

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.1521

**Característica de error admisible para el trayecto digital ficticio de referencia basado en la jerarquía digital síncrona**

(Cuestión UIT-R 75/4)

(2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que los satélites que funcionan en el servicio fijo por satélite desempeñan un papel importante en la prestación de comunicaciones digitales internacionales fiables;
- b) que la calidad de funcionamiento del enlace por satélite debe ser suficiente para cumplir los objetivos globales de funcionamiento de extremo a extremo, así como los objetivos de calidad para el usuario final;
- c) que, en general, la calidad de funcionamiento del enlace por satélite es independiente de la distancia;
- d) que en la Recomendación UIT-R S.1062 se especifican los objetivos de calidad de funcionamiento de los enlaces por satélite que cumplen los objetivos indicados en la Recomendación UIT-T G.826;
- e) que en la Recomendación UIT-T G.828 se han especificado las características de error para trayectos digitales síncronos internacionales de velocidad binaria constante destinados a cursar tráfico en modo de transferencia asíncrono (ATM) tal como se define en la Recomendación UIT-T I.356;
- f) que al definir los criterios de característica de error es necesario tener en cuenta todos los mecanismos que pueden producir errores, especialmente las condiciones de propagación que varían en función del tiempo y la interferencia;
- g) que se pueden diseñar sistemas de satélites que cumplan una amplia gama de requisitos de calidad de funcionamiento,

*recomienda*

- 1 que los enlaces por satélite en la red pública destinados a cursar tráfico en jerarquía digital síncrona (SDH) y ATM se diseñen de modo que cumplan, al menos, las especificaciones dadas en la presente Recomendación, que se basa en la Recomendación UIT-T G.828;
- 2 que se utilice la metodología descrita en el Anexo 2 para generar la plantilla necesaria de probabilidad de bits erróneos (BEP, *bit error probability*) (véase también la Nota 2). Para cumplir totalmente los requisitos de la Recomendación UIT-T G.828, la BEP dividida por el promedio de errores por ráfaga (BEP/ $\alpha$ , véase el § 3 del Anexo 2) a la salida de cualquiera de los dos extremos de un trayecto digital ficticio de referencia (HRDP, *hypothetical reference digital path*) bidireccional no debe exceder, durante el tiempo total, comprendido el mes más desfavorable, las plantillas definidas en el Cuadro 1 ni las plantillas de BEP de la Fig. 2 del Anexo 2;

CUADRO 1

Velocidad binaria (kbit/s)	Porcentaje de tiempo total (mes más desfavorable)	BEP/ $\alpha$
1 664	0,2	$1 \times 10^{-9}$
	2,0	$1 \times 10^{-9}$
	10,0	$1 \times 10^{-9}$
2 240	0,2	$1 \times 10^{-9}$
	2,0	$1 \times 10^{-9}$
	10,0	$1 \times 10^{-9}$
6 848	0,2	$1 \times 10^{-9}$
	2,0	$7 \times 10^{-10}$
	10,0	$6 \times 10^{-10}$
48 960	0,2	$1 \times 10^{-9}$
	2,0	$2 \times 10^{-10}$
	10,0	$1 \times 10^{-10}$
150 336	0,2	$1 \times 10^{-9}$
	2,0	$2 \times 10^{-10}$
	10,0	$9 \times 10^{-11}$
601 334	0,2	A determinar
	2,0	A determinar
	10,0	A determinar

3 que las Notas siguientes formen parte de la presente Recomendación:

NOTA 1 – El HRDP mencionado se especifica en la Recomendación UIT-R S.521.

NOTA 2 – Las relaciones de BEP indicadas en el Cuadro 1 pueden estimarse midiendo la proporción de bits erróneos (BER) durante un periodo de tiempo suficientemente largo. En el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R S.1062 figura un método para medir las BER en función de un porcentaje más breve de tiempo.

NOTA 3 – Con objeto de facilitar la aplicación de esta Recomendación, los valores indicados en el Cuadro 1 se dan como tiempo total y representan los límites de un modelo de la característica de BEP que utiliza el método descrito en el Anexo 2. Para obtener las cifras dadas en el Cuadro 1, se han excluido los errores que aparecen durante el tiempo de indisponibilidad. Las BEP del Cuadro 1 no son las únicas que cumplen los requisitos de la Recomendación UIT-T G.828. Pueden utilizarse otras plantillas de BEP cuando proceda, siempre que satisfagan los requisitos de la Recomendación UIT-T G.828.

NOTA 4 – Esta Recomendación se aplica a los sistemas de satélite que funcionan por debajo de 15 GHz. La extensión de los requisitos a sistemas que funcionan a frecuencias más altas requiere nuevo estudio.

NOTA 5 – Como valor umbral de indisponibilidad se ha utilizado una BEP de  $1 \times 10^{-8}$ .

NOTA 6 – Los objetivos que figuran en el Cuadro 1 se indican en porcentajes del mes más desfavorable. Estos porcentajes mensuales corresponden a los siguientes porcentajes anuales:

- 10% de un mes = 4,0% del año;
- 2% de un mes = 0,6% del año;
- 0,2% de un mes = 0,04% del año.

NOTA 7 – Para cumplir con los valores del Cuadro 1 a frecuencias superiores a 10 GHz, puede ser conveniente utilizar medidas para contrarrestar el desvanecimiento que incluyan la codificación adaptativa con corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC, *forward error correction*), el control de potencia o la diversidad de emplazamientos. En el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R S.1061 se proporciona información sobre el funcionamiento con diversidad de emplazamientos.

NOTA 8 – El método preferencial para verificar la calidad de funcionamiento de trayectos digitales por satélite se basa en mediciones en servicio. Para estas mediciones se utilizarán esquemas de detección de errores en bloque que se relacionan con el tamaño inherente al bloque SDH y la estructura del sistema de transmisión. La FEC, la aleatorización y la codificación diferencial influyen en la interpretación de las mediciones (véase el § 3 del Anexo 2).

NOTA 9 – La característica de error descrita en el Cuadro 1 se ha elaborado tomando como base la utilización de un HRDP en la porción internacional del enlace (por ejemplo, de cabecera internacional conmutada a cabecera internacional conmutada). Son posibles otras aplicaciones del HRDP en la conexión (por ejemplo, de central de extremo a central de extremo) y los objetivos de características de error pueden ajustarse en consecuencia.

NOTA 10 – Los métodos descritos en la presente Recomendación pueden aplicarse al diseño de enlaces por satélite en redes privadas.

NOTA 11 – Los objetivos de calidad de funcionamiento se cumplirán para la velocidad de transmisión requerida y no para cualquier velocidad superior creada a fin de dar soporte a la multiplexación o a la corrección de errores. Por ejemplo, si la velocidad de transmisión sobre un enlace por satélite es 6 Mbit/s y la velocidad de transmisión requerida entre los puntos extremos es de 2 Mbit/s, se aplicarán los objetivos de calidad de funcionamiento para la transmisión a 2 Mbit/s.

## ANEXO 1

### 1 Aspectos generales

La Recomendación UIT-T G.828 define parámetros y objetivos de características de error para trayectos digitales síncronos internacionales destinados a cursar tráfico SDH y ATM. La presente Recomendación adopta todas las definiciones de parámetros y objetivos que figuran en la mencionada Recomendación. Los objetivos indicados en la Recomendación UIT-T G.828 son independientes de la red física que da soporte al trayecto.

Los códigos de paridad de entrelazado de bits (BIP, *bit interleaved parity*) transportados en los encabezamientos de contenedor SDH dan soporte a la medición en servicio de la proporción de errores en la capa SDH.

#### 1.1 Definiciones

Por motivos de conveniencia, se utilizan las definiciones que figuran en la Recomendación UIT-T G.828.

Las mediciones de característica de error se basan en bloques cuya dimensión es compatible con la estructura de trama SDH y varía según la velocidad binaria (véase el Cuadro 2).

### 1.1.1 Bloque

Un bloque es un conjunto de bits consecutivos asociados con el trayecto; cada bit pertenece a un bloque, y solamente a un bloque. Dos bits consecutivos pueden no ser contiguos en el tiempo.

### 1.1.2 Eventos de error

- Bloque con errores (EB, *errored block*): Bloque en el que uno o más bits son erróneos.
- Segundo con errores (ES, *errored second*): Periodo de un segundo durante el cual se detecta uno o más EB, o al menos un defecto. En el Anexo B a la Recomendación UIT-T G.828 se enumeran los defectos y los criterios de calidad de funcionamiento conexos.
- Segundo con muchos errores (SES, *severely errored second*): Periodo de un segundo durante el cual se detecta una proporción de EB  $\geq 30\%$ , o al menos un defecto. SES es un subconjunto de ES. Para simplificar los procesos de medición, el defecto se utiliza en la definición de SES en vez de definir SES directamente en términos de la gravedad de los errores en los bits. No obstante, debe reconocerse que pueden existir patrones de errores que no provocarían un defecto. La experiencia práctica establecerá si se trata de un problema importante en la medición de los errores.
- Error de bloque de fondo (BBE, *background block error*): Detección de un EB en un instante no comprendido en un SES.
- Periodo con muchos errores (SEP, *severely errored period*): Secuencia de 3 a 9 SES consecutivos. La secuencia es terminada por un segundo que no es un SES. Por consiguiente, el evento SEP es idéntico al evento SES consecutivo (CSES) de la Recomendación UIT-T G.784, con el umbral inferior que se fija a 3 s.

En el Cuadro 2 se indican las relaciones entre el tamaño de los bloques, en comparación con las velocidades binarias, los códigos de detección de errores (EDC, *error detection code*) y los tipos de trayecto.

CUADRO 2

#### Tamaño de los bloques en comparación con las velocidades binarias

Velocidad binaria (kbit/s)	Tipo de trayecto	Tamaño del bloque SDH utilizado en la Recomendación UIT-T G.828 (bits)	EDC
1 664	VC-11, TC-11	832	BIP-2
2 240	VC-12, TC-12	1 120	BIP-2
6 848	VC-2, TC-2	3 424	BIP-2
48 960	VC-3, TC-3	6 120	BIP-8
150 336	VC-4, TC-4	18 792	BIP-8
601 344	VC-4-4c, TC-4-4c	75 168	BIP-8
2 405 376	VC-4-16c, TC-4-16c	300 672	BIP-8
9 621 504	VC-4-64c, TC-4-64c	1 202 688	BIP-8

### 1.1.3 Parámetros de la característica de error

La característica de error debe evaluarse solamente mientras el trayecto está en estado disponible. Para una definición de los criterios seguidos para determinar las transiciones hacia/desde el estado disponible, véase el Anexo A a la Recomendación UIT-T G.828.

- Relación de segundos con errores (ESR, *errored second ratio*): Relación entre los ES y el total de segundos en tiempo disponible durante un intervalo de medición fijo.
- Relación de segundos con muchos errores (SESR, *severely errored second ratio*): Relación entre los SES y el total de segundos en tiempo disponible durante un intervalo de medición fijo.
- Relación de error de bloque de fondo (BBER, *background block error ratio*): Relación entre los bloques detectados como BBE y el número total de bloques detectados en tiempo disponible durante un intervalo de medición fijo. En la cuenta del número total de bloques no se incluyen los bloques detectados durante SES.
- Intensidad del periodo con muchos errores (SEPI, *severely errored period intensity*): Número de eventos SEP en tiempo disponible, dividido por el total de tiempo disponible, en segundos. Por consiguiente, el parámetro SEPI tiene una unidad de 1/s.

### 1.1.4 Mediciones del bloque

Cada bloque se supervisa por medio de un EDC BIP transportado en el encabezamiento SDH. Cuando se detecta un estado de error, no es posible determinar si un bloque o los bits EDC que lo controlan son erróneos. Por lo tanto, en caso de discrepancia entre el EDC y el bloque controlado por éste, se supondrá siempre que el bloque controlado es erróneo.

## 2 Objetivos de característica de error

### 2.1 Objetivos de extremo a extremo

En el Cuadro 3 se especifican los objetivos de extremo a extremo para un trayecto ficticio de referencia (HRP, *hypothetical reference path*) de 27 500 km. Los objetivos aplicables a un trayecto real se obtienen del Cuadro 3 aplicando los principios de atribución descritos detalladamente en el § 6.2 de la Recomendación UIT-T G.828. Cada sentido de transmisión del trayecto satisfará independientemente los objetivos atribuidos para todos los parámetros. Los objetivos son objetivos a largo plazo que deberán ser satisfechos en un periodo de evaluación que suele ser de 30 días consecutivos.

Los trayectos digitales síncronos que funcionan a velocidades binarias cubiertas por esta Recomendación se pueden transportar por secciones digitales que funcionan a velocidades binarias más altas. Esos sistemas deben satisfacer los objetivos de extremo a extremo. Por ejemplo, en SDH, una sección STM-1 puede transportar un trayecto VC-4, por lo que la sección STM-1 debe diseñarse de manera que asegure que se cumplirán los objetivos del trayecto VC-4.

Se atribuyen objetivos a las porciones nacionales y a la porción internacional de un trayecto. En el ejemplo anterior, si la sección STM-1 no constituye una porción nacional o internacional completa, la correspondiente atribución nacional/internacional debe subdividirse para determinar la atribución adecuada para la sección digital. Este aspecto está fuera del alcance de la presente Recomendación.

## CUADRO 3

**Objetivos de característica de error de extremo a extremo para un HRP digital síncrono internacional de 27 500 km (definido en la Recomendación UIT-T G.828)**

Velocidad binaria (kbit/s)	Tipo de trayecto	Bloques/s	ESR	SESR	BBER <sup>(1)</sup>	SEPI <sup>(2)</sup>
1 664	VC-11, TC-11	2 000	0,01	0,002	$5 \times 10^{-5}$	0,0002/s
2 240	VC-12, TC-12	2 000	0,01	0,002	$5 \times 10^{-5}$	0,0002/s
6 848	VC-2, TC-2	2 000	0,01	0,002	$5 \times 10^{-5}$	0,0002/s
48 960	VC-3, TC-3	8 000	0,02	0,002	$5 \times 10^{-5}$	0,0002/s
150 336	VC-4, TC-4	8 000	0,04	0,002	$1 \times 10^{-4}$	0,0002/s
601 344	VC-4-4c, TC-4-4c	8 000	<sup>(3)</sup>	0,002	$1 \times 10^{-4}$	0,0002/s

- (1) Este objetivo de BBER corresponde a una relación de errores de bit equivalente de  $8,3 \times 10^{-10}$ , lo que representa una mejora con respecto a la BER de  $5,3 \times 10^{-9}$  para la velocidad VC-4. La relación de errores de bit equivalente es útil como una indicación, independiente de la velocidad, de la característica de error, pues los objetivos de BBER no pueden permanecer constantes cuando los tamaños de los bloques aumentan.
- (2) Valor provisional que requiere más estudio.
- (3) Los objetivos ESR tienden a perder su significado en velocidades binarias elevadas y por eso no se especifican para trayectos que funcionan a velocidades binarias superiores a 160 Mbit/s. Sin embargo, un aumento significativo de la ESR indica un sistema de transmisión degradado. Por consiguiente, para fines de mantenimiento, se debe efectuar la supervisión de ES.

## 2.2 Distribución de objetivos de extremo a extremo

Los niveles de calidad de funcionamiento esperados se distribuyen entre las porciones nacionales y la porción internacional de un HRP.

Una ulterior división de estos objetivos está fuera del alcance de esta Recomendación.

### 2.2.1 Atribución a las porciones nacionales

A cada porción nacional se atribuye un margen de bloque fijo de 17,5% del objetivo de extremo a extremo además de una atribución basada en la distancia.

Cuando una porción nacional incluye un salto por satélite, se atribuye a esa porción nacional un margen total de 42% de los objetivos de extremo a extremo indicados en el Cuadro 3. Este margen de 42% reemplaza completamente el margen basado en la distancia y el margen de bloque del 17,5%.

### 2.2.2 Atribución a la porción internacional

Independientemente de la distancia abarcada, todo salto por satélite en la porción internacional recibe una atribución del 35% de los objetivos indicados en el Cuadro 3. Este margen de 35% reemplaza completamente todos los márgenes basados en la distancia y márgenes de bloque concedidos en otro caso a partes de la porción internacional abarcada por el salto por satélite.

## 3 Objetivos de calidad de funcionamiento del HRDP por satélite

CUADRO 4

### Objetivos de calidad de funcionamiento de un HRDP por satélite para un enlace SDH internacional

Velocidad (kbit/s)	1 664 (VC-11)	2 240 (VC-12)	6 848 (VC-2)	48 960 (VC-3)	150 336 (VC-4)	601 334 (VC-4-4c)
<b>ESR</b>	0,0035	0,0035	0,0035	0,007	0,014	(1)
<b>SESR</b>	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
<b>BBER</b>	$1,75 \times 10^{-5}$	$1,75 \times 10^{-5}$	$1,75 \times 10^{-5}$	$1,75 \times 10^{-5}$	$0,35 \times 10^{-4}$	$0,35 \times 10^{-4}$

(1) Por falta de información sobre la calidad de funcionamiento de trayectos que funcionan a velocidades superiores a 160 Mbit/s, no se recomienda actualmente ningún objetivo de ESR. No obstante, el tratamiento de la ESR debe efectuarse en cualquier sistema que funcione a estas velocidades para fines de mantenimiento o de supervisión.

## ANEXO 2

### Obtención de la plantilla de BEP

#### 1 Introducción

Los parámetros y objetivos definidos en la Recomendación UIT-T G.828 no son adecuados para el diseño de sistemas de transmisión por satélite. Deben transformarse en una BEP en función de la distribución del porcentaje de tiempo, lo que se denomina también una plantilla de probabilidad de bits erróneos, de modo que cualquier sistema de transmisión digital diseñado para satisfacer la plantilla satisfaga también los objetivos de la Recomendación. Sin embargo, la transformación descrita en el presente Anexo no da lugar a una plantilla única.

En este Anexo se describe la metodología necesaria para crear la plantilla de BEP.

## 2 Probabilidad de los sucesos básicos

Se sabe que los errores de transmisión de los enlaces por satélite, aparecen en ráfagas en las que el número medio de errores por ráfaga es, entre otros factores, función del código aleatorizador y del código FEC. Por consiguiente, todo modelo satisfactorio de la calidad digital de los enlaces por satélite debe tener en cuenta esta naturaleza de ráfaga.

La distribución contigua de Neyman-A representa un modelo estadístico adecuado de la incidencia aleatoria de ráfagas, donde la probabilidad de que se produzcan  $k$  errores en  $N$  bits,  $P(k)$ , es:

$$P(k) = \frac{\alpha^k}{k!} e^{-\frac{BEP \cdot N}{\alpha}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{j^k}{j!} \left( \frac{BEP \cdot N}{\alpha} \right)^j e^{-j\alpha}$$

donde:

$\alpha$ : número medio de bits con error en una ráfaga de errores

$BEP$ : probabilidad de bits erróneos.

Si  $N = N_B$  es el número de bits de un bloque de datos, la probabilidad de cero errores en un bloque será:

$$P(0) = e^{-\frac{BEP \cdot N_B}{\alpha}} \sum_{j=0}^{\infty} \left[ \left( \frac{BEP \cdot N_B}{\alpha} \right)^j / j! \right] e^{-j\alpha} \cong e^{-\frac{BEP \cdot N_B}{\alpha}} \text{ para todos los valores posibles de } \alpha.$$

La probabilidad de que en un bloque haya error,  $P_{EB}$ , entonces viene dada por:

$$P_{EB} = 1 - P(0) = 1 - e^{-\frac{BEP \cdot N_B}{\alpha}} = 1 - e^{-N_B \cdot BEP_{CRC}(t)}$$

donde  $BEP_{CRC}(t) = BEP/\alpha$ , y la  $BEP_{CRC}$  se indica explícitamente en función del tiempo. La probabilidad de que haya un ES,  $P_{ES}(t)$ , puede expresarse entonces como:

$$P_{ES}(t) = 1 - e^{-n \cdot P_{EB}(t)}$$

donde  $n$  es el número de bloques por segundo.

Dado que la probabilidad de que haya  $k$  bloques con error en un total de  $n$  bloques,  $P_{n,k}(t)$ , viene dada por:

$$P_{n,k}(t) = \frac{n!}{(n-k)!k!} (1 - P_{EB}(t))^{n-k} P_{EB}^k(t)$$

la probabilidad de que se produzca un SES,  $P_{SES}(t)$ , es:

$$P_{SES}(t) = \sum_{k=0,3n}^n P_{n,k}(t) = 1 - \sum_{k=0}^{0,3n-1} P_{n,k}(t) = 1 - \sum_{k=0}^{0,3n-1} \frac{n!}{(n-k)!k!} (1 - P_{EB}(t))^{n-k} P_{EB}^k(t)$$

### 2.1 Generación de plantillas

Si se supone una forma general de la plantilla (como la que se indica en la Fig. 1) y se utiliza la fórmula de probabilidad ESR (definida como el total de ES, es decir, los segundos en los que se han detectado uno o más bloques con errores) dividida por el total de segundos disponibles,  $T_a$ , viene dada por:

$$ESR = \frac{\int P_{ES}(t) dt}{T_a}$$

del mismo modo, la SESR viene dada por:

$$SESR = \frac{\int P_{SES}(t)}{T_a}$$

Si se supone que  $P_{ES}(t)$  y  $P_{SES}(t)$  son constantes por fracciones de tiempo, ESR y SESR pueden expresarse como:

$$ESR = \sum_{i=1}^M P_{ES_i} \cdot \Delta t_i$$

y

$$SESR = \sum_{i=1}^M P_{SES_i} \cdot \Delta t_i$$

cuando  $M$  es el número total de intervalos de tiempo,  $P_{ES_i}(t)$  y  $P_{SES_i}(t)$  son la probabilidad de un ES y SES, respectivamente, en el intervalo de tiempo  $i$ -ésimo dividido por  $T_a$ .

BBER se define como la relación entre los EB y el total de bloques durante los segundos disponibles, con exclusión de todos los bloques durante el SES. Por consiguiente:

$$BBER = \frac{\int \left( \sum_{k=1}^{0,3n} P_{n,k}(t) \cdot k \right) dt}{n \cdot \left( T_a - \int_{T_a} P_{SES}(t) \cdot dt \right)} = \frac{\sum_{k=1}^{0,3n} \left( \frac{1}{T_a} \int P_{n,k}(t) \cdot dt \right) \cdot k}{n \cdot (1 - SESR)}$$

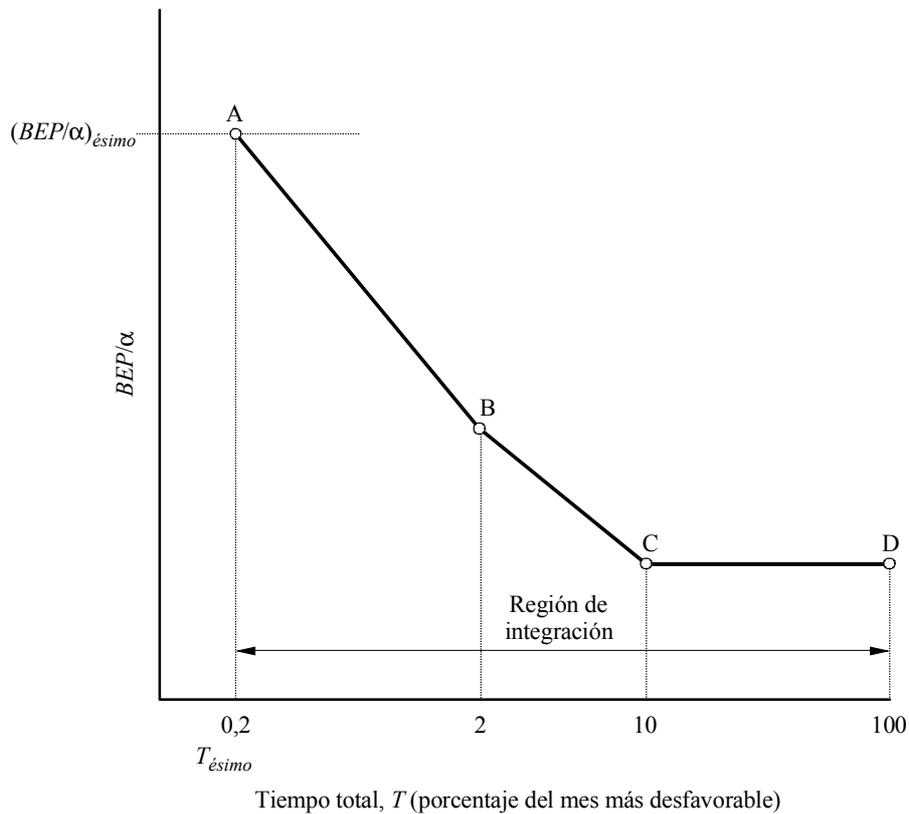
Si se determina  $\overline{P_{n,k}} = \frac{\int P_{n,k} \cdot dt}{T_a}$ , BBER puede expresarse como:

$$BBER = \frac{\sum_{k=1}^{0,3n} \overline{P_{n,k}} \cdot k}{n \cdot (1 - SESR)}$$

Sin embargo, al seleccionar el valor de  $BEP_{\acute{e}simo}/\alpha$  para la generación de las plantillas, debe considerarse la aparición de interpretaciones de puntero incorrectas (IPI, *incorrect pointer interpretations*), que son esenciales para el adecuado funcionamiento de los enlaces SDH. Con las mediciones efectuadas se ha mostrado que IPI aumenta notablemente en una BEP de aproximadamente  $1 \times 10^{-7}$  o más allá de esa probabilidad, que es notablemente inferior a aquella en que los módems de satélite experimentan pérdidas de sincronización. En vista de ello, serán necesarios nuevos estudios para definir un umbral de la BEP para IPI, denominado aquí  $BEP_{IPI}$ ,

donde el enlace de satélite SDH no estará disponible dado que será un factor de limitación. A los efectos de la presente Recomendación, se ha utilizado el valor de  $BEP_{ésimo}/\alpha$  (igual a  $BEP_{IP1}/\alpha$ ) de  $1 \times 10^{-9}$ .

FIGURA 1  
Forma general de la plantilla



1521-01

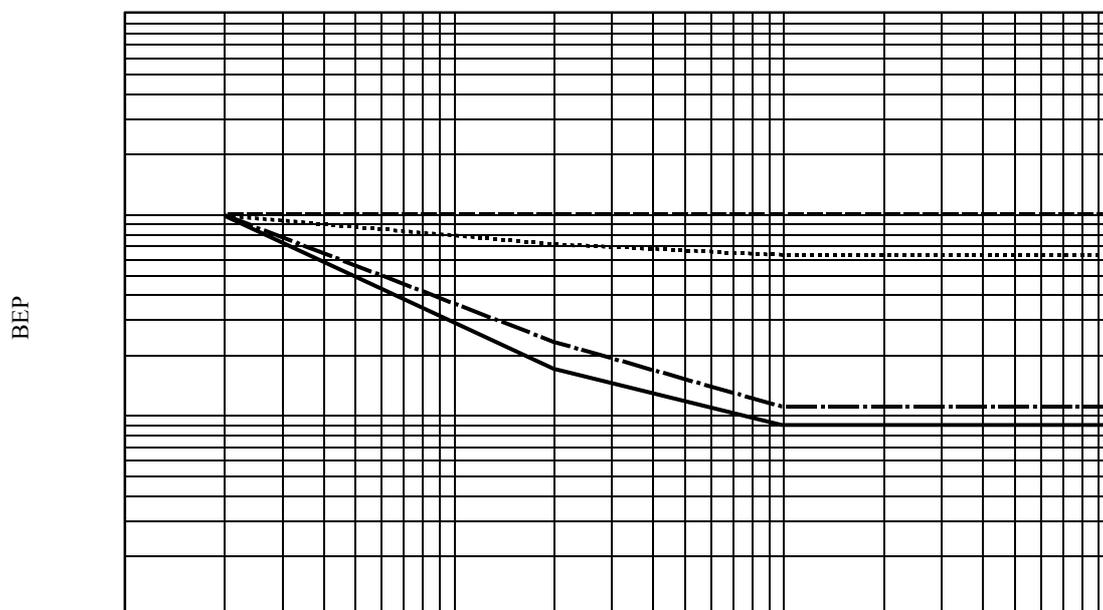
Este método dará como resultado un número infinito de plantillas que cumplen los objetivos de calidad de la Recomendación UIT-T G.828. Por consiguiente, para definir una plantilla y determinar los puntos B, C y D de la misma (véase la Fig. 2) se utiliza el proceso siguiente:

- Paso 1:* Se fija el valor de  $BEP_{ésimo}/\alpha = 1 \times 10^{-9}$ .
- Paso 2:* Se fija el valor de tiempo de umbral de indisponibilidad,  $T_{ésimo}$ , ( $T_{ésimo} = 0,2\%$ ) de modo que el punto A corresponda al valor de  $BEP_{ésimo}/\alpha$ .
- Paso 3:* Se fijan los valores de la plantilla para el 2%, 10% y 100% del tiempo (puntos B, C y D).
- Paso 4:* Se calculan ESR, SESR y BBER integrando la región entre  $T_{ésimo}$  (0,2%) y 100%. Al calcular estas plantillas, se supone que el enlace de satélite no está disponible para los valores de PBE superiores a  $BEP_{ésimo}/\alpha$ .
- Paso 5:* Se repiten los Pasos 3 y 4 hasta que todos los parámetros (ESR, SESR y BBER) cumplan los objetivos que figuran en el Cuadro 3.

Este proceso garantiza que se obtiene un tiempo de indisponibilidad del enlace de 0,2%.

En virtud de este proceso y de las hipótesis adicionales de que los valores de  $BEP/\alpha$  correspondientes a los puntos C y D son iguales, se elaboró el ejemplo de grupo de plantillas para varias velocidades de transmisión que se representa en la Fig. 2.

FIGURA 2  
Plantillas generadas para tramos por satélite



Tiempo total

- - - - - 1,664 y 2,24 Mbit/s      - · - · - 48,96 Mbit/s  
 ········ 6,848 Mbit/s            ————— 150,336 Mbit/s

$\alpha = 10$   
 El umbral de la BEP es  $1 \times 10^{-8}$   
 Tiempo de disponibilidad de 0,002 a 1  
 Todos los modelos cumplen los criterios de BBER  
 Los modelos para 1,664 y 2,24 Mbit/s también cumplen los criterios de ESR

1521-02

### 3 Relación entre la BER y la proporción de sucesos erróneos

Como es bien sabido, los errores en los enlaces por satélite que emplean esquemas de FEC y de aleatorizador tienden a producirse en agrupaciones. La aparición de las agrupaciones, que también pueden denominarse eventos erróneos, es aleatoria y sigue la distribución de Poisson. La proporción de errores de bloque resultante es igual que si fuese causada por errores en los bits que se producen aleatoriamente (con la distribución de Poisson) con una BER,  $BER/\alpha$ , donde  $\alpha$  (utilizada en el § 2.1 para tener en cuenta la naturaleza de ráfaga de los errores) es el número medio de bits erróneos dentro de una agrupación,  $\alpha$  también representa la relación entre la BER y la proporción de sucesos erróneos.

Las propiedades estadísticas de las agrupaciones de errores dependen de los esquemas de FEC/aleatorizador utilizados. Se han empleado también simulaciones por computador y mediciones de distintos esquemas FEC (sin aleatorizador o codificación diferencial) para determinar el factor  $\alpha$ . Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Mediciones realizadas en laboratorio de transmisiones digitales de tipo INTELSAT IDR (FEC,  $R = 3/4$  más aleatorizador) dieron como resultado  $\alpha = 10$  en la gama de BER de  $1 \times 10^{-4}$  a  $1 \times 10^{-11}$ . Se determinó  $\alpha = 5$  en las mismas mediciones para transmisiones digitales de tipo INTELSAT IBS (FEC,  $R = 1/2$  más aleatorizador).

Los resultados de las mediciones indican que  $\alpha$  podría estar en una gama de 1 a 10.

Es necesario continuar los estudios de otros tipos de esquemas FEC/aleatorizador.

La influencia del parámetro  $\alpha$  en el modelo de calidad de funcionamiento podrá evaluarse como sigue.

CUADRO 5

**Factor,  $\alpha$ , para distintos esquemas FEC**

Velocidad binaria (kbit/s)	Sin FEC	Con FEC		
		1/2	3/4	7/8
<b>1 664</b>	1,0	2,7	5,1	6,6
<b>2 240</b>	1,0	3,4	6,8	8,2
<b>6 848</b>	1,0	2,6	5,1	7,0
<b>48 960</b>	1,0	2,8	5,4	7,2
<b>150 336</b>	1,1	2,8	4,9	7,2

Las plantillas de la Fig. 2 se generaron utilizando  $\alpha = 10$ . Si, por ejemplo, no se utilizase FEC/aleatorizador ( $\alpha = 1$ ), las plantillas serían desplazadas una década y los requisitos de la BER serían más estrictos (una década).

#### 4 Conclusiones

Los estudios han mostrado que las plantillas requeridas para satisfacer los objetivos de la Recomendación UIT-T G.828 dependen de la velocidad de transmisión.

Las plantillas de diseño dependen también de los errores que, a su vez, son influidos por el esquema de FEC/aleatorizador utilizado.

Hay que tener en cuenta también las necesidades del servicio al determinar las plantillas de diseño.