilidad de 5 minutos.

Alternativamente, ambos sesgos pueden corregirse sustituyendo la instrucción a) de I.3 por:

- a) Si tienen éxito todas las muestras de disponibilidad consecutivas, se añade entonces la longitud total del intervalo a A . Se toma una muestra de disponibilidad adicional inmediatamente después del intervalo. Si falla esa muestra, se aumenta F en uno. Si tiene éxito esa muestra, no se cambia F . La longitud de la muestra adicional no tiene efecto en A .

Esta modificación identifica cualesquiera transiciones de estado que se produzcan durante la última muestra del intervalo y elimina la primera fuente de sesgo. Cuenta también determinadas transiciones que se produjeron fuera del intervalo. Estas transiciones se cuentan con la misma probabilidad que la probabilidad de que la segunda fuente de sesgo descarte inapropiadamente transiciones. Así pues, este procedimiento modificado corrige ambas fuentes de sesgo. Utilizando esta modificación, el tiempo medio entre interrupciones del servicio PVC puede estimarse con más exactitud.

¹⁴) Si las interrupciones tienden a agruparse, interrumpir una prueba después de una transición al estado de indisponibilidad tenderá a sobrestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio. Si las interrupciones tienden a agruparse negativamente, interrumpir una prueba después de una transición al estado de indisponibilidad tenderá a subestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio.

Apéndice II

Notificación de congestión

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación)

II.1 Efectos de FECN, BECN y CLLM sobre la calidad de funcionamiento

Los proveedores de redes pueden utilizar los bits FECN y BECN y/o las tramas CLLM para señalar información sobre la utilización de recursos de red, ayudando así a los usuarios a evitar o a aliviar los efectos de la congestión. Por esta razón, algunos DTE o aplicaciones pueden responder automáticamente a las FECN, BECN y/o CLLM reduciendo o suavizando el tráfico de tramas ofrecido más de lo que requieren los descriptores de tráfico a priori. Así, la utilización de FECN, BECN, y CLLM por una red puede repercutir directamente en el caudal y en la calidad de funcionamiento observada por los usuarios finales.

II.2 Control de los efectos sobre la calidad de funcionamiento

Ni la utilización por la red de FECN, BECN y CLLM ni la respuesta apropiada de los usuarios están normalizadas. Así pues, en la actualidad no hay un modo mutuamente aceptable de normalizar los límites de la utilización de estas significativas señales de calidad de funcionamiento. Entretanto, pueden formularse las siguientes recomendaciones:

- Si un proveedor de red espera que sus usuarios respondan a FECN, BECN o CLLM reduciendo temporalmente o suavizando su tráfico ofrecido más de lo que requieren los descriptores a priori, estos proveedores de red deben:
 - 1) definir precisamente cómo deben responder los usuarios¹⁵;
 - 2) establecer límites de la frecuencia y la duración de dichos periodos; y
 - 3) explicar el riesgo adicional que corre el usuario al no tener en cuenta estos periodos.
- Los usuarios deben determinar su interpretación de FECN, BECN y CLLM por el proveedor de la red, y deben tratar luego de optimizar sus respuestas a estas señales.
- En lugar de información específica sobre cómo responder a FECN, BECN y CLLM, o en lugar de límites a su utilización, los usuarios completamente conformes a sus descriptores de tráfico a priori pueden suponer que los objetivos de calidad de funcionamiento de la red (FTD, FLR, etc.) serán satisfechos independientemente de FECN, BECN y CLLM.

(Véanse también en el Apéndice III los efectos de la excesiva demanda de recursos de conexión en la calidad de funcionamiento medida.)

Apéndice III

Efectos de la demanda excesiva de recursos de conexión sobre la calidad de funcionamiento

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación)

Los parámetros de esta Recomendación están diseñados para medir la calidad de funcionamiento de los elementos de red entre pares de fronteras de sección. Sin embargo, los usuarios de esta Recomendación deben ser conscientes de que el comportamiento de los elementos de sección fuera del par de fronteras puede influir negativamente en la calidad de funcionamiento medida de los elementos comprendidos entre las fronteras. Dos ejemplos importantes son:

¹⁵ Se señala que algunos proveedores de redes también piden que los usuarios respondan a las tramas perdidas iniciando o ampliando los periodos de reducción de carga.

III.1 Aparición de ráfagas simultáneas imprevistas en la línea de acceso

Puede haber ocasiones en las que ráfagas simultáneas procedentes del conjunto de conexiones de una sección de circuito de acceso rebasen la capacidad física de la línea. Al aceptar este conjunto de conexiones, el proveedor de la red y el abonado habían previsto una correlación temporal negativa entre ráfagas de tramas, pero por razones imprevistas esta suposición no resulta cierta. Durante tales eventos, la calidad de funcionamiento aparente de la red entre las fronteras de sección especificadas se degradará, lo que puede resultar, en particular, en aumentos del número de FECN, BECN y CLLM (véase el Apéndice II) así como del número de FLR, FTD, FCTDR, o alguna combinación de estos efectos.

III.2 Plena utilización de las líneas de acceso sobreabonadas

En particular, cuando intervienen PVC, los proveedores de redes pueden permitir a un abonado establecer múltiples conexiones por una sección de circuito de acceso con una CIR mayor que la capacidad física del circuito de acceso. Esto permite al abonado aprovechar el hecho de que no todas estas conexiones estarán activas simultáneamente. Sin embargo, la calidad de funcionamiento aparente de la red se degradará si el abonado abusa de esta posibilidad. En particular, los intentos de aprovechar toda esta capacidad de sobreutilización (*over booking*) resultarán en un aumento de FECN, BECN y CLLM (véase el Apéndice II), y de FLR, FTD, FCTDR, o de alguna combinación de estos efectos. En el peor caso, los intentos de sobreutilizar esta capacidad pueden parecer como un estado de indisponibilidad.