



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

**E.550**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

(03/93)

**RED TELEFÓNICA Y RED DIGITAL  
DE SERVICIOS INTEGRADOS**

**CALIDAD DE SERVICIO, GESTIÓN DE LA RED  
E INGENIERÍA DE TRÁFICO**

---

**GRADO DE SERVICIO Y NUEVOS CRITERIOS  
DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO  
DE LAS CENTRALES TELEFÓNICAS  
INTERNACIONALES EN CONDICIONES  
DE FALLO**

**Recomendación UIT-T E.550**

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

---

## PREFACIO

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T tiene a su cargo el estudio de las cuestiones técnicas, de explotación y de tarificación y la formulación de Recomendaciones al respecto con objeto de normalizar las telecomunicaciones sobre una base mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se reúne cada cuatro años, establece los temas que habrán de abordar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que preparan luego Recomendaciones sobre esos temas.

La Recomendación UIT-T E.550, revisada por la Comisión de Estudio II (1988-1993) del UIT-T, fue aprobada por la CMNT (Helsinki, 1-12 de marzo de 1993).

---

## NOTAS

1 Como consecuencia del proceso de reforma de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el CCITT dejó de existir el 28 de febrero de 1993. En su lugar se creó el 1 de marzo de 1993 el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T). Igualmente en este proceso de reforma, la IFRB y el CCIR han sido sustituidos por el Sector de Radiocomunicaciones.

Para no retrasar la publicación de la presente Recomendación, no se han modificado en el texto las referencias que contienen los acrónimos «CCITT», «CCIR» o «IFRB» o el nombre de sus órganos correspondientes, como la Asamblea Plenaria, la Secretaría, etc. Las ediciones futuras en la presente Recomendación contendrán la terminología adecuada en relación con la nueva estructura de la UIT.

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.

© UIT 1994

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Introducción.....	1
2 Consideraciones generales.....	1
3 Características de funcionamiento de la central en condiciones de fallo.....	2
4 GOS y modelos aplicables.....	2
5 Normas de GOS e inaccesibilidad .....	4
6 Supervisión de la calidad de funcionamiento .....	5
Anexo A – Modelo para la inaccesibilidad media de una central .....	5
Anexo B – Evaluación de la inaccesibilidad instantánea al servicio de la central .....	8



## **GRADO DE SERVICIO Y NUEVOS CRITERIOS DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES TELEFÓNICAS INTERNACIONALES EN CONDICIONES DE FALLO**

*(Modificada en Helsinki, 1993)*

### **1 Introducción**

**1.1** Esta Recomendación se refiere a situaciones de fallo en una sola central y a su influencia en las llamadas cursadas por esta central (no se tratan las repercusiones en la red).

**1.2** Se formula esta Recomendación desde el punto de vista de grado de servicio (GOS, *grade of service*) de la central.

**1.3** De conformidad con la Recomendación E.543, relativa a las centrales de tránsito en condiciones normales de funcionamiento, esta Recomendación se aplica, principalmente, a las centrales digitales internacionales. Sin embargo, las Administraciones pueden tener en cuenta esta Recomendación para sus redes nacionales.

**1.4** En el grado de servicio (GOS) percibido por el abonado (bloqueo y/o demora en el establecimiento de las comunicaciones) no sólo influyen las variaciones de la carga de tráfico sino también los fallos parciales o totales de los componentes de la red. El concepto de GOS percibido por el abonado no está limitado a condiciones específicas de avería y restablecimiento. Por ejemplo, generalmente el usuario ignora que ha surgido un problema en la red y no está en condiciones de distinguir entre una condición de fallo y otras condiciones, tales como los picos en la demanda de tráfico o la insuficiencia de los equipos en servicio como consecuencia de actividades de mantenimiento periódico. Es necesario, pues, formular criterios de calidad de funcionamiento y objetivos de GOS adecuados para las centrales telefónicas internacionales, en los que se tengan en cuenta las repercusiones de los fallos parciales y totales de la central. Además, en el marco de estos trabajos, habrán de elaborarse definiciones, modelos, y métodos de medida y cálculos apropiados.

**1.5** Desde el punto de vista del abonado, el GOS no sólo debe definirse por el nivel de servicio insatisfactorio, sino también por la duración de los periodos durante los cuales el GOS es insatisfactorio y por la frecuencia con que tales situaciones se producen. Así pues, en su forma más general, los criterios de calidad de funcionamiento deben tener en cuenta factores tales como la frecuencia y duración de los fallos, la demanda de tráfico durante los fallos, el número de abonados afectados por los fallos y la distorsión de los perfiles del tráfico que éstos originan.

No obstante, desde el punto de vista práctico, sería conveniente comenzar por criterios más simples que puedan desarrollarse gradualmente a fin de tener en cuenta todos los factores antes mencionados.

**1.6** Los fallos totales o parciales en la parte internacional de la red tienen un efecto mucho más grave que el de fallos análogos en redes nacionales, ya que en éstas los componentes averiados pueden aislarse y el tráfico afectado puede reencaminarse.

En consecuencia, los fallos de la parte internacional de la red pueden degradar el servicio por un incremento de los bloqueos y las demoras, o incluso interrumpir por completo el servicio durante cierto tiempo. El objeto de la presente Recomendación es formular algunos objetivos de servicio para las centrales internacionales, a fin de garantizar cierto nivel de servicio a los abonados que soliciten conexiones internacionales.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que cuando existen centrales multicabeceras que proporcionan acceso desde/hacia un país con diversidad de circuitos y métodos de restauración, el GOS real será mayor que en el caso de una sola central.

### **2 Consideraciones generales**

**2.1** En los nuevos criterios de calidad de funcionamiento que se procura establecer intervienen conceptos propios del campo de la «disponibilidad» (frecuencia y duración de las averías) y la «congestión de tráfico» (niveles de bloqueo y/o demora). Es necesario, por tanto, que la terminología, definiciones y modelos examinados sean coherentes con las Recomendaciones correspondientes sobre terminología y vocabulario.

**2.2** En los periodos de gran congestión, causada por picos de tráfico o por un funcionamiento defectuoso de la central, es probable que se registre un aumento importante del número de tentativas repetidas. Además, cabe esperar que, debido a la demanda acumulada durante un periodo de avería total, la carga de tráfico de la central sea muy intensa inmediatamente después de restablecerse el servicio una vez eliminado el fallo y establecido el servicio. Deben tenerse en cuenta los posibles efectos de estos fenómenos sobre el GOS propuesto para condiciones de fallo. (Queda en estudio.)

### **3 Características de funcionamiento de la central en condiciones de fallo**

**3.1** Se considera que la central se encuentra en una condición de fallo cuando cualquier fallo de la misma (soporte físico, soporte lógico, errores humanos) reduce su caudal en el momento en que es necesario cursar tráfico. Se incluyen en la presente Recomendación las cuatro categorías siguientes de fallos de las centrales:

- a) fallo total de la central;
- b) fallo parcial que afecta por igual a la capacidad para cursar todos los flujos de tráfico;
- c) fallo parcial que sólo afecta al tráfico cursado hacia o desde un punto particular, quedando parcial o totalmente aislado de la ruta prevista;
- d) fallo intermitente que afecta a una determinada proporción de llamadas.

**3.2** En la medida de lo posible, la central debe diseñarse de manera tal que el fallo de una o varias unidades repercuta lo menos posible en su caudal. Además, la central debe ser capaz de tomar medidas por sí misma para aminorar los efectos de cualquier sobrecarga que se produzca como resultado del fallo de alguna de sus unidades. Las unidades de la central cuyo fallo reduzca el caudal de ésta en mayor medida deben poseer una disponibilidad proporcionalmente mayor en comparación con las demás unidades (véase 4/Q.504).

**3.3** Cuando un fallo reduce el caudal de la central y se produce congestión, la central debe ser capaz de enviar indicaciones de control hacia otras centrales y hacia los sistemas de gestión de la red a fin de facilitar el control de la carga que se le ofrece (véanse Recomendaciones E.410 y Q.506).

### **4 GOS y modelos aplicables**

**4.1** En esta subcláusula, los términos «accesible» e «inaccesible» se utilizan en el sentido de la Recomendación G.106 (*Libro Rojo*). La estructura del GOS para las centrales en condiciones de fallo puede formularse, desde el punto de vista del abonado, en los dos niveles conceptuales siguientes:

#### **4.1.1 Accesibilidad (inaccesibilidad) instantánea del servicio**

En este nivel se atiende principalmente a la probabilidad de que el servicio sea accesible (o inaccesible) para el abonado en el instante en que efectúa una demanda.

#### **4.1.2 Accesibilidad (inaccesibilidad) acumulativa del servicio**

En este nivel, se amplía el concepto de «tiempo de indisponibilidad» utilizado en las especificaciones de disponibilidad de las centrales para incluir los efectos de los fallos parciales y de las sobrecargas de tráfico durante un largo periodo de tiempo.

**4.2** Sobre la base del concepto de grado de servicio descrito en 4.1 los parámetros de grado de servicio de las centrales en condiciones de fallo (o de avería) se definen como sigue:

**4.2.1 inaccesibilidad instantánea al servicio de una central** es la probabilidad de que esa central no pueda realizar la función requerida (procesamiento satisfactorio de llamadas) en las condiciones especificadas, en el momento en que se efectúa una petición de servicio.

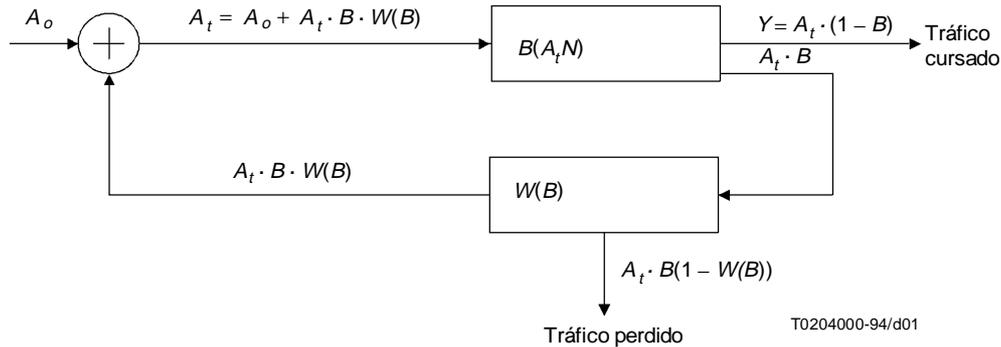
**4.2.2 inaccesibilidad media al servicio de una central** es la media de inaccesibilidad instantánea en un periodo de observación preestablecido (por ejemplo, un año).

### 4.2.3 NOTES

1 El modelo de GOS en el caso de inaccesibilidad instantánea de una central está estrechamente relacionado con el concepto de congestión de llamadas en la teoría de tráfico y debe ampliarse para incluir la congestión de llamadas originada por los fallos de central indicados en 3.1. El valor de GOS puede asignarse en tal caso sobre una base análoga a la establecida en la Recomendación E.543 para los centros de tránsito en condiciones normales de funcionamiento.

2 En el Anexo A figura un modelo para estimar la inaccesibilidad acumulativa de una central. Aunque el modelo permite un enfoque sencillo y por lo tanto atractivo, algunos de los aspectos prácticos relacionados con la medida y la comprobación, así como los efectos que sobre el GOS podrían producir los medios de control de la gestión de la red y el mantenimiento periódico requieren estudios adicionales.

4.3 El modelo de la Figura 1 pone en evidencia la modificación de la naturaleza del tráfico ofrecido en condiciones de fallo.



donde

- $A_o$  es el tráfico ofrecido;
- $A_t$  es el tráfico total;
- $B$  es el factor de congestión (tentativas de llamada no procesadas) que puede incluir los efectos de controles de gestión de red;
- $N$  son los recursos;
- $Y$  es el tráfico cursado;
- $W$  es la proporción de tentativas de llamada bloqueadas que se repiten.

FIGURA 1/E.550

### Modelo para el tráfico ofrecido en condiciones de fallo

En condiciones normales, el factor de congestión  $B$  es bajo y habría pocas repeticiones de tentativas; en consecuencia, el tráfico  $A_t$  se aproxima al tráfico  $A_o$ .

En condiciones de fallo, los recursos se reducen y el factor de congestión  $B$  aumenta. Esto provoca el fenómeno de repetición de tentativas y, por consiguiente, la carga  $A_t$  de la central se hace más grande que la carga  $A_o$  original.

Por tanto, es necesario evaluar la congestión con la nueva carga  $A_t$  suponiendo la estabilidad del sistema, lo que puede no ocurrir en todos los casos.

La Recomendación E.501 ofrece unos modelos adecuados para la determinación del tráfico ofrecido a partir del tráfico cursado, teniendo en cuenta las repeticiones de tentativas.

4.4 El efecto de cada tipo de fallo de la central en el GOS puede caracterizarse por:

- la carga en erlangs ( $A_t$ ) y las tentativas de llamada en la hora cargada (BHCA, *busy hour call attempts*);
- los parámetros de inaccesibilidad (instantánea y media), congestión y demora (establecimiento de la comunicación, tiempo de transferencia de la central, etc.);
- la duración de la avería;
- la intensidad de fallos.

## 5 Normas de GOS e inaccesibilidad

**5.1** Las situaciones de fallo en la central pueden producir efectos similares a los provocados por sobrecarga de tráfico aplicadas a una central en condiciones de funcionamiento correcto.

En general, las centrales digitales que funcionen en la red deben ser capaces de tomar medidas para garantizar un caudal máximo cuando encuentran una condición de sobrecarga, incluidas todas las condiciones de esta naturaleza causada por una condición de fallo dentro de la central.

Las llamadas que la central haya aceptado para su tratamiento deben seguir procesándose con la mayor rapidez posible compatible con las estrategias de protección frente a sobrecarga recomendadas en 3/Q.543.

**5.2** Una medida que puede tomar la central para preservar su capacidad de tratamiento de llamadas consiste en iniciar controles de congestión y/u otras operaciones de gestión de red, a fin de controlar la carga que se ofrece a la central (véanse Recomendaciones E.410, E.413 y Q.506). Desde el punto de vista del abonado llamante, el efecto más evidente puede ser una disminución de la probabilidad de que la red en su conjunto pueda completar una parte de las tentativas de llamada que la central es incapaz de aceptar durante la condición de fallo.

**5.3** Las centrales de tránsito internacional ocupan un lugar prominente en la red y es importante que su capacidad de procesamiento esté asociada a un alto grado de disponibilidad. Es probable que existan numerosas diferencias en cuanto a la arquitectura de las centrales, y estas diferentes arquitecturas tendrán repercusiones diferentes en las categorías de fallo y en la pérdida de capacidad resultante.

Por lo general, los fallos que provocan la pérdida de una gran proporción de la capacidad de la central deben tener una baja probabilidad de aparición y un tiempo de indisponibilidad reducido. Es importante que se adopten los procedimientos de mantenimiento necesarios para conseguir una disponibilidad adecuada de la central.

**5.4** La expresión formal del criterio de inaccesibilidad media de la central es la siguiente:

Sean:

$y(t)$ : Intensidad de las tentativas de llamada que acceden a la central, suponiendo que no hay fallos.

$s(t)$ : Intensidad de las tentativas de llamadas que acceden a la central teniendo en cuenta las condiciones de avería que se producen en ésta.

La inaccesibilidad media de la central en un periodo de tiempo  $T$  viene dada por:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{y(t) - s(t)}{y(t)} dt$$

En el anexo A se describe la aplicación práctica de este criterio.

En periodos en los que la central experimenta un fallo completo, es decir,  $s(t) = 0$ , la expresión:

$$\frac{y(t) - s(t)}{y(t)} \text{ es igual a } 1.$$

La contribución de tales periodos al criterio total  $P$  puede entonces expresarse sencillamente como la fracción  $P_{total}$  del periodo de evaluación  $T$ , durante la que se ha producido el corte total en la central debido al fallo.

El objetivo para  $P_{total}$  es que este valor no sea de más de 0,4 horas al año.

En los periodos de fallo parcial, conviene también expresar el objetivo en forma de horas equivalentes por año. Se utiliza el término «equivalente» debido a que la duración de los fallos parciales está ponderada por la fracción:

$$\frac{y(t) - s(t)}{y(t)}$$

de tentativas de llamada a las que se les ha denegado el acceso. Los objetivos para la contribución del periodo de fallos parciales de la central al criterio total  $P$ , vienen dados por:

$P_{parcial} \leq$  a 1,0 horas equivalentes por año.

Obsérvese que por definición,  $P = P_{total} + P_{parcial}$

El criterio de inaccesibilidad no comprende:

- los cortes previstos;
- los fallos con duración inferior a 10 segundos;
- los daños accidentales producidos al equipo durante el mantenimiento;
- los fallos de origen externo debidos a interrupciones en el suministro de energía, etc.

Sí están comprendidos los fallos originados por el soporte lógico o el soporte físico.

Asimismo, los objetivos se refieren a la central en condiciones normales de explotación y no comprenden los fallos producidos tras el corte de una central o los que se originan al final del periodo de servicio, es decir la distribución bien conocida de «succión» (*bath tub*).

## 6 Supervisión de la calidad de funcionamiento

**6.1** Algunas condiciones de fallo [por ejemplo, el tipo mencionado en 3.1 b)], se reflejarán generalmente en las medidas normales de GOS estipuladas en la Recomendación E.543.

**6.2** Otras condiciones de fallo [por ejemplo, las del tipo mencionado en 3.1 c)], pueden provocar una calidad reducida para una parte del flujo del tráfico, y no influir, o hacerlo en grado mínimo sobre el GOS medido de la central. Por ejemplo, si se produce un fallo en un módulo de enlaces en una central digital, se bloquea el tráfico asociado normalmente con dicho módulo pero como entonces no se miden las tentativas de llamada en él, dicho fallo no modifica la supervisión del GOS de la central.

En este segundo caso puede calcularse la inaccesibilidad media utilizando medidas directas de cortes de unidades a fin de obtener información sobre  $m_i$  y  $t_i$  y estimaciones de  $b_i$  para su empleo en el modelo del Anexo A. (Véase en el Anexo A la explicación de estos símbolos.)

**6.3** Las estimaciones de  $b_i$  pueden incluir factores fijos basados en la arquitectura de la central y factores variables derivados de medidas de tráfico efectuadas inmediatamente antes del instante del fallo.

**6.4** En el caso de fallos del tipo 3.1 a) o b), que afecten a todos los sentidos, y si no existen posibilidades de reencaminamiento hacia otros centros de tránsito, la inaccesibilidad instantánea al servicio de la central es un parámetro conveniente para reflejar la percepción que el usuario puede tener del tiempo de indisponibilidad real, incluido el tiempo necesario para el restablecimiento del servicio (véase 2.2). Puede evaluarse a partir del parámetro precedente de inaccesibilidad media, introduciendo una modificación en la evaluación de la duración total del fallo, como se indica en el Anexo B.

## Anexo A

### Modelo para la inaccesibilidad media de una central

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

**A.1** Sea  $P$  la probabilidad de que no se procese una tentativa de llamada debida a una avería en la central. Entonces:

$$P = \sum_{i=1}^N p_i b_i \quad (\text{A-1})$$

donde:

- $p_i$  es la probabilidad de una avería del modo  $i$ . Cada modo de avería indica una combinación específica de componentes averiadas en la central;
- $N$  es el número de modos de averías;
- $b_i$  es la proporción media del tráfico que no puede procesarse debido al modo de avería  $i$ . Es función de la avería específica presente y de la carga de tráfico ofrecida en el momento en que se produce la condición de fallo.

Durante un periodo de tiempo  $T$ , la probabilidad de avería  $p_i$  puede estimarse mediante:

$$p_i = \frac{m_i \cdot t_i}{T} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (\text{A-2})$$

donde:

$m_i$  es el número de averías de modo  $i$  que se producen durante el periodo  $T$ ;

$t_i$  es la duración media de las averías del modo  $i$ .

Por razones prácticas se desearían excluir de los cálculos las averías de duración inferior a 15 segundos.

**NOTAS**

1 Un modo de avería dado hace que la central pase al estado de avería correspondiente, caracterizado por una duración media dada y una función  $b_i$  que da la proporción de tráfico ofrecido afectado. En principio, el número posible de modos de avería puede ser muy grande, debido al número de combinaciones que pueden producirse. En la práctica puede reducirse este número considerando equivalentes todos los modos de avería con los mismos valores de  $b_i$  y de  $t_i$ .

2 El valor  $b_i$  deberá tener en cuenta la distribución del tráfico a lo largo de un día y la probabilidad de que se produzca una avería del modo  $i$  durante un periodo de tiempo dado. El valor asignado en el modelo anterior será la media de los valores  $b_i$  para las horas consideradas en estas distribuciones. Por ejemplo, una avería parcial que afecte al 20% del caudal del tráfico de la central en la hora cargada y en dos horas similares puede considerarse que afecta a una reducción del 10% en otras cuatro horas moderadamente cargadas y que tiene un efecto despreciable sobre las restantes horas. Si se considera que esta avería es equiprobable a lo largo del tiempo, el valor medio de  $b_i$  puede obtenerse como sigue:

$$b_i = \text{suma de} \left( \frac{\text{porcentaje del tráfico afectado} \times \text{número de horas cargadas pertinentes}}{24 \text{ horas}} \right) =$$

$$= \frac{0,2 \times 3}{24} + \frac{0,1 \times 4}{24} + \frac{0,0 \times 17}{24} = 0,025 + 0,0167 = 0,0417$$

3 La probabilidad de que no se procese una tentativa de llamada es función de la clase del tráfico afectado por la avería. Distintos tráficos experimentarán un GOS diferente dependiendo de la arquitectura del sistema, la cual no se ha tenido en cuenta en esta Recomendación. Por ejemplo, las averías parciales que provocan la retirada del servicio de bloques de enlaces conectados a una central, producen como efecto la reducción del tráfico total ofrecido a la central. Los flujos de tráfico que no utilizan los enlaces averiados tendrán, en consecuencia un GOS ligeramente mejor.

**A.2 Ejemplo para calcular la inaccesibilidad, P**

Véase el Cuadro A.1.

CUADRO A.1/E.550

**Ejemplo de utilización del modelo para calcular la inaccesibilidad P**  
( $T = 1$  año = 8760 horas)

$b_i$	$m_i$	$t_i$	$p_i \cdot b_i$
Proporción media del tráfico que no puede procesarse	Número de fallos de modo $i$ por año	Duración media del fallo de modo $i$ (horas)	Probabilidad de que no se pueda procesar una tentativa de llamada ( $\times 10^{-5}$ )
1,00	2	0,2	4,56
0,40	3	0,22	3,01
0,20	4	0,3	2,74
0,10	6	0,4	2,74
0,05	10	0,5	2,85

El valor de  $P$  es la suma de los distintos productos  $p_i \cdot b_i$  del Cuadro A-1. En este ejemplo,  $P = 15,90 \times 10^{-5}$ , lo que equivale a 1,39 horas de inaccesibilidad por año ( $1,39 = 15,90 \times 10^{-5} \times 8760$ ).  $P$  se descompone como sigue:

$$P_{total} = 0,40 \text{ horas por año } (4,56 \times 10^{-5} \times 8760)$$

$$P_{parcial} = 0,99 \text{ horas por año (parte restante de } P).$$

**A.3** Como ejemplo adicional, considérese un haz de circuitos en el que los fallos de la central pueden interrumpir uno o más circuitos (véase la Figura A.1). Es posible desarrollar la fórmula (A-1).

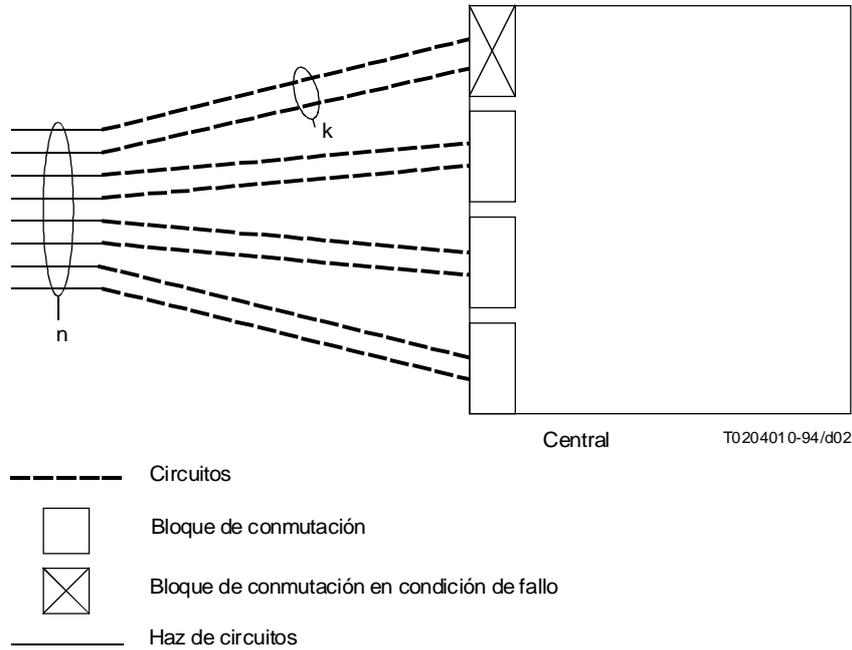


FIGURA A.1/E.550  
**Fallo de central que interrumpe uno o más circuitos**

La proporción media del tráfico  $b(n, k, A)$ , que no puede procesarse debido a los fallos en los circuitos es, ahora, función de:

- $n$ , dimensión del haz de circuitos,
- $k$ , número de circuitos fuera de servicio a causa del fallo.
- $A$ , tráfico medio ofrecido al haz de circuitos en ausencia de averías.

Si el caudal en un haz de circuitos de dimensión  $n$  al que se ofrece un tráfico  $A$  es  $C_n(A)$ ; el caudal en el mismo haz de circuitos en el que hay  $k$  de ellos fuera de servicio, será  $C_{n-k}(A)$ . En consecuencia, la proporción media de tráfico  $b(n, k, A)$  que no puede procesarse debido al fallo es:

$$b(n, k, A) = \frac{[C_n(A) - C_{n-k}(A)]}{C_n(A)} \tag{A-3}$$

Siendo

$f(k, A)$  la probabilidad de que haya  $k$  circuitos en una condición de avería, y  $A$  el tráfico medio ofrecido, la probabilidad  $P_n$  de que no se procese una tentativa de llamada debido al fallo de un haz de circuitos de tamaño  $n$  viene dada por:

$$P_n = \sum_{k, A}^N f(k; A) \cdot b(n, k, A) \quad k = 1, 2, \dots, n \tag{A-4}$$

Si  $k$  y  $A$  son independientes,

$$f(k; A) = f_1(k) \cdot f_2(A) \quad (\text{A-5})$$

donde  $f_1(k)$  obedece a una distribución binomial y  $f_2(A)$  a una de Poisson.

Si se supone que el tráfico obedece a una distribución de Erlang,  $C_n(A)$  es proporcional a  $A \cdot (1 - E_n(A))$ , donde  $E_n(A)$  es la probabilidad de bloqueo expresada por la fórmula de llamadas perdidas de Erlang. Por consiguiente:

$$b(n, k, A) = \frac{E_{n-k}(A) - E_n(A)}{1 - E_n(A)} \quad (\text{A-6})$$

Puede obtenerse utilizando las tablas de Erlang e introduciendo su valor en la ecuación (A-4).

## Anexo B

### Evaluación de la inaccesibilidad instantánea al servicio de la central

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

Se introducen las notaciones siguientes:

$I$	inaccesibilidad instantánea al servicio de la central;
$U$	indisponibilidad (media);
$t'_i$	duración media del tiempo de restablecimiento del servicio (tras el fallo $i$ ).

En condiciones normales:

$C$	capacidad (densidad de llamadas por unidad de tiempo) máxima;
$X_o C$	capacidad normal diseñada ( $X_o < 1$ );
$R = (1 - X_o)C$	reserva de capacidad.

Durante el fallo de tipo  $i$ :

$C'$	capacidad máxima teórica;
$X_i C'$	capacidad diseñada en condiciones de fallo ( $X_i < 1$ );
$D = X_o C$	demanda acumulada (por unidad de tiempo), igual a la capacidad explotada en tiempo normal;
$D'_1$	demanda acumulada no atendida durante el fallo $i$ (por unidad de tiempo).

Si no existe posibilidad de reencaminamiento ni abandonos de llamada, se tiene:

$$D'_i = D - X_i C' = X_o C - X_i C'$$

De hecho, puede ocurrir que durante un fallo se tenga:  $C' = C$ . La posible supresión, en este periodo, de ciertas cargas de gestión corriente, puede terminar produciendo la desigualdad:  $X_i C' > X_o C$ .  $D'_i$  es entonces nula (no puede ser negativa). La expresión debe entonces escribirse en la forma:

$$D'_i = (X_o C - X_i C')^+, \text{ donde } a^+ = \text{Max}(a, 0) \quad (\text{B-1})$$

La proporción media de tráfico no tratado durante el fallo vale, para el tipo  $i$ :

$$b_i = \frac{D'_i}{D} \quad (\text{B-2})$$

El tiempo  $t'_i$  corresponde al retardo necesario que permite igualar el volumen de demanda acumulada no atendida ( $D'_i t_i$ ) y el exceso (en volumen) de la capacidad que puede ser explotada en tiempo normal ( $Rt'_i$ ). De ahí la relación:

$$t'_i = \frac{D'_i}{R} t_i \quad (\text{B-3})$$

Desde el punto de vista del usuario, siendo  $(t_i + t'_i)$  la duración perceptible del fallo, las expresiones (A-2) y (B-3) dan:

$$P_i = \frac{m_i t_i}{t} \cdot \left[ 1 + \frac{D'_i}{R} \right] \quad (\text{B-4})$$

(A-1), (B-2) y (B-3) dan finalmente:

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{m_i t_i}{T} \cdot \left[ 1 + \frac{D'_i}{R} \right] \cdot \frac{D'_i}{D} \quad (\text{B-5})$$

donde  $D'_i$  se expresa por (B-1).

Pueden citarse los dos casos particulares interesantes siguientes:

- en el caso de que  $C' = C$ , se ha señalado la posibilidad de que  $D'_i = 0$ . Se tiene entonces  $I = 0$ , cuando la indisponibilidad  $U$  no es nula. Es la misma diferencia que entre los conceptos tradicionales de congestión de llamadas (*call congestion*) y de congestión temporal (*time congestion*);
- en el caso de un fallo total del tipo 3.1 a), se tiene  $X_i = 0$  y  $D'_i = D$ ; por tanto:

$$I_{total} = \left( \sum_{i=1}^N \frac{m_i t_i}{T} \right) \cdot \left( \frac{C}{R} \right) = U \cdot \left( \frac{C}{R} \right) \quad (\text{B-6})$$

La inaccesibilidad instantánea al servicio de la central es entonces igual a la indisponibilidad media, multiplicada por la relación de la capacidad máxima a la capacidad de reserva, si ésta existe. En caso contrario, en el que la demanda no puede cursarse, resultará necesariamente un tráfico suprimido.

El objetivo para  $I$  es el mismo que el fijado para  $P$ , definido en el Anexo A. Viene dado en 5.4.