



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

X.137

(11/1988)

SERIE X: REDES DE COMUNICACIÓN DE DATOS:
TRANSMISIÓN, SEÑALIZACIÓN Y CONMUTACIÓN,
ASPECTOS DE RED, MANTENIMIENTO,
DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS

Redes de comunicación de datos – Aspectos de redes

**VALORES DEL COMPORTAMIENTO CON
RESPECTO A LA DISPONIBILIDAD DE LAS
REDES PÚBLICAS DE DATOS QUE
PROPORCIONAN SERVICIOS
INTERNACIONALES DE CONMUTACIÓN
DE PAQUETES**

Reedición de la Recomendación X.137 del CCITT
publicada en el Libro Azul, Fascículo VIII.3 (1988)

NOTAS

1 La Recomendación X.137 del CCITT se publicó en el fascículo VIII.3 del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (véase a continuación).

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

Recomendación X.137

VALORES DEL COMPORTAMIENTO CON RESPECTO A LA DISPONIBILIDAD DE LAS REDES PÚBLICAS DE DATOS QUE PROPORCIONAN SERVICIOS INTERNACIONALES DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

(Melbourne, 1988)

El CCITT,

considerando

(a) que la Recomendación X.1 especifica las clases de servicio internacional de usuario en las redes públicas de datos;

(b) que la Recomendación X.2 especifica los servicios de transmisión de datos y facilidades facultativas de usuario internacionales en redes públicas de datos;

(c) que la Recomendación X.25 especifica el interfaz ETD/ETCD para equipos terminales que funcionan en el modo paquete y están conectados a redes públicas de datos por circuitos especializados;

(d) que la Recomendación X.75 especifica el sistema de señalización con conmutación de paquetes entre redes públicas que proporcionan los servicios de transmisión de datos con conmutación de paquetes;

(e) que la Recomendación X.323 especifica las disposiciones generales para el interfuncionamiento entre redes públicas de datos con conmutación de paquetes;

(f) que la Recomendación X.96 especifica las señales de progresión de la llamada para redes públicas de datos;

(g) que la Recomendación X.110 especifica los principios de encaminamiento y el plan de encaminamiento internacional para redes públicas de datos;

(h) que la Recomendación X.213 define el servicio de capa de red ISA;

(i) que la Recomendación X.140 define los parámetros generales de calidad de servicio para la comunicación a través de redes públicas de datos;

(j) que la Recomendación X.134 especifica las fronteras entre los tramos de una conexión virtual internacional y los sucesos de referencia de la capa paquete para la definición de los parámetros de comportamiento en el servicio con conmutación de paquetes;

(k) que la Recomendación X.135 especifica valores del comportamiento con respecto a la velocidad de servicio para las redes públicas de datos cuando éstas prestan servicios internacionales de comunicación de datos con conmutación de paquetes;

(l) que la Recomendación X.136 especifica valores del comportamiento con respecto a la exactitud y la seguridad de funcionamiento (incluidas las situaciones de bloqueo) para redes públicas de datos que prestan el servicio internacional de comunicación de datos con conmutación de paquetes,

recomienda por unanimidad

(1) que los parámetros de disponibilidad definidos en esta Recomendación se utilicen para la planificación y explotación de servicios internacionales de comunicación de datos con conmutación de paquetes de conformidad con las Recomendaciones X.25 y X.75;

(2) que en esos servicios los valores de comportamiento especificados en esta Recomendación se adopten como valores de caso más desfavorable en las condiciones aquí especificadas.

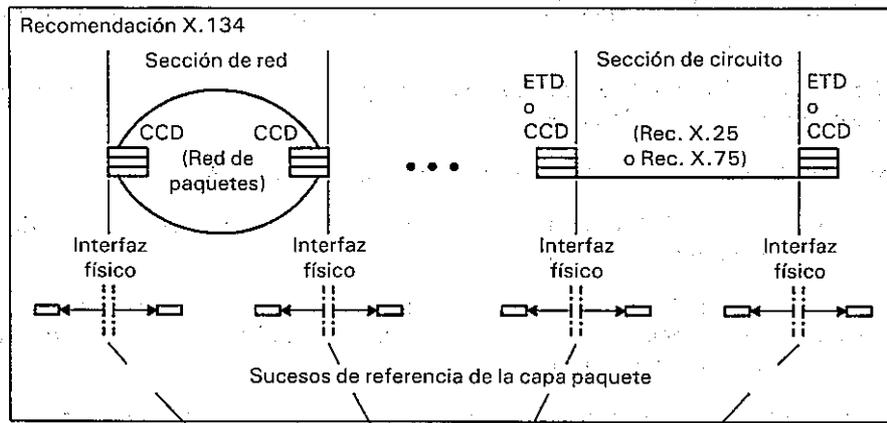
1 Introducción

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

1.2 La Recomendación X.134 divide una conexión virtual en dos secciones básicas cuyas fronteras están asociadas con los interfaces X.25 y X.75; define colecciones particulares de secciones básicas, denominadas tramos de conexión virtual, para las cuales se especificarán valores de comportamiento; y define un conjunto de sucesos de referencia de la capa paquete (SP) que suministran una base para la definición de los parámetros de funcionamiento. Las secciones básicas consisten en secciones de red y secciones de circuito. Siempre están delimitadas por interfaces físicos de equipos terminales de datos (ETD) o de centrales (o centros) de conmutación de datos (CCD). Se identifican dos tipos de tramos de conexión virtual, a saber: tramos nacionales y tramos internacionales. Por definición, cada SP ocurre cuando, un paquete, al atravesar una frontera de sección, cambia el estado del interfaz de la capa paquete.

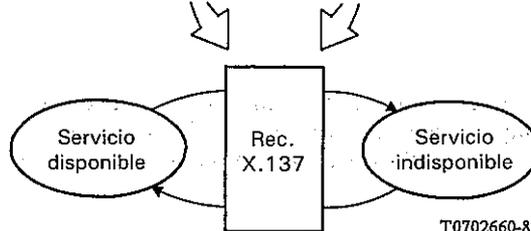
1.3 Para facilitar la comparación y para una exposición más completa, el comportamiento de la red con conmutación de paquetes se considera en el contexto de la matriz de comportamiento de 3×3 definida en la Recomendación X.140. En la matriz se especifican tres funciones de comunicación de datos independientes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

1.4 La Recomendación X.135 define los parámetros y valores de velocidad de servicio relativos al protocolo, asociados con cada una de las tres funciones de comunicación de datos. La Recomendación X.136 define los parámetros y valores de exactitud y seguridad de funcionamiento relativos al protocolo asociados con cada función. Los parámetros de las Recomendaciones X.135 y X.136 se denominan «parámetros primarios», para destacar que se derivan directamente de sucesos de referencia de la capa paquete.



Función \ Criterio	Velocidad	Exactitud	Seguridad de función
Acceso	Rec. X.135	Rec. X.136	
Transferencia de información de usuario			
Desocupación			

Valores de parámetros primarios



T0702660-87

FIGURA 1/X.137

Descripción esquemática del comportamiento del servicio de comunicación de datos con conmutación de paquetes

1.5 Un modelo asociado de dos etapas sirve de base para describir la disponibilidad de servicio global. Unos objetivos definidos para ciertos parámetros primarios se comparan con umbrales de interrupción correspondientes de acuerdo con una función de disponibilidad especificada para clasificar el servicio como «disponible» (no interrupción del servicio) o «indisponible» (interrupción del servicio) durante periodos sucesivos de funcionamiento. La Recomendación X.137 define la función de disponibilidad, los criterios para la delimitación de los periodos sucesivos de funcionamiento y los parámetros y valores de disponibilidad que caracterizan el proceso aleatorio binario resultante.

1.6 Se definen en esta Recomendación dos parámetros de disponibilidad: disponibilidad del servicio y tiempo medio entre interrupciones del servicio. Cada parámetro puede aplicarse a cualquier sección o tramo básico de una conexión virtual. Esta cualidad de los parámetros, de ser generales, es muy conveniente para la distribución y la concatenación del funcionamiento.

1.7 Esta Recomendación especifica valores de disponibilidad para tramos nacionales y tramos internacionales de dos tipos (cuadro 1/X.137). No se especifican valores de comportamiento para el equipo terminal de datos, pero los parámetros definidos en esta Recomendación pueden emplearse en tal especificación para ayudar a los usuarios a establecer relaciones cuantitativas entre el comportamiento de la red y la calidad de servicio (véase la Recomendación X.140).

CUADRO 1/X.137

Tipos de tramo de la conexión virtual para los que se especifican los valores de comportamiento^{a)}

Tipo de tramo	Características típicas
Nacional A	Conexión terrenal a través de una sección de red de acceso
Nacional B	Conexión a través de una sección de red de acceso con un circuito por satélite, o a través de una sección de red de acceso y una o más secciones de red de tránsito
Internacional A	Conexión a través de una sección interredes terrenal directa
Internacional B	Conexión a través de dos circuitos por satélite y una sección de red de tránsito, o a través de un circuito por satélite y dos o más secciones de red de tránsito

^{a)} Los valores especificados para los tramos de tipo B son también aplicables a los tramos de la conexión virtual no identificadas explícitamente como de tipo A o de tipo B.

1.8 A continuación se especifican los valores de caso más desfavorable correspondientes a cada uno de los dos parámetros de disponibilidad, para cada tipo de tramo de la conexión virtual identificado en el cuadro 1/X.137. El calificativo «de caso más desfavorable» significa que estos valores deben realizarse durante la hora cargada normal en el tramo más desfavorable de la conexión virtual empleada para proporcionar servicio internacional en conmutación de paquetes. El comportamiento de un tramo de la conexión virtual puede arrojar unos valores mejores que los de caso más desfavorable especificados en esta Recomendación. Se aplazan para ulterior estudio los objetivos de diseño que abarcan aplicaciones de usuario más exigentes, así como las mejoras de comportamiento y conectividad de la red.

Se exponen también en esta Recomendación métodos numéricos que permiten combinar valores diferenciados de comportamiento de un tramo para estimar el comportamiento de extremo a extremo. Mediante dichos métodos, en el anexo B se deducen valores ETD-ETD para dos conexiones ficticias de referencia determinadas.

2 Función de disponibilidad

Para calcular la disponibilidad de una conexión virtual se utilizan ocho parámetros de comportamiento de las Recomendaciones X.135 y X.136: capacidad de caudal (X.135), probabilidad de fallo del establecimiento de la llamada (X.136), probabilidad de error de establecimiento de la llamada (X.136), tasa de errores residuales (X.136), probabilidad de reiniciación (X.136), probabilidad de estímulo de reiniciación (X.136), probabilidad de desconexión prematura (X.136) y probabilidad de estímulo de desconexión prematura (X.136). Cinco combinaciones lineales particulares de estos parámetros constituyen los parámetros de decisión de disponibilidad. Cada parámetro de decisión está asociado con un umbral de interrupción. Estos parámetros de decisión y sus umbrales de interrupción figuran en el cuadro 2/X.137.

Criterios de interrupción para los parámetros de decisión de disponibilidad

Parámetros de decisión de disponibilidad	Criterios de interrupción
Probabilidad de fallo del establecimiento de la llamada (pfl) Probabilidad de error de establecimiento de la llamada (pell)	$(pfl + pell) > 0,9$
Capacidad de caudal (cc)	$cc < 80 \text{ bit/s}$
Tasa de errores residuales (ter)	$ter > 10^{-3}$
Probabilidad de reiniciación (pr) Probabilidad de estímulo de reiniciación (per ₁ , per ₂)	$(per_1 + pr + per_2) > 0,015$
Probabilidad de desconexión prematura (pdp) Probabilidad de estímulo de desconexión prematura (pedp ₁ , pedp ₂)	$(pedp_1 + pdp + pedp_2) > 0,01$

Nota – Estos criterios son provisionales.

El comportamiento se considera de manera independiente con respecto a cada parámetro de decisión sobre la disponibilidad. Si el valor del parámetro es igual o mejor que el umbral de interrupción definido, el comportamiento con relación a dicho parámetro es por definición aceptable. Si el valor del parámetro es peor que el umbral, el comportamiento con relación a dicho parámetro es por definición inaceptable.

Los sucesos de referencia de la capa paquete utilizados para definir los parámetros de decisión no ocurren si, en una frontera de sección, una capa de enlace de datos no está disponible. Por definición, durante un intervalo continuo de tiempo, la capa de enlace de una sección de circuito está disponible para el servicio de la capa paquete si y solamente si:

- 1) el enlace está en la fase de transferencia de información durante, por lo menos, el 99% del intervalo de tiempo; y
- 2) todos los periodos continuos en que el enlace no se encuentra en la fase de transferencia de información duran menos de 1 segundo; y
- 3) todas las condiciones continuas de ocupado (con control de flujo) duran menos de 10 segundos.

De no ser así, la capa de enlace se considera indisponible para proporcionar el servicio de la capa paquete.

La capa de enlace de datos de una sección de circuito puede estar indisponible por las razones siguientes:

- 1) un circuito físico no funciona o
- 2) un controlador de la capa de enlace de datos no puede o no desea establecer la fase de transferencia de información o
- 3) un controlador de la capa de enlace de datos no puede o no desea liberar una condición de ocupado.

Por definición, una sección de la conexión virtual está **disponible** (o está en el estado disponible) si:

- 1) el comportamiento es aceptable con relación a todos los parámetros de decisión y
- 2) las dos capas de enlace de datos en las fronteras de la sección están disponibles.

Por definición, una sección de la conexión virtual está **indisponible** (o está en el estado indisponible) si:

- 1) el comportamiento es inaceptable con relación a uno o más de los cinco parámetros de decisión o

- 2) una o ambas capas de enlace de datos en las fronteras de la sección están indisponibles por causas internas de la sección. (No se tiene en cuenta la indisponibilidad de la capa de enlace de datos por causas externas a la sección, es decir, por fallos de los controladores del enlace de datos o de circuitos físicos fuera de la sección en cuestión.)

Los intervalos durante los cuales una sección de la conexión virtual está indisponible se determinan superponiendo los periodos de comportamiento inaceptable con respecto a todos los parámetros de decisión, tal como se ilustra en la figura 2/X.137.

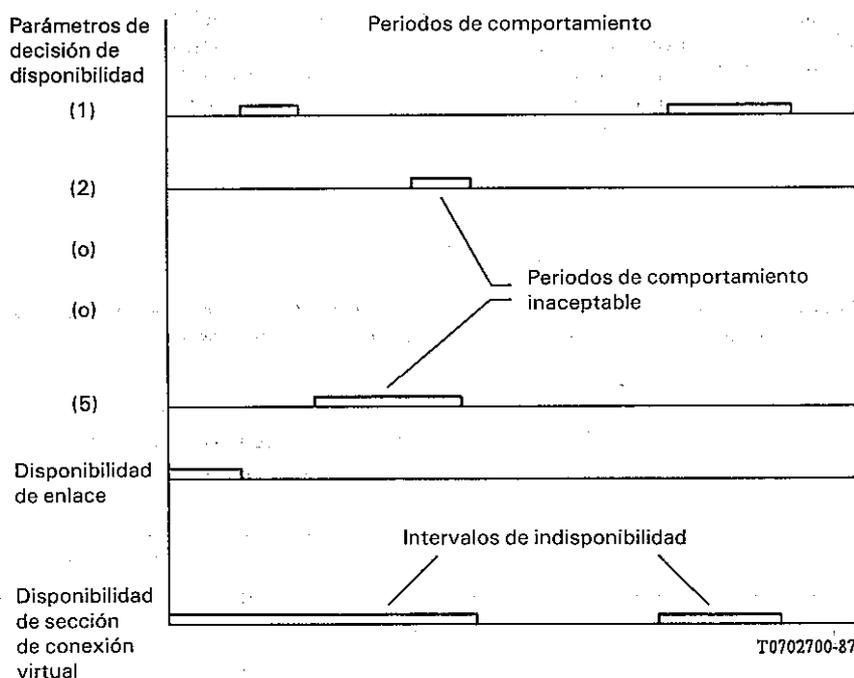


FIGURA 2/X.137

Determinación de los estados de disponibilidad

Con el fin de no considerar las degradaciones transitorias como periodos de indisponibilidad, cada prueba del estado de disponibilidad debe durar más de 5 minutos. A fin de reducir la probabilidad de que se produzcan transiciones de estado durante una prueba del estado de disponibilidad corriente, dicha prueba debe durar menos de 20 minutos. En el anexo B se define una prueba mínima de disponibilidad que cumple estos requisitos.

3 Parámetros de disponibilidad

Este punto especifica los valores de caso más desfavorable para dos parámetros de disponibilidad: la disponibilidad del servicio y el tiempo medio entre interrupciones del servicio.

3.1 Definición de la disponibilidad del servicio

La disponibilidad del servicio se aplica tanto al servicio de llamada virtual como al servicio de circuito virtual permanente. La disponibilidad del servicio para un tramo de la conexión virtual es el porcentaje, a largo plazo, del tiempo de servicio estipulado durante el cual esa sección está disponible.

el tiempo de servicio estipulado para una sección de la conexión virtual es el tiempo durante el cual el proveedor de la red se ha comprometido a que dicha sección esté disponible para el servicio. El objetivo normal sería 24 horas por día, siete días por semana¹⁾. En el anexo A se describe un procedimiento para estimar la disponibilidad de una sección.

¹⁾ En algunas redes se pueden especificar otros tiempos de servicio estipulado.

3.2 Definición del tiempo medio entre interrupciones del servicio

El tiempo medio entre interrupciones del servicio (TMEIS) se aplica tanto al servicio de llamada virtual como al servicio de circuito virtual permanente. Para una sección de la conexión virtual, el **tiempo medio entre interrupciones** del servicio es la duración media de cualquier intervalo continuo durante el cual la sección de la conexión virtual está disponible. Los intervalos consecutivos de tiempo de servicio estipulado están concatenados. En el anexo A se describe un procedimiento para estimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio de una sección.

El tiempo medio entre interrupciones del servicio definido en esta Recomendación está estrechamente relacionado con el tiempo medio entre fallos.

3.3 Valores

La contribución de cada porción de red a la disponibilidad global del servicio y al tiempo medio global entre fallos del servicio en las condiciones descritas en esta Recomendación no será peor que los valores especificados en el cuadro 3/X.137. Los valores del tiempo medio entre fallos del servicio para los tramos nacionales no toman en consideración hasta un 5% de las conexiones virtuales, para tener en cuenta las situaciones geográficas y climáticas extremas.

CUADRO 3/X.137

Valores de disponibilidad del servicio y de tiempo medio entre interrupciones del servicio de caso más desfavorable para los tramos de una conexión virtual

Estadístico	Tipo de tramo de la conexión virtual			
	Nacional		Internacional	
	A	B	A	B
Disponibilidad del servicio (porcentaje)	99,5	99	99,5	99
Tiempo medio entre interrupciones del servicio (horas)	1200	800	1600	800
Tiempo medio hasta el restablecimiento del servicio (TMHRS) ^{a)} (horas)	(6)	(8)	(8)	(8)

^{a)} Los valores que figuran entre paréntesis representan el tiempo medio hasta el restablecimiento del servicio que se obtendría si la disponibilidad del servicio y el tiempo medio entre los valores de interrupción del servicio fuesen los indicados en el cuadro. Las mejoras del TMEIS que se logren deberán servir para mejorar la disponibilidad del servicio, y no para degradar el TMHRS.

Nota – Todos estos valores son provisionales.

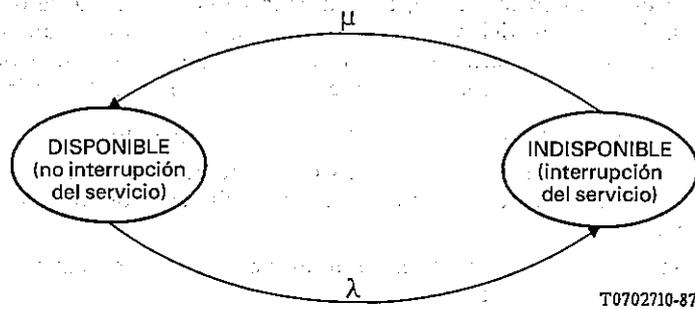
3.4 Parámetros conexos

Otros cuatro parámetros se utilizan comúnmente para describir la disponibilidad. Por lo general, se definen como sigue:

- **tiempo medio hasta el restablecimiento del servicio (TMHRS)** es la duración media de los intervalos de tiempo en que el servicio está indisponible.
- **tasa de fallos (λ)** es el número medio de transiciones del estado disponible al estado indisponible por unidad de tiempo disponible.
- **tasa de restablecimiento (μ)** es el número medio de transiciones del estado indisponible al estado disponible por unidad de tiempo indisponible.

- **indisponibilidad (I)** es la razón a largo plazo del tiempo de servicio indisponible y el tiempo de servicio estipulado, expresado como un porcentaje.

Suponiendo que los fallos y los restablecimientos del servicio siguen una distribución exponencial, los valores matemáticos para cualquiera de esos parámetros pueden estimarse a partir de los valores de la disponibilidad del servicio (A) y del tiempo medio entre fallos del servicio, tal como se resume en la figura 3/X.137.



a) Diagrama de estados

$$TMEIS = \frac{1}{\lambda}$$

$$TMHRS = \frac{1}{\mu}$$

$$D = 100 \left(\frac{TMEIS}{TMEIS + TMHRS} \right) = 100 \left(\frac{\mu}{\lambda + \mu} \right)$$

$$I = 100 - D = 100 \left(\frac{TMHRS}{TMEIS + TMHRS} \right) = 100 \left(\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right)$$

b) Relaciones entre los parámetros

FIGURA 3/X.137

Modelo y parámetros básicos de disponibilidad

ANEXO A

(a la Recomendación X.137)

Estimación por muestreo de los parámetros de disponibilidad

A.1 Una prueba mínima de disponibilidad

La definición de la disponibilidad requiere que el comportamiento observado con respecto a los cinco parámetros de decisión se compare con umbrales de interrupción. Por definición, basta con un solo resultado positivo de la prueba descrita a continuación para considerar disponible la sección de la conexión virtual. Por definición, basta con que una sección deje de cumplir cualquiera de los seis criterios de decisión para considerar indisponible la sección virtual. Asimismo por definición esta prueba y sus criterios de decisión son los criterios mínimos necesarios para el muestreo de la disponibilidad de la sección.

La prueba mínima de disponibilidad puede ser iniciada en cualquier sentido de transmisión a través de la sección por equipos y componentes externos a la sección. La prueba se divide en dos fases: acceso y transferencia de información de usuario. La fase de acceso sólo está presente en el caso de llamadas virtuales conmutadas.

Fase I: Se efectúan N^2 tentativas consecutivas de establecimientos de la llamada a través de A.

Fase II: (Si la prueba no falló en la fase I), para asegurar que la prueba de disponibilidad no falla como consecuencia de una insuficiente entrada de datos, se trata de mantener una conexión virtual a través de A durante cinco minutos. Se trata de mantener un caudal promedio significativamente superior a 80 bit/s (por ejemplo, de al menos 150 bit/s) durante ese intervalo.

Hay seis criterios para decidir si la prueba ha fallado o ha tenido éxito:

- 1) la prueba falla en la fase I si las cuatro tentativas de establecimiento de la llamada dan lugar a errores de establecimiento de la llamada o a fallos del establecimiento de la llamada (únicamente en el caso de llamadas virtuales conmutadas);
- 2) la prueba falla en la fase II si el número total de sucesos de reiniciación más los estímulos de reiniciación es igual o superior a cinco;
- 3) la prueba falla en la fase II si el caudal es inferior a 80 bit/s;
- 4) la prueba falla en la fase II si la tasa de errores residuales es superior a 10^{-3} ;
- 5) la prueba falla en la fase II si la llamada, tanto antes como después de restablecimientos posteriores, es liberada dos o más veces debido a desconexiones prematuras y/o estímulos de desconexión prematura (únicamente en el caso de llamadas virtuales conmutadas);
- 6) la prueba falla en la fase I o en la fase II si una capa de enlace de datos en la frontera de la sección está indisponible durante un intervalo de cinco minutos debido a causas internas a A.

Si la prueba cumple los seis criterios de decisión, se dice que ha tenido éxito, y se considera que la sección de conexión virtual A ha estado disponible durante la prueba. Si no se cumple uno cualquiera de los criterios de decisión, se considera que la sección de conexión virtual A ha estado indisponible durante la prueba.

Dado que es necesario emplear simultáneamente muchos parámetros de comportamiento para considerar que A está disponible, durante la operación normal (sin un procedimiento de prueba como el anteriormente descrito) no es posible probar que la sección está disponible (por ejemplo, puede resultar imposible observar simultáneamente el acceso y la transferencia de información de usuario). Por consiguiente, durante la operación normal, si la sección está ejecutando correctamente la función solicitada en un momento dado, se supone que está disponible.

Los valores de la disponibilidad del servicio y del tiempo medio entre interrupciones del servicio pueden estimarse con base en esta prueba mínima (muestras de comportamiento en cuanto a la disponibilidad). Esta estimación es más práctica que las medidas basadas en una observación continua del servicio.

A.2 *Procedimientos para estimar la disponibilidad del servicio*

A continuación se describe una manera de calcular con una exactitud suficiente el porcentaje de la disponibilidad del servicio. Basándose en una estimación a priori de la disponibilidad del servicio, se escoge un tamaño de muestra «s», no inferior a 300. Se escogen «s» momentos de prueba dentro del tiempo de servicio estipulado y se distribuyen a lo largo de un periodo de medición (por ejemplo, de seis meses). Los momentos de prueba han de tener una separación mínima de siete horas uno de otro, debido a las duraciones esperadas de las interrupciones del servicio (con esto se asegura que las observaciones no estén correlacionadas). Los momentos de prueba deben estar distribuidos uniformemente a todo lo largo del tiempo de servicio estipulado. En cada momento de prueba predeterminado, se efectúa la prueba de disponibilidad antes descrita. Si la prueba falla, la sección se considera indisponible para esa muestra. En el caso contrario, la sección se considera disponible. La estimación del porcentaje de disponibilidad del servicio es el número de veces que la sección fue considerada disponible multiplicado por cien y dividido por el número total de muestras.

A.3 *Procedimientos para estimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio*

Una estimación suficiente del parámetro de tiempo medio entre interrupciones del servicio se puede calcular tomando muestras consecutivas de disponibilidad y contando los cambios observados del estado disponible al estado indisponible.

²⁾ El número N de establecimientos de llamada consecutivos depende de los valores de los parámetros de decisión de interrupción. Provisionalmente es igual a 4, pero requiere un estudio ulterior.

Antes de realizar las pruebas, se escogen k intervalos de tiempo disjuntos de duración no inferior a 30 minutos ni superior a 3 horas. La duración total de los k intervalos debe ser mayor que el triple de la estimación a priori del tiempo medio entre interrupciones del servicio. Durante cada intervalo predefinido, se toman muestras consecutivas de disponibilidad. La cantidad de tiempo observada en el estado disponible se sumará en un contador acumulativo denominado «A». El número de transiciones observadas del estado disponible al estado indisponible se acumulará en un contador denominado «F»³⁾.

Para cada intervalo predefinido:

- Si todas las muestras consecutivas de disponibilidad pasan la prueba con éxito, se agrega a A la longitud total del intervalo. No se cambia el valor acumulado de F.
- Si la primera muestra de disponibilidad tiene éxito y cualquier muestra posterior falla, se incrementa F en una unidad. Se agrega a A la longitud total de todas las muestras de disponibilidad anteriores al primer fallo. Después de la primera muestra de disponibilidad que ha fallado, el tiempo restante del intervalo se puede descartar sin probar su disponibilidad.
- Si la primera muestra de disponibilidad falla, se supone que la transición de estado ha ocurrido antes del comienzo del intervalo. No se agrega nada al contador del tiempo de disponibilidad observado, A. No se agrega nada al contador acumulativo de los cambios de estado observados, F. El tiempo restante del intervalo se puede descartar sin probar su disponibilidad.

Después de acumulados los resultados de cada intervalo predefinido, la razón A/F da una estimación del tiempo medio entre interrupciones de servicio. Se puede obtener una estimación estadísticamente más precisa aumentando el número de intervalos observados, k .

En la estimación del tiempo medio entre interrupciones del servicio se supone que, si una interrupción empieza durante una muestra de disponibilidad, esta muestra o la siguiente decidirá que la sección está indisponible. Esta es una suposición razonable dado que las interrupciones del servicio, a diferencia de los fallos transitorios, durarán más de cinco minutos.

El descartar el resto del intervalo que sigue a una muestra en que ha fallado la prueba de disponibilidad es práctico y estadísticamente justificable. La sección de la conexión virtual tiene que retornar al estado disponible antes de que se pueda acumular más tiempo disponible y antes de que se pueda observar cualquier transición adicional al estado indisponible. En primer lugar, el tiempo previsto para el restablecimiento del servicio puede ser grande con respecto al tiempo restante del intervalo. Puede ser inadecuado y contraproducente seguir probando una sección de red que ha fallado o que está congestionada. En segundo lugar, si las transiciones al estado indisponible son estadísticamente independientes, el descartar el resto del intervalo, que puede incluir tiempo en el estado disponible y un número proporcional de transiciones de vuelta al estado indisponible, no sesgará el resultado⁴⁾. La única consecuencia que tiene el discontinuar la prueba es la pérdida de tiempo de prueba. Con el fin de minimizar dicha pérdida, los intervalos de prueba deben ser cortos con respecto a la suma del tiempo previsto para el restablecimiento del servicio y con respecto al tiempo previsto entre interrupciones del servicio. De suerte que cada prueba no debería durar más de tres horas.

Existen dos fuentes de sesgo en el procedimiento de estimación descrito. En primer lugar, si una interrupción empieza durante la última muestra de disponibilidad del intervalo, esa transición puede o no causar el fallo de la muestra. Si la muestra no falla, la transición de estado se pierde y el tiempo medio entre interrupciones del servicio es sobrestimado. En segundo lugar, una transición al estado indisponible durante la primera muestra de disponibilidad del intervalo puede o no causar el fallo de la muestra. De acuerdo con el procedimiento de estimación, si la muestra falla, el intervalo se descarta, la transición de estado se pierde y el tiempo medio entre interrupciones del servicio es sobrestimado. Estos efectos de borde pueden minimizarse incrementando la longitud de cada intervalo, con el consiguiente aumento del número de muestras de disponibilidad, y la reducción del efecto de los resultados de la primera y la última muestras como una proporción del resultado total de las muestras. Se recomienda como mínimo intervalos de 30 minutos de longitud y 6 muestras de disponibilidad de 5 minutos cada una.

Otra posibilidad es corregir ambos sesgos reemplazando la primera instrucción por:

- si todas las muestras de disponibilidad consecutivas pasan la prueba con éxito, se agrega a A la longitud total del intervalo. Se toma una muestra adicional de disponibilidad inmediatamente después del intervalo. Si esa muestra falla, se incrementa F en una unidad. Si tiene éxito, no se cambia F. La longitud de la muestra adicional no afecta a A.

³⁾ Cada contador ha sido puesto inicialmente a cero.

⁴⁾ Si las interrupciones tienden a estar agrupadas, el discontinuar una prueba después de una transición al estado indisponible se traducirá por una tendencia a sobrestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio. Si las interrupciones tienden a estar espaciadas, el discontinuar una prueba después de una transición al estado indisponible se traducirá por una tendencia a subestimar el tiempo medio entre interrupciones del servicio.

Esta modificación permite identificar toda transición de estado que se produzca durante la última muestra del intervalo y eliminar la primera fuente de sesgo. Permite asimismo contar ciertas transiciones que se hayan producido fuera del intervalo. Estas transiciones se cuentan con una probabilidad igual a la probabilidad de que la segunda fuente de sesgo descarte transiciones indebidamente. Así, este procedimiento modificado corrige ambas fuentes de sesgo. Gracias a esta modificación, el tiempo medio entre interrupciones del servicio puede ser estimado con exactitud.

ANEXO B
(a la Recomendación X.137)

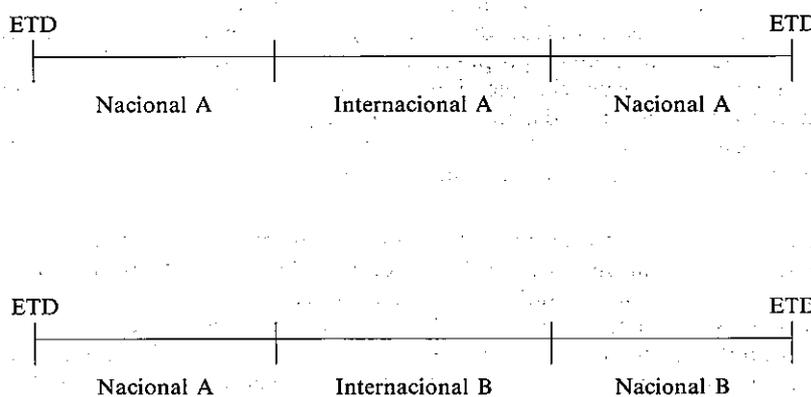
Comportamiento con respecto a la disponibilidad de extremo a extremo, representativo

En el presente anexo se ofrecen dos ejemplos ilustrativos de cómo puede efectuarse una estimación del comportamiento con respecto a la disponibilidad de extremo a extremo (de ETD a ETD) a partir de los diferentes valores de comportamiento del tramo de conexión virtual especificados en X.137. A tal fin, se definen dos ejemplos de concatenación de tramos de conexión virtual de tipo A y de tipo B. A continuación se calculará, para cada ejemplo, la disponibilidad de servicio de extremo a extremo y el tiempo medio entre interrupciones del servicio. Aunque es posible basarse en otros modelos de red y en otras hipótesis estadísticas, los métodos aquí expuestos constituyen un método práctico de estimación del comportamiento de extremo a extremo partiendo del comportamiento de los diferentes tramos de red.

B.1 *Definición de los ejemplos de conexión de extremo a extremo*

En lo sucesivo, para simplificar, se denominará «configuración de tipo 1» y «configuración de tipo 2» a los dos ejemplos de conexión de extremo a extremo (es decir, de ETD a ETD) que se expondrán a continuación. Estas configuraciones ficticias y, sin embargo, representativas, hacen uso de las fronteras de delimitación de tramos y de los sucesos de referencia de nivel paquetes descritos en X.134. En el cuadro 1/X.137 se definen los tipos de tramo de conexión virtual.

La configuración de tipo 1 se define como sigue:



B.2 *Comportamiento con respecto a la disponibilidad de extremo a extremo para los ejemplos de configuración de tipo 1 y de tipo 2*

Valores de comportamiento con respecto a la disponibilidad de extremo a extremo calculados para los ejemplos de configuración de conexión de tipo 1 y de tipo 2 se indican en los cuadros B-1/X.137 y B-2/X.137. Dichos cálculos se han realizado aplicando los métodos que se describen más adelante a los distintos tramos de red que, por conveniencia, han sido caracterizados asignándoles los valores de comportamiento con respecto a la exactitud y la seguridad de caso más desfavorable especificados en la Recomendación X.137.

Suponiendo que los valores de comportamiento de disponibilidad del servicio asociados a los diferentes tramos de red sean estadísticamente independientes, es posible calcular los valores de comportamiento de extremo a extremo multiplicando por el valor porcentual de tiempo durante el que está disponible cada uno de los tramos de la red.

Ejemplo – Para calcular la disponibilidad de servicio de extremo a extremo en el caso de la configuración de tipo 1 se aplicarán los valores del cuadro 3/X.137 para obtener la disponibilidad de los distintos tramos (nacional A: porcentaje = 99,5%; internacional A: porcentaje = 99,5%). La disponibilidad de extremo a extremo será, entonces, en valor porcentual:

$$99,5 \cdot 99,5 \cdot 99,5 = 98,5$$

Para estimar el comportamiento de extremo a extremo correspondiente al tiempo medio entre interrupciones del servicio puede suponerse que los tiempos entre interrupciones son, en cada tramo de la red, independientes y están distribuidos exponencialmente. Se sigue, por lo tanto, que el objetivo de comportamiento del tiempo medio de extremo a extremo entre interrupciones del servicio, T , puede calcularse por la fórmula:

$$T = [T_1^{-1} + T_2^{-1} + \dots + T_i^{-1} + \dots + T_N^{-1}]^{-1}$$

donde T estará expresado en horas cuando el tiempo medio entre interrupciones del servicio para cada uno de las N tramos de red T_i ($i = 1, 2, \dots, N$), esté expresado en horas.

Ejemplo – Para la configuración de tipo 1, el tiempo medio entre interrupciones del servicio en el tramo nacional A es de 1200 horas y en el tramo internacional A, de 1600 horas (véase el cuadro 3/X.137). El objetivo de comportamiento de extremo a extremo es, por lo tanto:

$$[1200^{-1} + 1600^{-1} + 1200^{-1}]^{-1} = 436 \text{ horas}$$

CUADRO B-1/X.137

Comportamiento con respecto a la disponibilidad de extremo a extremo y al tiempo medio entre interrupciones del servicio para el ejemplo de configuración de tipo 1

Configuración de tipo 1	
Estadístico	Valor de extremo a extremo
Disponibilidad de servicio (porcentual)	98,5
Tiempo medio entre interrupciones del servicio (horas)	436

CUADRO B-2/X.137

Comportamiento con respecto a la disponibilidad de extremo a extremo
y al tiempo medio entre interrupciones del servicio para el ejemplo de configuración de tipo 2

Configuración de tipo 2	
Estadístico	Valor de extremo a extremo
Disponibilidad de servicio (porcentual)	97,5
Tiempo medio entre interrupciones del servicio (horas)	300

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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