



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.827**

(09/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Redes digitales – Objetivos de calidad y disponibilidad

---

**Parámetros y objetivos de disponibilidad para  
trayectos digitales internacionales de extremo a  
extremo de velocidad binaria constante**

Recomendación UIT-T G.827

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
Generalidades	G.800–G.809
Objetivos de diseño para las redes digitales	G.810–G.819
<b>Objetivos de calidad y disponibilidad</b>	<b>G.820–G.829</b>
Funciones y capacidades de la red	G.830–G.839
Características de las redes con jerarquía digital síncrona	G.840–G.849
Gestión de red de transporte	G.850–G.859
Integración de los sistemas de satélite y radioeléctricos con jerarquía digital síncrona	G.860–G.869
Redes ópticas de transporte	G.870–G.879
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

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

## **Recomendación UIT-T G.827**

### **Parámetros y objetivos de disponibilidad para trayectos digitales internacionales de extremo a extremo de velocidad binaria constante**

#### **Resumen**

Esta Recomendación define los parámetros y objetivos de calidad de funcionamiento de la red para los elementos de trayecto y la disponibilidad de extremo a extremo de trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante. Estos parámetros son independientes del tipo de red física que soporta el trayecto de extremo a extremo, por ejemplo, fibra óptica, relevador radioeléctrico o satélite. Incluye directrices sobre métodos para mejorar la disponibilidad y calcular la disponibilidad de extremo a extremo de una combinación de elementos de red.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.827 fue aprobada el 13 de septiembre de 2003 por la Comisión de Estudio 13 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

#### **Palabras clave**

Característica de disponibilidad, disponibilidad, objetivos de disponibilidad, relación de indisponibilidad, tasa de disponibilidad.

## PREFACIO

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

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

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

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

## NOTA

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

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

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2004

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

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1	Introducción..... 1
1.1	Alcance..... 1
1.2	Finalidad..... 2
1.3	Aplicación de esta Recomendación..... 2
2	Referencias..... 2
3	Abreviaturas..... 4
4	Definiciones..... 4
4.1	Disponibilidad..... 4
4.2	Trayectos de extremo a extremo..... 6
4.3	Elementos de trayecto..... 6
4.4	Categoría de los elementos de trayecto..... 6
4.5	Categorías de nivel de calidad de funcionamiento..... 7
5	Categorías de longitud..... 8
6	Parámetros de disponibilidad..... 9
6.1	Tasa de disponibilidad y relación de indisponibilidad..... 9
6.2	Tiempo medio entre interrupciones e intensidad de interrupciones..... 9
7	Objetivos de disponibilidad..... 9
7.1	Disponibilidad de extremo a extremo..... 9
7.2	Objetivos de extremo a extremo..... 10
7.3	Objetivos de disponibilidad de los elementos de trayecto..... 10
8	Parámetros de disponibilidad conexos..... 12
Anexo A	– Ejemplos de topologías de trayectos y cálculos de la disponibilidad de los trayectos de extremo a extremo..... 13
A.1	Finalidad..... 13
A.2	Topologías de trayecto..... 13
A.3	Cálculos de indisponibilidad de extremo a extremo..... 14
A.4	Grandes redes de telecomunicaciones..... 17
Apéndice I	– Bibliografía..... 18
Apéndice II	– Cálculos y niveles de servicio con miras a alcanzar los objetivos de disponibilidad de extremo a extremo..... 19



## Recomendación UIT-T G.827

### Parámetros y objetivos de disponibilidad para trayectos digitales internacionales de extremo a extremo de velocidad binaria constante

#### 1 Introducción

Esta Recomendación forma parte de un conjunto de Recomendaciones que definen la calidad de funcionamiento en transmisión de extremo a extremo de la red de transporte de telecomunicaciones internacionales. Las definiciones de calidad de funcionamiento se basan en un trayecto ficticio de referencia (HRP, *hypothetical reference path*) de 27 500 km definido en la Rec. UIT-T G.826.

#### 1.1 Alcance

Esta Recomendación especifica los parámetros de disponibilidad y sus objetivos para elementos de trayecto y trayectos digitales internacionales de extremo a extremo de velocidad binaria constante. Estos trayectos se basan en la jerarquía digital plesiócrona (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) definida en la Rec. UIT-T G.705, la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*) definida en la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 o la tecnología de la red óptica de transporte (OTN, *optical transport network*) definida en la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

En futuras revisiones de esta Recomendación se podrá considerar la especificación de disponibilidad de otras tecnologías de transmisión.

Los parámetros de disponibilidad y sus objetivos son independientes de los medios de transmisión que soportan el trayecto, por ejemplo, fibra óptica, relevador radioeléctrico o satélite.

Se considera que los objetivos de disponibilidad son complementarios de los objetivos de característica de error definidos en las Recomendaciones UIT-T G.821, G.826, G.828 y G.8201.

Las tecnologías de transporte basadas en paquetes o células se tratan en otras Recomendaciones UIT-T como X.137 e I.357. La característica de disponibilidad para conexiones conmutadas en la RDSI se define en la Rec. UIT-T I.355.

Los objetivos formulados en esta Recomendación pueden utilizarse como una base para la negociación de una calidad de funcionamiento realzada, entre el cliente y el proveedor de servicio, mediante un acuerdo de nivel de servicio (SLA, *service level agreement*) descrito en las Recomendaciones UIT-T E.800 y E.801.

En esta Recomendación se citan otras Recomendaciones en relación con detalles sobre determinadas tecnologías de transporte, como puntos y condiciones de medición y estrategias de pruebas. Estas Recomendaciones son las siguientes:

- Rec. UIT-T G.805, que trata las redes en general, incluidas disposiciones de protección del trayecto;
- Recomendaciones UIT-T G.872 y G.911, que tratan los sistemas de cable de fibra óptica terrestres;
- Recomendaciones UIT-R F.1492 y F.1493, que tratan los sistemas de transmisión por relevadores radioeléctricos en microondas;
- Recomendación UIT-R S.579-5, que trata los sistemas de satélite;
- Recomendaciones UIT-T G.841 y G.842, que tratan detalles del protocolo de control empleado para conmutar entre trayectos principales y trayectos de protección en sistemas de transporte SDH.

## 1.2 Finalidad

Se pretende que la presente Recomendación sea de utilidad para:

- los adquirentes de capacidad de telecomunicación;
- los planificadores de redes de transmisión, que deban determinar la infraestructura requerida para el soporte de la oferta del servicio de telecomunicación;
- organizaciones responsables del suministro de capacidad, que deban determinar el soporte adicional que pueda necesitarse (como conmutación de protección de extremo a extremo) para cumplir los objetivos de calidad de servicio contratados;
- operadores de red que proporcionan los elementos de red, y que deban asegurarse de que se cumplen los objetivos de disponibilidad contratados;
- organismos supervisores de la red pública nacional.

## 1.3 Aplicación de esta Recomendación

Esta Recomendación define la disponibilidad de trayectos digitales internacionales de extremo a extremo de velocidad binaria constante basándose en la disponibilidad de los elementos de trayecto que los constituyen.

Un trayecto se construye utilizando elementos de trayecto que satisfacen los objetivos de disponibilidad obtenidos en base a los principios especificados en 7.2. El diseñador reunirá los elementos de trayecto para formar el trayecto, de modo que éste satisfaga los objetivos indicados en el cuadro 2. El trayecto puede incluir diversas topologías de protección; en el anexo A se presentan ejemplos.

Las características de los elementos de trayecto dependen de su longitud, su ubicación en el circuito de extremo a extremo y su categoría con respecto a la calidad. Un análisis más detallado de su disponibilidad que llegue hasta los dominios de operador de red, capas de servidor, subredes o grupos de acceso está fuera del ámbito de esta Recomendación.

En el anexo A se describen técnicas para mejorar la disponibilidad de extremo a extremo mediante el empleo de elementos de protección de red adicionales.

La disponibilidad se calcula como la unidad menos la indisponibilidad.

Obsérvese que uno o los dos puntos extremos del trayecto de extremo a extremo pueden estar situados en las instalaciones del usuario.

En el anexo A se dan también directrices detalladas sobre metodologías para evaluar la disponibilidad de extremo a extremo.

En algunos casos, un circuito de telecomunicaciones internacionales puede ser proporcionado por un grupo de operadores de redes privadas. En tal caso, el cliente tiene que negociar los objetivos de disponibilidad requeridos entre estos operadores de red para establecer un contrato de nivel de servicio (SLA) posiblemente basándose, como guía, en la calidad de funcionamiento especificada en esta Recomendación.

## 2 Referencias

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

las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T E.800 (1994), *Términos y definiciones relativos a la calidad de servicio y a la calidad de funcionamiento de la red, incluida la seguridad de funcionamiento.*
- [2] Recomendación UIT-T E.801 (1996), *Marco para los acuerdos sobre calidad de servicio.*
- [3] Recomendación UIT-R F.1492 (2000), *Objetivos de disponibilidad para radioenlaces digitales reales que forman parte del tramo internacional de un trayecto digital a velocidad binaria constante que funciona a la velocidad primaria o velocidades superiores.*
- [4] Recomendación UIT-R F.1493 (2000), *Objetivos de disponibilidad para radioenlaces digitales reales que forman parte del tramo nacional de un trayecto digital a velocidad binaria constante que funciona a la velocidad primaria o velocidades superiores.*
- [5] Recomendación UIT-T G.705 (2000), *Características de los bloques funcionales de equipos de la jerarquía digital plesiócrona.*
- [6] Recomendación UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.*
- [7] Recomendación UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces para la red óptica de transporte.*
- [8] Recomendación UIT-T G.805 (2000), *Arquitectura funcional genérica de las redes de transporte.*
- [9] Recomendación UIT-T G.821 (2002), *Característica de error de una conexión digital internacional que funciona a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria y forma parte de una red digital de servicios integrados.*
- [10] Recomendación UIT-T G.826 (2002), *Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante.*
- [11] Recomendación UIT-T G.828 (2000), *Parámetros y objetivos de característica de error para trayectos digitales síncronos internacionales de velocidad binaria constante.*
- [12] Recomendación UIT-T G.8201 (2003), *Parámetros y objetivos de la característica de error para trayectos internacionales multioperador dentro de la red óptica de transporte.*
- [13] Recomendación UIT-T G.841 (1998), *Tipos y características de las arquitecturas de protección de las redes de la jerarquía digital síncrona.*
- [14] Recomendación UIT-T G.842 (1997), *Interfuncionamiento de las arquitecturas de protección para redes de la jerarquía digital síncrona.*
- [15] Recomendación UIT-T G.872 (2001), *Arquitectura de las redes ópticas de transporte.*
- [16] Recomendación UIT-T G.911 (1997), *Parámetros y metodología de cálculo de la fiabilidad y la disponibilidad de los sistemas de fibra óptica.*
- [17] Recomendación UIT-T I.355 (2000), *Característica de disponibilidad de los tipos de conexión de RDSI a 64 kbit/s.*
- [18] Recomendación UIT-T I.357 (2000), *Disponibilidad de conexiones semipermanentes de la RDSI-BA.*
- [19] Recomendación UIT-R S.579-5 (2001), *Objetivos de disponibilidad para un circuito ficticio de referencia y un trayecto digital ficticio de referencia para telefonía con modulación por impulsos codificados, o como parte de una conexión ficticia de referencia de una red digital de servicios integrados, en el servicio fijo por satélite.*

- [20] Recomendación UIT-T X.137 (1997), *Valores de disponibilidad para redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes.*

### 3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AR	Tasa de disponibilidad ( <i>availability ratio</i> )
CBR	Velocidad binaria constante ( <i>constant bit rate</i> )
CP	Instalaciones del cliente ( <i>customer premises</i> )
FS	Estación fronteriza ( <i>frontier station</i> )
HRP	Trayecto ficticio de referencia ( <i>hypothetical reference path</i> )
IB	Frontera internacional ( <i>international border</i> )
ICPCE	Elemento núcleo de trayecto entre países ( <i>inter-country path core element</i> )
IG	Pasarela internacional ( <i>international gateway</i> )
IPCE	Elemento núcleo de trayecto internacional ( <i>international path core element</i> )
Mo	Tiempo medio entre interrupciones ( <i>mean time between outages</i> )
MTTR	Tiempo medio de restablecimiento ( <i>mean time to restore</i> )
NPCE	Elemento núcleo de trayecto nacional ( <i>national path core element</i> )
NPE	Elemento de trayecto nacional ( <i>national path element</i> )
OI	Intensidad de interrupciones ( <i>outage intensity</i> )
OTN	Red óptica de transporte ( <i>optical transport network</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PE	Elemento de trayecto ( <i>path element</i> )
PEP	Punto de terminación de trayecto ( <i>path end point</i> )
SA	Disponibilidad del servicio ( <i>service availability</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SES	Segundo con muchos errores ( <i>severely errored second</i> )
SLA	Acuerdo de nivel de servicio ( <i>service level agreement</i> )
TIC	Centro terminal internacional ( <i>terminal international centre</i> )
U	Indisponibilidad ( <i>unavailability</i> )
UR	Relación de indisponibilidad ( <i>unavailability ratio</i> )
$\lambda$	Tasa de fallo ( <i>failure rate</i> )
$\mu$	Tasa de restablecimiento ( <i>restoration rate</i> )

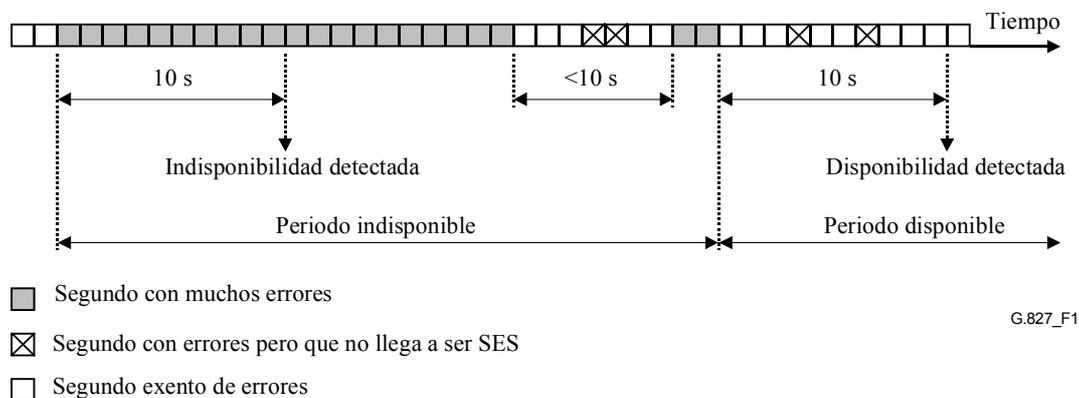
### 4 Definiciones

#### 4.1 Disponibilidad

Para los detalles completos de las definiciones de disponibilidad, véanse las Recomendaciones UIT-T G.826, G.828 o anexo A/G.8201.

### 4.1.1 Criterios para la transmisión en un solo sentido

Un periodo de tiempo indisponible comienza al principio de diez eventos consecutivos de segundos con muchos errores (SES, *severely errored second*). Se considera que estos 10 segundos forman parte del tiempo indisponible. Un nuevo periodo de tiempo disponible comienza al principio de diez eventos consecutivos de no-SES (un evento de no-SES es un segundo que está exento de errores o, si los contiene, éstos no son suficientemente numerosos para constituir un SES). Se considera que estos 10 segundos forman parte del tiempo disponible. La figura 1 ilustra esta definición.

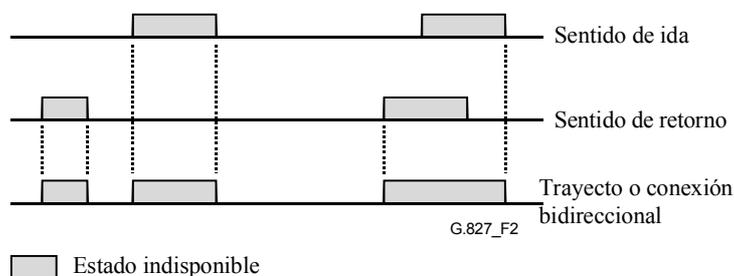


**Figura 1/G.827 – Ejemplo de determinación de indisponibilidad**

La especificación de los SES depende del sistema que se considere (véase la Recomendación apropiada).

### 4.1.2 Criterio para un trayecto o conexión bidireccional

Un trayecto o conexión bidireccional está en el estado indisponible si cualquiera de los dos sentidos de transmisión, o ambos, están en el estado indisponible. Esto se muestra en la figura 2.



**Figura 2/G.827 – Diagrama que muestra el estado indisponible de un trayecto o conexión bidireccional**

El tiempo disponible se obtiene sumando todos los periodos de tiempo disponible a partir del principio del periodo de observación en un periodo de observación genérico.

El tiempo indisponible se obtiene sumando todos los periodos de tiempo indisponible durante un periodo de observación genérico.

La disponibilidad se define como el porcentaje de tiempo disponible (con respecto al tiempo total) en un periodo de observación genérico. Se conoce también como la tasa de disponibilidad (AR, *availability ratio*).

La indisponibilidad se define como el porcentaje de tiempo indisponible (con respecto al tiempo total) en un periodo de observación genérico. Se conoce también como relación de indisponibilidad (UR, *unavailability ratio*).

## 4.2 Trayectos de extremo a extremo

Un trayecto de extremo a extremo es una entidad de transporte responsable de la integridad de la transferencia de información de cliente entre los puntos extremos del trayecto. Los trayectos de extremo a extremo están formados por una combinación elementos de trayecto.

## 4.3 Elementos de trayecto

Un elemento de trayecto (PE, *path element*) se define en esta Recomendación como una porción de un trayecto de extremo a extremo a los efectos de la especificación de disponibilidad.

Los PE se definen atendiendo a consideraciones geográficas, más bien que arquitecturales, y sus limitaciones no están necesariamente en la velocidad binaria del trayecto de extremo a extremo considerado. Por ejemplo, un trayecto de 2 Mbit/s sólo puede existir, físicamente, a 140 Mbit/s en una frontera internacional.

## 4.4 Categoría de los elementos de trayecto

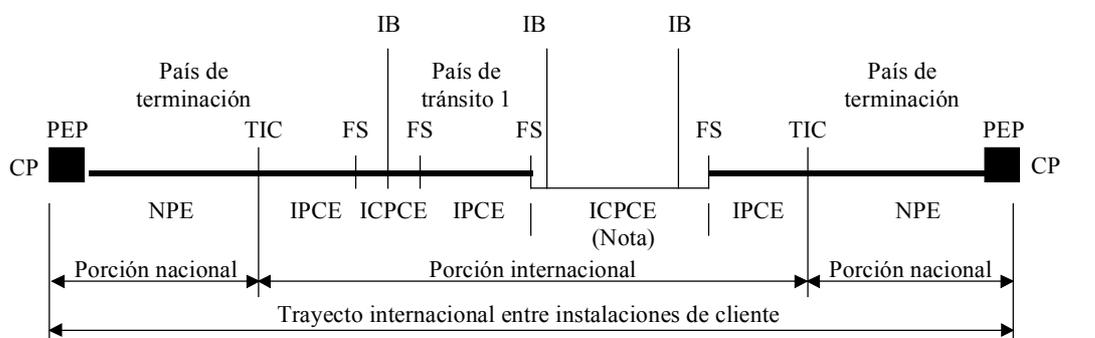
La categoría de los PE se determina atendiendo a:

- 1) su ubicación en la red,
- 2) su longitud,
- 3) su nivel de calidad de funcionamiento.

En esta Recomendación se definen tres categorías geográficas diferentes de PE:

- Elemento núcleo de trayecto entre países (ICPCE, *inter-country path core element*);
- Elemento núcleo de trayecto internacional (IPCE, *international path core element*);
- Elemento de trayecto nacional (NPE, *national path element*).

La ubicación conceptual de estos tipos de elemento de trayecto se muestra en la figura 3.



G.827\_F3

NOTA – Este ICPCE atraviesa dos fronteras internacionales y suele estar soportado por un sistema de transmisión por satélite o cable submarino.

CP	Instalaciones del cliente	IPCE	Elemento núcleo de trayecto internacional
FS	Estación fronteriza	NPE	Elemento de trayecto nacional
IB	Frontera internacional	PEP	Punto de terminación de trayecto
ICPCE	Elemento núcleo de trayecto entre países	TIC	Centro terminal internacional

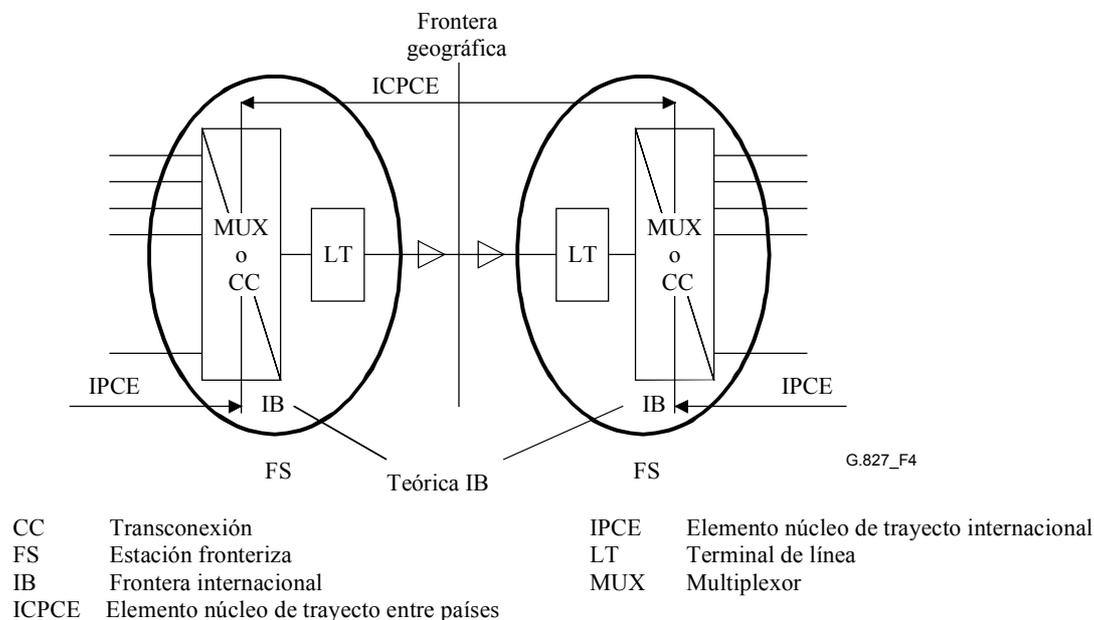
**Figura 3/G.827 – Posición de los elementos de trayecto en el concepto un trayecto internacional de extremo a extremo entre instalaciones de cliente**

### 4.4.1 Elementos núcleo de trayecto entre países

El ICPCE es el PE transportado en el trayecto digital de orden superior a través de la frontera geográfica entre dos países.

Este elemento está limitado por las estaciones fronterizas (FS, *frontier station*) donde puede terminarse el trayecto entre países de orden superior. Cuando el trayecto entre países de orden superior no se termina en la FS, el ICPCE está limitado por el punto de acceso de sección entre países. Un ejemplo de un ICPCE se presenta en la figura 4.

Un ICPCE puede transportarse por un sistema de transmisión por satélite, terrestre, o cable submarino. En el caso de un sistema de transmisión por satélite, se considera que la FS habrá de emplazarse en la estación terrena.



**Figura 4/G.827 – Ejemplo de ICPCE**

#### 4.4.2 Elementos núcleo de trayecto internacional

El IPCE es el PE que se utiliza en la red de núcleo dentro de un país. La demarcación de este elemento depende de su aplicación. En el caso de un país de tránsito, este elemento está limitado por las dos FS. En el caso de un país de terminación, este elemento está limitado por la pasarela internacional (IG, *international gateway*) y la FS.

#### 4.4.3 Elementos de trayecto nacional

El NPE es un PE que se utiliza en un país de terminación para conectar la porción internacional y los puntos de terminación de trayecto (PEP, *path end point*).

#### 4.5 Categorías de nivel de calidad de funcionamiento

En esta Recomendación se definen tres categorías de nivel de calidad de funcionamiento:

- a) nivel de prioridad estándar,
- b) nivel de prioridad alto,
- c) nivel de prioridad interrumpible.

El nivel de prioridad "interrumpible" no tiene una característica de disponibilidad definida, pero podría ser interrumpido para proporcionar capacidad de protección cuando se requiera para otro trayecto. La categoría de calidad de funcionamiento "estándar" es el requisito mínimo. La categoría de calidad de funcionamiento "alta" es un nivel de calidad de funcionamiento por encima del nivel "estándar".

Los clientes pueden negociar cualquier nivel de disponibilidad para cualquier trayecto determinado de extremo a extremo por medio de un contrato de nivel de servicio (SLA).

## 5 Categorías de longitud

Las categorías de longitud se definen por las reglas siguientes:

$$100 \times (i-1) \leq L < 100 \times i \quad (5-1)$$

donde  $i = 1, 2, \dots$

Esta fórmula especifica categorías de longitud, en intervalos de 100 km. Cada categoría está asociada a una variable entera "k" que se utiliza en las siguientes fórmulas de 7.3 para determinar los objetivos de la característica de disponibilidad para un PE de longitud L. El cuadro 1 indica los valores de "k" para cada categoría de longitud hasta 10 000 km.

Abstracción hecha de los PE transportados por cables submarinos, la longitud hace referencia a la longitud real de la ruta o a la distancia de ruta aérea multiplicada por un factor de ruta, de las dos la que sea menor.

El factor de ruta es el siguiente:

- si la distancia de ruta aérea es menor que 1000 km, el factor de ruta es 1,5;
- si la distancia de ruta aérea es mayor que 1000 km y menor que 1200 km, se toma 1500 km como la longitud de ruta calculada;
- si la distancia de ruta aérea es mayor o igual que 1200 km, el factor de ruta es 1,25.

Para un PE transportado en un cable submarino se utiliza la longitud real del cable.

**Cuadro 1/G.827 – Valores de k en función de la longitud del PE**

Km	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2000	20	21	22	23	24	25	1	2	3	4
3000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4000	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
5000	25	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6000	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7000	20	21	22	23	24	25	1	2	3	4
8000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9000	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10000	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

El valor correcto que habrá de utilizarse es el contenido en la célula que corresponde a la suma, de más valor, de las cantidades contenidas en los índices de fila y las contenidas en los índices columna, que sea mayor que la longitud del PE.

Ejemplos:

Longitud = 3250 km, k = 8 (fila 3000, columna 300)

Longitud = 3300 km, k = 9 (fila 3000, columna 400)

## 6 Parámetros de disponibilidad

La duración del tiempo indisponible tiene que ser mayor que 10 segundos para satisfacer la definición de indisponibilidad. Los periodos de corrupción más cortos deben clasificarse como "segundos con errores" o SES y no están comprendidos en la característica de disponibilidad.

### 6.1 Tasa de disponibilidad y relación de indisponibilidad

El término "disponibilidad" hace referencia a la tasa de disponibilidad, AR, que es la proporción de tiempo que un trayecto está en el estado disponible durante un periodo de observación. AR se calcula dividiendo el tiempo disponible total durante el periodo de observación por la duración del periodo de observación.

La inversa de AR, la relación de indisponibilidad, UR, es la proporción de tiempo durante el cual un trayecto de extremo a extremo está en el estado indisponible durante un periodo de observación. UR se calcula dividiendo el tiempo indisponible total durante el periodo de observación por la duración del periodo de observación.

$$AR + UR = 1 \quad (6-1)$$

Se recomienda que el periodo de observación sea de un año.

La asignación de objetivos de disponibilidad a periodos de observación de menos de un año está fuera del ámbito de esta Recomendación.

El examen de los métodos para obtener cifras de disponibilidad que se ajusten a la realidad, mediante la utilización de diversos esquemas de muestreo, está fuera del ámbito de esta Recomendación.

#### *Tiempo de disponibilidad previsto*

Si la conexión no está prevista para que sea permanente, los periodos durante los cuales no está en servicio no cuentan para el cálculo de su disponibilidad. Esto puede influir en la elección del periodo de observación.

### 6.2 Tiempo medio entre interrupciones e intensidad de interrupciones

Un periodo de indisponibilidad se conoce también por una "interrupción". El tiempo medio entre interrupciones ( $M_o$ , *mean time between outages*) es la duración promedio de intervalos en los que el PE está disponible durante un periodo de medición. El número de interrupciones en un periodo de medición se denomina "intensidad de interrupciones" ( $OI$ , *outage intensity*).

Si el periodo de medición es un año y  $M_o$  se expresa como una fracción de un año,  $OI$  es la inversa de  $M_o$ .

NOTA – Esta relación presupone que los periodos de indisponibilidad son cortos en comparación con los periodos de disponibilidad.

## 7 Objetivos de disponibilidad

### 7.1 Disponibilidad de extremo a extremo

La disponibilidad de extremo a extremo de un trayecto se basa normalmente en las mediciones de calidad de funcionamiento acumuladas a largo plazo, efectuadas en los PE. En una red nueva, los planificadores de la red habrán basado sus planes en un valor de disponibilidad utilizado como hipótesis de trabajo, por lo que se puede adoptar ese valor hasta que sea posible tomar valores más conformes con la práctica.

Generalmente, la disponibilidad se calcula como la unidad menos indisponibilidad (véanse ejemplos en el anexo A). Ahora bien, si hay una superposición en la temporización de cualquier periodo de

indisponibilidad, entonces, desde la perspectiva del trayecto de extremo a extremo, estos periodos superpuestos cuentan como un solo periodo de indisponibilidad. Tal superposición puede deberse a un incidente grave, por ejemplo, un incendio en un centro de conmutación, que afectase a elementos de red, tanto de entrada como de salida.

Normalmente, los valores de disponibilidad se toman para grandes conjuntos de elementos de trayecto, más bien que para pares de cables, o fibras, individualmente. A los efectos de esta Recomendación se ha supuesto que todos los PE de un tipo dado (definido por la longitud y la calidad de funcionamiento) dentro de un dominio (por ejemplo, un país) serán abarcados por un solo objetivo. Cualquier operador de red puede disponer de una información más detallada, pero este punto está fuera del ámbito de esta Recomendación.

## 7.2 Objetivos de extremo a extremo

El cuadro 2 especifica los objetivos de extremo a extremo para un HRP de 27 500 km. Un trayecto digital internacional que funciona a la velocidad primaria o a velocidades superiores deberá satisfacer los objetivos indicados en el cuadro 2 para todos los parámetros, concurrentemente.

Los objetivos se aplican a periodos de observación de un año (aproximadamente 365 días consecutivos), utilizando una ventana deslizante con una granularidad de 24 horas.

Para cumplir estos requisitos a largo plazo puede ser necesario utilizar valores más restrictivos en la etapa de diseño.

**Cuadro 2/G.827 – Objetivos de la característica de disponibilidad de extremo a extremo para un HRP digital internacional de 27 500 km que funciona a velocidad primaria o a velocidades superiores**

Velocidad	1,5 Mbit/s a 40 Gbit/s	
	AR	OI
Prioridad alta	98%	70
Prioridad estándar	91%	250
Prioridad interrumpible	En estudio	En estudio
NOTA – Los valores de OI se basan en un MTTR de 4 horas.		

## 7.3 Objetivos de disponibilidad de los elementos de trayecto

### 7.3.1 Objetivos de tasa de disponibilidad de los elementos de trayecto

Los objetivos de tasa de disponibilidad de los elementos de trayecto se determinan por las siguientes ecuaciones:

$$AR_{jS} = 1 - (A_{jS} + k \times X_{jS}) \quad \text{para la prioridad estándar} \quad (7-1)$$

$$AR_{jH} = 1 - (A_{jH} + k \times X_{jH}) \quad \text{para la prioridad alta} \quad (7-2)$$

donde:

el parámetro X es una variable para multiplicar cantidades de longitud y A es una constante para cada tipo diferente de PE; estos valores se indican en el cuadro 3;

j = 1 para longitud de PE < 2500 km;

j = 2 para 2500 km ≤ longitud de PE < 5000 km;

j = 3 para 5000 km ≤ longitud de PE < 7500 km;

j = 4 para longitud de PE ≥ 7500 km;

el subíndice S indica prioridad estándar;  
 el subíndice H indica prioridad alta;  
 la variable "k" se ha tomado del cuadro 1.

**Cuadro 3/G.827 – Valores para cálculos de la tasa de disponibilidad de los elementos de trayecto ( $\times 10^{-4}$ )**

Elemento de trayecto	Nivel de calidad de funcionamiento	A <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	X <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	X <sub>4</sub>
<b>Longitud</b>		< 2500 km	< 2500 km	2500 hasta 5000 km	2500 hasta 5000 km	5000 hasta 7500 km	5000 hasta 7500 km	≥ 7500 km	≥ 7500 km
IPCE	Estándar	0	3	75	4	150	5	250	5
	Alta	0	0,6	15	0,8	30	1	50	1
NPE	Estándar	0	5	100	8	275	5	375	5
	Alta	0	0,8	20	1,6	55	1	75	1
ICPCE	Estándar	0	25	100	40	275	25	375	25
	Alta	0	0,8	20	1,6	55	1	75	1

NOTA – Los enlaces por satélite pueden desplegarse en cualquier PE individual o en cualquier combinación de ellos.

### 7.3.2 Objetivos de intensidad de interrupciones de los elementos de trayecto

Los objetivos de intensidad de interrupciones de los PE se determinan por las siguientes ecuaciones:

$$OI_{jS} = B_{jS} + k \times Y_{jS} \quad \text{para prioridad estándar} \quad (7-3)$$

$$OI_{jH} = B_{jH} + k \times Y_{jH} \quad \text{para prioridad alta} \quad (7-4)$$

donde:

j = 1 para longitud de PE < 2500 km;

j = 2 para 2500 km ≤ longitud de PE < 5000 km;

j = 3 para 5000 km ≤ longitud de PE < 7500 km;

j = 4 para longitud de PE ≥ 7500 km;

el subíndice S indica prioridad estándar;

el subíndice H indica prioridad alta;

los valores de B<sub>jS</sub>, Y<sub>jS</sub>, B<sub>jH</sub>, Y<sub>jH</sub> se indican en el cuadro 4;

la variable "k" se ha tomado del cuadro 1.

**Cuadro 4/G.827 – Valores para cálculos de la intensidad de interrupciones de los elementos de trayecto (interrupciones/año)**

Elemento de trayecto	Nivel de calidad de funcionamiento	B <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>
Longitud		< 2500 km	< 2500 km	2500 hasta 5000 km	2500 hasta 5000 km	5000 hasta 7500 km	5000 hasta 7500 km	≥ 7500 km	≥ 7500 km
IPCE	Estándar	4	0,6	14	1	35	1,4	65	2
	Alta	1	0,2	3	0,3	8	0,4	15	0,6
NPE	Estándar	5	0,6	18	1	40	1,6	75	2
	Alta	1	0,4	4	0,4	10	0,4	16	0,6
ICPCE	Estándar	5	0,6	18	1	40	1,6	75	2
	Alta	1	0,4	4	0,4	10	0,4	16	0,6

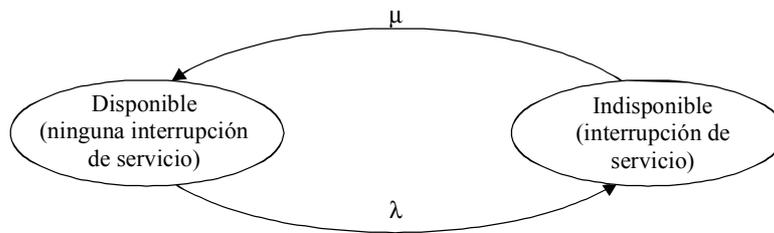
NOTA – Los objetivos de OI en los cuadros 2 y 4 se basan en un valor MTTR de 4 horas. Se reconoce que, debido a condiciones de trabajo anómalas, tales como factores de degradación de la propagación en el caso de aplicaciones radioeléctricas, algunos eventos pueden dar lugar a eventos de indisponibilidad autorremediables; estos eventos, que generalmente son mucho más cortos que los que no son autorremediables, no se tienen en cuenta. De todas formas, la AR global indicada en los cuadros 2 y 3 no ha sido excedida.

## 8 Parámetros de disponibilidad conexos

Para describir la característica de indisponibilidad se utilizan usualmente otros cuatro parámetros, que generalmente se definen como sigue:

- Tiempo medio de restablecimiento (MTTR, *mean time to restore*) es la duración promedio de intervalos de tiempo de servicio indisponible;
- Tasa de fallo ( $\lambda$ , *failure ratio*) es el número promedio de transiciones del estado disponible al estado indisponible por unidad de tiempo disponible;
- Tasa de restablecimiento ( $\mu$ , *restoration rate*) es el número promedio de transiciones del estado indisponible al estado disponible por unidad de tiempo indisponible;
- Indisponibilidad (U, *unavailability*) es la razón a largo plazo del tiempo de servicio indisponible al tiempo de servicio calendarizado, expresada como un porcentaje.

Suponiendo que los fallos y restablecimientos siguen una distribución exponencial, los valores matemáticos de cualquiera de estos parámetros puede calcularse a partir de los valores de AR [designados por SA (*service availability*) para "disponibilidad del servicio" en la figura 5] y Mo como se indica en la figura 5.



a) Diagrama de estados

G.827\_F5

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

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

$$SA = 100 \left[ \frac{M_o}{M_o + MTRR} \right] = 100 \left[ \frac{\mu}{\lambda + \mu} \right]$$

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

b) Relaciones de parámetros

**Figura 5/G.827 – Modelo básico de disponibilidad y parámetros**

El MTTR puede reducirse empleando un amplio sistema de gestión de red con un tiempo de respuesta rápida que a veces se conoce por "asignación de recurso" para distinguirlo de la gestión, que tradicionalmente es un sistema más lento.

La complejidad adicional introducida por el sistema de gestión no debe degradar la disponibilidad como consecuencia de falsas alarmas, si se diseña cuidadosamente.

## Anexo A

### Ejemplos de topologías de trayectos y cálculos de la disponibilidad de los trayectos de extremo a extremo

#### A.1 Finalidad

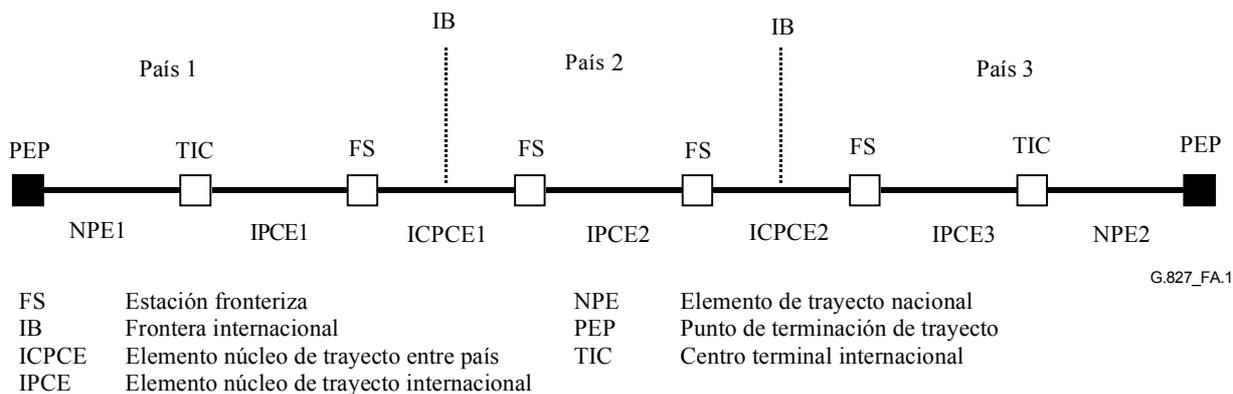
Este anexo tiene por finalidad dar directrices sobre el cálculo de la calidad de funcionamiento de extremo a extremo de un trayecto, a partir de los objetivos de los PE, utilizando ejemplos de topologías.

Como resultado de las negociaciones entre clientes y suministradores pueden presentarse topologías más complejas, pero los principios de cálculo aplicados en estos ejemplos siguen siendo válidos.

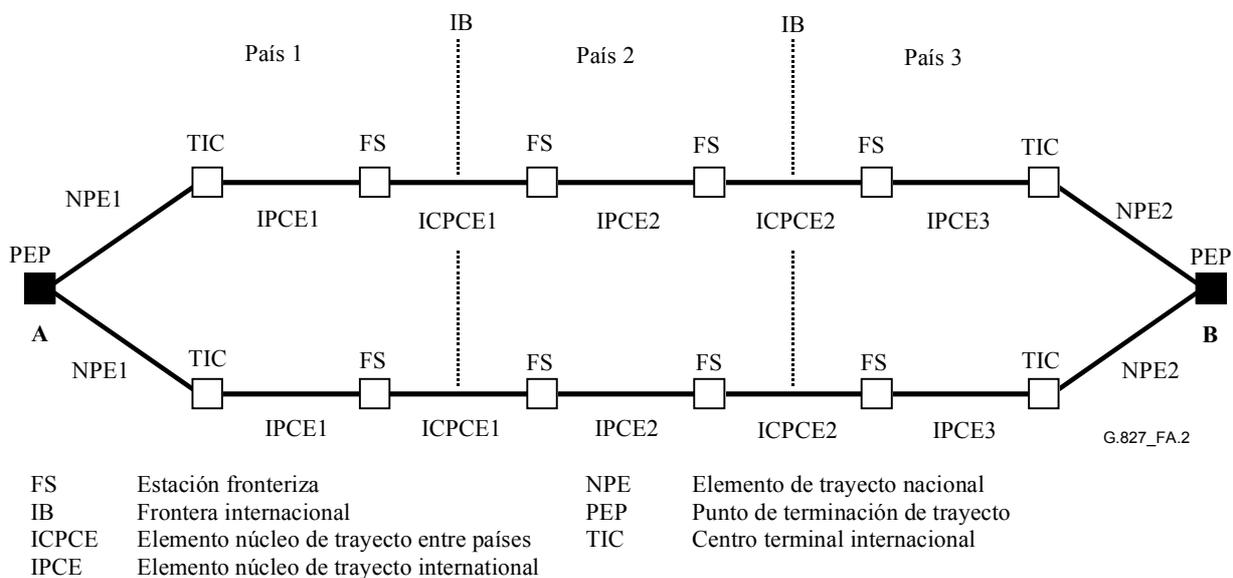
En la práctica, cuando se trata de PE dado cualquiera, se aplicaría algún ajuste basado en conocimiento local.

#### A.2 Topologías de trayecto

Las figuras A.1 y A.2 ilustran las topologías de trayecto básicas que pueden construirse utilizando los PE definidos en esta Recomendación.



**Figura A.1/G.827 – Ejemplo de un trayecto básico simple sin protección**



**Figura A.2/G.827 – Ejemplo de un trayecto con protección de extremo a extremo**

La figura A.1 muestra un trayecto básico simple sin protección y la figura A.2 muestra la adición de un trayecto de protección de extremo a extremo, que debe tener un encaminamiento separado para conseguir una protección máxima.

Esta forma de protección se denomina 1+1. Cada trayecto es una conexión bidireccional; la señal de transmisión procede de cada extremo y está conectada permanentemente a ambos trayectos, y en cada receptor hay un dispositivo de conmutación que selecciona la mejor señal.

Una disposición más económica consiste en utilizar un trayecto de protección para proteger varios otros trayectos. Esta forma de protección se denomina 1:n y requiere dispositivos de conmutación tanto en los transmisores como en los receptores.

### A.3 Cálculos de indisponibilidad de extremo a extremo

A los efectos de los cálculos de la disponibilidad de extremo a extremo, es más conveniente utilizar la relación de indisponibilidad.

A efectos de ilustración, se supone la característica de indisponibilidad de los PE constituyentes sigue una distribución normal o gaussiana y que su valor es pequeño, por lo que puede considerarse que la contribución de cada PE es independiente, es decir, que no hay superposición durante los periodos de indisponibilidad.

### A.3.1 Trayecto básico simple

Corresponde a la topología mostrada en la figura A.1, en la que el trayecto comprende  $i$  elementos de trayecto.

#### *Relación de indisponibilidad*

A los efectos de los cálculos de la disponibilidad de extremo a extremo, es más conveniente utilizar la relación de indisponibilidad que la tasa de disponibilidad.

La relación de indisponibilidad de extremo a extremo es, simplemente, la suma de las relaciones de indisponibilidad de los PE que constituyen el trayecto.

Para expresar esto mediante fórmulas matemáticas se utiliza la siguiente notación:

ur: Relación de indisponibilidad de un PE,

UR: Relación de indisponibilidad de un trayecto de extremo a extremo,

Así:

$$UR = \sum_i (ur_i) \quad (A-1)$$

La disponibilidad de extremo a extremo es, simplemente, la unidad menos los resultados de las ecuaciones (A-1) y (A-2).

Si se considera que son necesarias otras distribuciones (tal vez porque representen más exactamente los resultados obtenidos en mediciones realizadas en la práctica), estos resultados son aún así aplicables, pues son de naturaleza general; en cambio, el cálculo de los resultados de una combinación de distribuciones exigiría un estudio más profundo.

#### *Intensidad de interrupciones*

A los efectos de los cálculos de extremo a extremo, es más conveniente utilizar la intensidad de interrupciones que el tiempo medio entre interrupciones del servicio.

La intensidad de interrupciones de un trayecto de extremo a extremo es, simplemente, la suma de las correspondientes intensidades de interrupciones de los PE, suponiendo que la intensidad de interrupciones en cada PE es pequeña y que, por tanto, son independientes y no se superponen:

$$OI = \sum OI_j \quad (A-2)$$

### A.3.2 Topología de protección de extremo a extremo 1 + 1

En una topología como la mostrada en la figura A.2, que utiliza dos trayectos paralelos y un conmutador de protección en un extremo (para cada sentido de transmisión), los cálculos son los siguientes:

#### *Indisponibilidad*

La indisponibilidad del trayecto protegido de extremo a extremo es:

$$UR_{end-to-end} = (UR_1 \times UR_2) + UR_A + UR_B \quad (A-3)$$

donde  $UR_1$ ,  $UR_2$  son las relaciones de indisponibilidad de cada trayecto paralelo;  $UR_A$  y  $UR_B$  son las relaciones de indisponibilidad de los conmutadores de protección A y B.

Dado que ambas conexiones son independientes una de otra, esto repercutiría en una gran mejora de la disponibilidad del trayecto de extremo a extremo, porque los valores típicos de la indisponibilidad deben ser mucho menores que la unidad.

### Intensidad de interrupciones

La intensidad de interrupciones del trayecto protegido entre los puntos A y B en la figura A.2 depende de la forma en que se utilice el circuito de protección.

La intensidad de interrupciones de extremo a extremo viene dada por la fórmula:

$$OI_{end-to-end} = (OI_1 \times UR_2) + (OI_2 \times UR_1) + OI_A + OI_B \quad (A-4)$$

donde  $OI_1$  y  $OI_2$  son la intensidad de interrupciones de cada trayecto paralelo,  $OI_A$  y  $OI_B$  son la intensidad de interrupciones de los conmutadores de protección A y B.

### A.3.3 Topología con relación de protección 1:n

En este análisis hay que tratar dos situaciones:

- el canal de protección está defectuoso cuando uno de los canales de trabajo sufre una interrupción;
- el canal de protección está en servicio cuando un segundo canal de trabajo sufre una interrupción.

La situación a) es la misma del caso 1+1, por lo que la indisponibilidad =  $UR_w \times UR_p$ , si no se consideran los conmutadores de protección ( $UR_w$  es la indisponibilidad del canal de trabajo, y  $UR_p$  es la indisponibilidad del canal de protección).

La situación b) requiere que se considere la indisponibilidad de todos los demás canales, y, además, la contienda por el canal de protección cuando dos canales de trabajo sufren una interrupción al mismo tiempo.

Por tanto,

$$U = \left\{ UR_w \times \left( \sum UR_{w\text{-remaining-channels}} \right) \right\} \times \frac{1}{2}$$
$$= \left\{ UR_w \times (UR_w (n-1)) \right\} \times \frac{1}{2}$$

La indisponibilidad resultante UR es la suma de los resultados de los casos a) y b).

$$UR = UR_w \times UR_p + \left\{ UR_w \times (UR_w (n-1)) \right\} \times \frac{1}{2}$$
$$= UR_w \left[ UR_p + UR_w \frac{(n-1)}{2} \right]$$

Si todos los canales tienen la misma indisponibilidad U, entonces el resultado es:

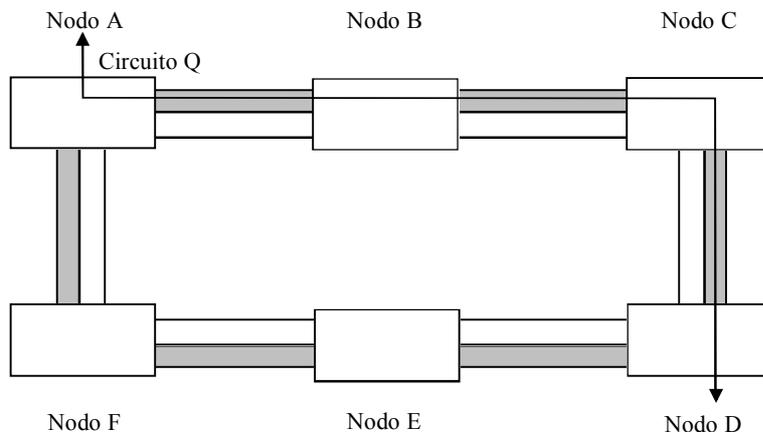
$$UR = U^2 + \left\{ U \times U (n-1) \right\} \times \frac{1}{2}$$
$$UR = U^2 \left\{ \frac{n+1}{2} \right\}$$

### A.3.4 Topologías más complejas

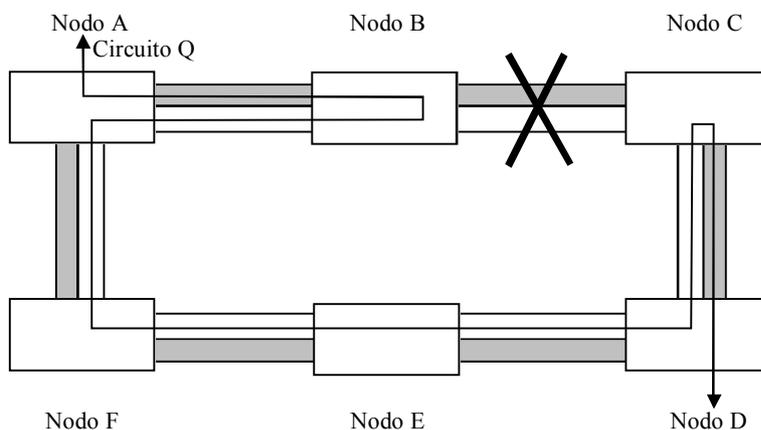
#### Topologías en anillo

La figura A.3 ilustra una topología en anillo, en la jerarquía SDH; la figura muestra que se puede reencaminar tráfico alrededor de un enlace fallido, pero que la ruta de protección depende de las capacidades de conmutación de los diversos nodos en el anillo y puede no corresponder a la distancia más corta entre dos nodos.

La Rec. UIT-T G.841 contiene informaciones muy detalladas sobre las numerosas complejidades de las topologías en anillo, la estructura (anillos de dos o cuatro fibras) y la funcionalidad de los nodos, ya que razones de orden económico no permiten que todos los nodos en el anillo tengan capacidad de conmutación.



a) Estado normal



b) Estado fallido

G.827\_FA.3

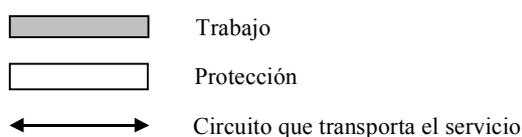


Figura A.3/G.827 – Topología en anillo en condiciones de trabajo y en condiciones de fallo

#### A.4 Grandes redes de telecomunicaciones

Cuando se buscan encaminamientos alternativos en redes que cubren el territorio de todo un país, el problema es bastante complejo. En varios documentos, como por ejemplo [B-3] y [B-11] de la bibliografía (apéndice I), se trata esta cuestión.

## Apéndice I

### Bibliografía

- [B-1] ANDERSON (J.) et al., Protocols and Architectures for IP Optical Networking, *Bell Labs Technical Journal*, enero-marzo de 1999.
- [B-2] BILLINTON (R.) and JONNAVITHULA (S.), Calculation of Frequency, Duration and Availability Indexes in Complex Networks, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 48 No. 1, marzo de 1999.
- [B-3] DOSHI (B.T.) et al., Optical Network Design and Restoration, *Bell Labs Technical Journal*, enero-marzo de 1999.
- [B-4] HAMILTON (C.M.), Telecommunication Network Dependability: A Baseline on Local-Exchange Network Availability, *IEEE Proceedings of RAMS, 1991*.
- [B-5] HASSETT (T.F.), DIETRICH (D.L.) and SZIDAROVSKY (F.), Time Varying Failure Rates in the Availability & Reliability Analysis of Repairable Systems, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 44 No. 1, marzo de 1995.
- [B-6] KULLSTAM (P.A.), Availability, MTBF and MTTR for Repairable M out of N System, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. R-30 No. 4, octubre de 1981.
- [B-7] MCDONALD (J.C.), Public Network Integrity – Avoiding a Crisis in Trust, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12 No. 1, enero de 1994.
- [B-8] O'CONNOR (P.D.T.), *Practical Reliability Engineering*, Wiley, 2002.
- [B-9] OWENS (K.) et al., Network Survivability Considerations for Traffic Engineered IP Networks, IETF publication draft-owens-te-network-survivability, julio de 2001.
- [B-10] SNOW (A.P.), Network Reliability: The Concurrent Challenges of Innovation, Competition and Complexity, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 50 No. 1, marzo de 2001.
- [B-11] TO (M.) and NEUSY (P.), Unavailability Analysis of Long Haul Networks, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 12 No.1, enero de 1994.
- [B-12] WU (T.-H.), MCDONALD (J.C.), FLANAGAN (T.P.) and SATO (K.-I.), Integrity of Public Telecommunications Networks, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 12 No. 1, enero de 1994.
- [B-13] IEC/TC 56 Dependability Standards in the New Millennium Panel, *IEEE Proceedings of RAM 2000*.
- [B-14] Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment, Vol. 1 & 2 Wiley, 1992.

## Apéndice II

### Cálculos y niveles de servicio con miras a alcanzar los objetivos de disponibilidad de extremo a extremo

#### *Ejemplos de cálculos*

Los siguientes cálculos de la AR y la OI de los PE se basan en:

- Una disposición serie, simple, de todos los PE;
- 2 NPE de 450 km cada uno;
- 2 IPCE de 850 km cada uno y 2 IPCE de 3500 km cada uno;
- 3 ICPCE de 1450 km cada uno.

Suponiendo que todos los PE son estándar, se obtienen los siguientes resultados de extremo a extremo:

$$AR = 1 - [2 \times 25 \times 10^{-4} + 2 \times 27 \times 10^{-4} + 2 \times 139 \times 10^{-4} + 3 \times 75 \times 10^{-4}]$$

$$= 1 - [607 \times 10^{-4}] = 0,939 = 93,9\%$$

$$OI = (2 \times 8 + 2 \times 9,4 + 2 \times 30 + 3 \times 14) = 137$$

#### *Niveles de servicio*

La información sobre los niveles de servicio proporcionada normalmente por los operadores de red puede encontrarse en los sitios web de los operadores.





## 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
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, 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, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación