



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**E.500**

(11/98)

SERIE E: EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED,  
SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL  
SERVICIO Y FACTORES HUMANOS

Calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de  
tráfico – Ingeniería de tráfico – Medidas y registro del  
tráfico

---

**Principios de medida de la intensidad de tráfico**

Recomendación UIT-T E.500

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES DE LA SERIE E DEL UIT-T

**EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED, SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL SERVICIO Y FACTORES HUMANOS**

**EXPLOTACIÓN, NUMERACIÓN, ENCAMINAMIENTO Y SERVICIO MÓVIL**

EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES

Definiciones	E.100–E.103
Disposiciones de carácter general relativas a las Administraciones	E.104–E.119
Disposiciones de carácter general relativas a los usuarios	E.120–E.139
Explotación de las relaciones telefónicas internacionales	E.140–E.159
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.160–E.169
Plan de encaminamiento internacional	E.170–E.179
Tonos utilizados en los sistemas nacionales de señalización	E.180–E.199
Servicio móvil marítimo y servicio móvil terrestre público	E.200–E.229

DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL

Tasación en el servicio internacional	E.230–E.249
Medidas y registro de la duración de las conferencias a efectos de la contabilidad	E.260–E.269

UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES NO TELEFÓNICAS

Generalidades	E.300–E.319
Telefotografía	E.320–E.329

DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS

E.330–E.399

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

GESTIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL

Estadísticas relativas al servicio internacional	E.400–E.409
Gestión de la red internacional	E.410–E.419
Comprobación de la calidad del servicio telefónico internacional	E.420–E.489

INGENIERÍA DE TRÁFICO

<b>Medidas y registro del tráfico</b>	<b>E.490–E.505</b>
Previsiones del tráfico	E.506–E.509
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación manual	E.510–E.519
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática	E.520–E.539
Grado de servicio	E.540–E.599
Definiciones	E.600–E.699
Ingeniería de tráfico de RDSI	E.700–E.749
Ingeniería de tráfico de redes móviles	E.750–E.799

CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN: CONCEPTOS, MODELOS, OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO

Términos y definiciones relativos a la calidad de los servicios de telecomunicación	E.800–E.809
Modelos para los servicios de telecomunicación	E.810–E.844
Objetivos para la calidad de servicio y conceptos conexos de los servicios de telecomunicaciones	E.845–E.859
Utilización de los objetivos de calidad de servicio para la planificación de redes de telecomunicaciones.	E.860–E.879
Recopilación y evaluación de datos reales sobre la calidad de funcionamiento de equipos, redes y servicios	E.880–E.899

## **RECOMENDACIÓN UIT-T E.500**

### **PRINCIPIOS DE MEDIDA DE LA INTENSIDAD DE TRÁFICO**

#### **Resumen**

Esta Recomendación expone los conceptos de intensidad de tráfico y los métodos de medida del mismo. Se describen los conceptos de carga normal y elevada y se explica el método de utilización de la intensidad de tráfico medida para determinar la carga que debe tenerse en cuenta en el dimensionado del sistema de tráfico.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T E.500, ha sido revisada por la Comisión de Estudio 2 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 9 de noviembre de 1998.

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

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

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 *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

## 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 1999

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance.....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones.....	1
4 Abreviaturas .....	2
5 Conceptos de la intensidad de tráfico.....	2
5.1 Antecedentes .....	2
5.2 Concepto de intensidad de tráfico y carácter estacionario del mismo.....	3
5.3 Hipótesis para esta Recomendación .....	4
5.4 Intensidad de tráfico medida .....	4
5.5 Convergencia de la intensidad de tráfico medida y el periodo de lectura escogido...	5
6 Métodos de medida e intensidades de tráfico normal y elevada .....	6
6.1 Métodos de medida diaria .....	6
6.2 Agrupación de las medidas diarias .....	6
6.3 Intensidades de tráfico de carga normal y elevada.....	7
6.4 Consideraciones sobre las medidas del servicio.....	8
7 Determinación de los valores de intensidad de tráfico para el dimensionado de los recursos.....	8
8 Antecedentes .....	9
Anexo A – Ejemplo de intensidad de tráfico estacionario con tiempos de ocupación mayores que el periodo de lectura .....	9



## Recomendación E.500

# PRINCIPIOS DE MEDIDA DE LA INTENSIDAD DE TRÁFICO

(revisada en 1998)

## 1 Alcance

Esta Recomendación estudia la medida de la intensidad de tráfico en los sistemas de tráfico formados por un conjunto de recursos y eventos de llegada aleatorios que utilizan cierta cantidad de aquéllos durante un periodo de tiempo. Se examinan los sistemas de tráfico tengan o no espera (colas). Sólo se estudian los sistemas de tráfico con recursos de un solo tipo. Las medidas de la intensidad de tráfico que se definen corresponden a la utilización de modelos de procesos estacionarios de llegada para la caracterización del tráfico en los intervalos de medida.

## 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.

- Recomendación UIT-T E.492 (1996), *Periodo de referencia del tráfico*.
- Recomendación UIT-T E.501 (1997), *Estimación del tráfico ofrecido en la red*.
- Recomendación E.503 del CCITT (1992), *Análisis de datos de las medidas de tráfico*.
- Recomendación E.504 del CCITT (1988), *Administración de las medidas de tráfico*.
- Recomendación E.506 del CCITT (1992), *Previsiones del tráfico internacional*.
- Recomendación E.507 del CCITT (1988), *Modelos para la previsión del tráfico internacional*.
- Recomendación E.508 del CCITT (1992), *Previsiones para nuevos servicios de telecomunicación*.
- Recomendación UIT-T E.600 (1993), *Términos y definiciones de ingeniería de tráfico*.

## 3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

El **periodo diario de punta (DPP, *daily peak period*)** es el método en el que la intensidad de tráfico se mide en periodos de lectura consecutivos todos los días, anotándose la intensidad de tráfico punta de cada día. Este método exige que las medidas se realicen de forma continua.

El **intervalo fijo de medición diaria (FDMI, *fixed daily measurement interval*)** es el método en el que se establece un intervalo de tiempo predeterminado (es decir, una serie de periodos de lectura consecutivos a lo largo del día) en el que suelen producirse las cargas punta, tomándose las medidas

de intensidad del tráfico en dicho intervalo todos los días. Cada día se anota la intensidad de tráfico punta dentro de los periodos de lectura medidos.

La **condición de carga normal** identifica las condiciones de ocupación frecuente de la red en las que hay que dar respuesta a la demanda de servicio de los usuarios.

La **condición de carga elevada** identifica condiciones de funcionamiento menos frecuentes para las que no es imprescindible satisfacer las demandas de servicio de los usuarios, aunque el nivel de calidad debe ser lo suficientemente elevado para evitar molestias importantes a los usuarios, aumento de la congestión, etc.

La **intensidad de tráfico de carga normal (elevada)** es el valor representativo calculado respecto de un intervalo de tiempo mensual de intensidad de tráfico en condiciones de carga normal (elevada).

El **valor representativo anual (YRV, yearly representative value)** de la intensidad de tráfico de carga normal (elevada) es el valor representativo calculado respecto de un intervalo de tiempo anual de intensidad de tráfico en condiciones de carga normal (elevada).

Las demás definiciones se recogen en la Recomendación E.600.

## 4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

CPU	Unidad central de procesamiento ( <i>central processing unit</i> )
DPP	Periodo de punta diario ( <i>daily peak period</i> )
FDMI	Intervalo fijo de medición diaria ( <i>fixed daily measurement interval</i> )
GOS	Grado de servicio ( <i>grade of service</i> )
YRV	Valor representativo anual ( <i>yearly representative value</i> )

## 5 Conceptos de la intensidad de tráfico

### 5.1 Antecedentes

En un sentido amplio, la intensidad de tráfico tiene que ver con el ritmo de llegada del trabajo a un sistema de tráfico y los recursos necesarios para manejarlo. La clase de *sistemas de tráfico* a que esta Recomendación se refiere consiste en un conjunto de recursos del mismo tipo, trabajos que llegan y consumen la cantidad de recursos que necesitan o esperan hasta que los recursos están disponibles (o son rechazados si no hay suficientes recursos disponibles y se ha desbordado la capacidad de la cola de espera), y un tiempo de ocupación por trabajo, que es el tiempo necesario para que la cantidad específica de recursos dedicados termine su trabajo. He aquí algunos ejemplos importantes:

- Grupos de circuitos – El trabajo es la llamada, los recursos son el número específico de circuitos que la llamada necesita, y el tiempo de ocupación de cada trabajo es el tiempo de ocupación de la llamada.
- Procesamiento de llamada – El recurso es una CPU que procesa llamadas, el trabajo es la llamada y el tiempo de ocupación del trabajo es el tiempo que la CPU dedica a procesar la llamada.
- Transporte de paquetes de datos – El recurso es un canal de transmisión de datos de anchura de banda fija, el trabajo es el transporte del paquete de datos por el canal de transmisión, y el tiempo de ocupación del trabajo es el necesario para transmitir el paquete (es decir, [longitud del paquete]/[velocidad del canal de datos]).

- Red RDSI-BA – Considérese un enlace ATM en el que el control de admisión de conexión (CAC, *connection admission control*) atribuye una cierta anchura de banda fija a cada conexión que llega. Esto equivale a un sistema de tráfico en el que el trabajo es la conexión, el recurso la anchura de banda atribuida por el CAC a la conexión y el tiempo de ocupación del trabajo es el tiempo de ocupación de la conexión.

La intensidad media de tráfico se mide dentro de intervalos de tiempo denominados *periodos de lectura* (véase la Recomendación E.492). La longitud del periodo de lectura debe escogerse de modo que se puedan obtener estimaciones aceptables de la intensidad de tráfico. En 5.5 se recogen las consideraciones específicas que deben tenerse en cuenta en la selección del periodo de lectura.

## 5.2 Concepto de intensidad de tráfico y carácter estacionario del mismo

La Recomendación E.600 define la intensidad instantánea de tráfico cursado como la cantidad de recursos de un sistema de tráfico ocupados en un determinado instante. La intensidad instantánea de tráfico ofrecido es la cantidad de recursos ocupados en un sistema de tráfico con infinitos recursos. La intensidad media de tráfico se define como el valor medio en el tiempo de la intensidad instantánea de tráfico en un cierto periodo. La variación en el tiempo de la intensidad instantánea de tráfico se denomina proceso de intensidad de tráfico.

Esta Recomendación trata de las situaciones en las que el proceso de intensidad de tráfico puede considerarse estacionario, es decir, cuando existen modelos de intensidad de tráfico estacionario que constituyen una buena aproximación al proceso real de intensidad de tráfico<sup>1</sup>. Para que el proceso de intensidad de tráfico pueda considerarse estacionario en un periodo de lectura, es necesario que:

- a) proceso de llegada del trabajo pueda considerarse estacionario;
- b) proceso de salida del trabajo pueda considerarse estacionario;
- c) procesos de llegada y salida tengan la misma tasa media durante el periodo de lectura.

Cuando el tiempo de ocupación medio del trabajo es mucho menor que el periodo de lectura, las condiciones b) y c) se satisfacen en la mayoría de los casos prácticos siempre que se satisfaga la condición a). En este caso, la intensidad media de tráfico viene dada por:

$$A = \lambda \cdot n \cdot h \quad (1)$$

donde  $\lambda$  es la tasa media de llegada del trabajo,  $n$  es el número medio de recursos dedicados por trabajo y  $h$  el tiempo medio de ocupación de recursos por trabajo (ponderado con el número de recursos que el trabajo necesita).

Si el tiempo de ocupación medio es del orden del periodo de lectura o superior al mismo, la ecuación (1) puede no ser válida aunque el proceso de intensidad de tráfico pueda aproximarse mediante un modelo estadístico. El anexo A ilustra un ejemplo de esta situación.

---

<sup>1</sup> Una buena aproximación quiere decir que cuando se fijan los parámetros del modelo de intensidad de tráfico para obtener la intensidad de tráfico medida en el periodo de lectura observado y este modelo de tráfico se utiliza para predecir la calidad del sistema en el periodo de lectura, la calidad predicha está (a los efectos del dimensionamiento) dentro de límites razonables de exactitud con respecto a la calidad observada.

### 5.3 Hipótesis para esta Recomendación

Para que los métodos utilizados en esta Recomendación sean válidos han de satisfacerse las siguientes hipótesis:

- 1) La longitud del periodo de lectura puede escogerse de tal manera que, para cada periodo de lectura observado, haya un modelo estacionario que constituya una buena aproximación al proceso de intensidad de tráfico real observado.
- 2) Si el modelo del proceso de intensidad de tráfico tiene otros parámetros además de la intensidad de tráfico (por ejemplo, medidas de la irregularidad o de la varianza), éstos se obtienen por métodos no descritos en esta Recomendación.
- 3) Cuando hay parámetros adicionales, como los descritos en la hipótesis 2, la situación más desfavorable para los recursos de dimensionamiento se presenta siempre cuando la intensidad de tráfico es máxima.
- 4) Hay que detectar y excluir los periodos de lectura excepcionales que no cumplan la hipótesis 1 (por ejemplo, cuando el proceso de llegada observado tenga un marcado carácter no estacionario)<sup>2</sup>.

### 5.4 Intensidad de tráfico medida

Considerando un sistema de tráfico y siendo  $W(t_1, t_2)$  el trabajo total realizado<sup>3</sup> en el intervalo de tiempo  $(t_1, t_2)$ , la *intensidad de tráfico medida* en el intervalo de tiempo  $(t_1, t_2)$  se define como:

$$A(t_1, t_2) = W(t_1, t_2) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

La unidad de intensidad de tráfico medido es el erlang y (2) representa el número medio de recursos ocupados en el intervalo de tiempo  $(t_1, t_2)$ .

Si el sistema de tráfico bloquea algunas llegadas, la intensidad de tráfico medida representa la *carga cursada* y no la carga ofrecida. Cuando el bloqueo es despreciable la intensidad de tráfico medida representa asimismo la carga ofrecida. A efectos de dimensionado es necesario tener en cuenta la carga ofrecida, por lo que conviene que las intensidades de tráfico medidas utilizadas en el dimensionado se refieran a la carga ofrecida. Si existe un bloqueo significativo cuando se miden las intensidades de tráfico, hay que buscar algún método para calcular las intensidades de tráfico bloqueado de modo que se pueda establecer una estimación tan buena como sea posible de la carga ofrecida. La Recomendación E.501 ofrece procedimientos de estimación del tráfico ofrecido a una red con conmutación de circuitos.

Para calcular la intensidad del tráfico medido a partir de (2), hay que medir la utilización real de los recursos  $W(t_1, t_2)$ . Un procedimiento alternativo, muy utilizado en la práctica, es promediar muestras del total de los recursos utilizados, tomadas en momentos espaciados uniformemente a lo largo del

---

<sup>2</sup> Esta Recomendación define las intensidades de tráfico de carga normal y elevada (véase 6.3) para los periodos de lectura que satisfagan la hipótesis 1, y proporciona métodos de determinación de las intensidades de tráfico para el dimensionamiento (véase la cláusula 7) para satisfacer los parámetros del GOS especificado durante dichos periodos. También podría realizarse el dimensionamiento para satisfacer otros parámetros GOS durante los periodos de lectura que contravienen la hipótesis 1. Las medidas de la intensidad de tráfico y los métodos correspondientes para dichos periodos son ajenos al ámbito de esta Recomendación.

<sup>3</sup> Cuando los tiempos de ocupación son mucho menores que la longitud del periodo de lectura, se puede utilizar otra definición tomando el trabajo total que llega en el intervalo  $(t_1, t_2)$ . En ciertos casos resulta más fácil medir el trabajo total a la llegada que la utilización real de recursos (por ejemplo, en las redes de paquetes se puede acumular el total de octetos que llegan en vez de medir el total de octetos enviados).

periodo de lectura. Otra alternativa, aunque sólo válida si el tiempo de ocupación del trabajo es mucho menor que la longitud del periodo de lectura, es medir las llegadas de trabajos, el número de recursos necesarios por trabajo y el tiempo de ocupación por trabajo. Si en tales condiciones  $N(t_1, t_2)$  representa el número de llegadas de trabajo en el intervalo de tiempo  $(t_1, t_2)$ , podemos volver a escribir (2) como:

$$\begin{aligned} A(t_1, t_2) &= \left[ N(t_1, t_2) / (t_2 - t_1) \right] \cdot \left[ W(t_1, t_2) / N(t_1, t_2) \right] \\ &= \lambda(t_1, t_2) \cdot n(t_1, t_2) \cdot h(t_1, t_2) \end{aligned} \quad (3)$$

De este modo  $A(t_1, t_2)$  tiene la forma de (1) donde se expresa como producto de la tasa media de llegada de trabajos medida,  $\lambda(t_1, t_2)$ , del número medio de recursos utilizados por trabajo,  $n(t_1, t_2)$  y del tiempo medio de ocupación de trabajo medido,  $h(t_1, t_2)$ .

### 5.5 Convergencia de la intensidad de tráfico medida y el periodo de lectura escogido

La intensidad de tráfico medida,  $A(t_1, t_2)$ , dada por (2) y, cuando proceda, por (3), es una estimación de la intensidad de tráfico media  $A$  y, al aumentar  $(t_2 - t_1)$ ,  $A(t_1, t_2)$  converge hacia  $A$ . Desde el punto de vista de la medición de tráfico, es conveniente elegir un periodo de lectura cuya longitud  $(t_2 - t_1)$ , sea lo suficientemente grande como para que  $A(t_1, t_2)$ , quede dentro de un intervalo de confianza estrecho en torno a  $A$ . Sin embargo, no deben escogerse periodos de lectura demasiado grandes, ya que entonces el proceso de intensidad de tráfico dejaría de ser aproximadamente estacionario y la intensidad de tráfico medida ya no representaría los niveles de carga para el dimensionamiento de los recursos y la supervisión del GOS.

Si no es posible elegir una longitud de periodo de lectura que dé un intervalo de confianza razonable y satisfaga la hipótesis 1 de 5.3, hay que acudir a modelos más detallados. Si no es posible encontrar un modelo satisfactorio, no deben utilizarse los métodos descritos en esta Recomendación.

La longitud necesaria del periodo de lectura para conseguir un intervalo de confianza del tamaño deseado depende del modelo de tráfico que se asimile al tráfico real. Por ejemplo, consideremos un grupo de circuitos al que llegan las llamadas como un proceso de Poisson con un tiempo de ocupación medio conocido,  $h$ , y una tasa media de llegada desconocida  $\lambda$ . Para estimar la intensidad media de tráfico (es decir,  $\lambda h$ ) es necesario efectuar medidas a lo largo del periodo de lectura con la duración suficiente como para obtener el nivel de confianza deseado. Suponiendo que se desea estimar la intensidad de tráfico con un intervalo de confianza del 95% de anchura inferior a  $\alpha \times (\text{intensidad de tráfico estimada})$ , puede demostrarse, a partir de los resultados bien conocidos de los procesos de Poisson, que el intervalo de medida debe ser lo suficientemente amplio para observar más de  $[2 \times 1,96 / \alpha]^2$  llegadas de llamada (por ejemplo, si  $\alpha = 0,2$ , el periodo de lectura debe ser lo suficientemente largo para observar más de 384 llegadas de llamada). Los métodos de selección de la longitud del periodo de lectura para otros tipos de modelos de tráfico deben basarse, cuando sea posible, en modelos estadísticos adecuados que se aproximen al intervalo de confianza, y los periodos de lectura deben escogerse lo suficientemente amplios como para conseguir el nivel deseado de confianza con base en el modelo estadístico. Si no hay modelos estadísticos adecuados, es posible utilizar técnicas estadísticas basadas en el análisis de la intensidad de tráfico medida. Por ejemplo, se puede examinar la intensidad de tráfico medida media definida en (2) al aumentar  $(t_2 - t_1)$ , y pueden utilizarse criterios basados en la convergencia de esta intensidad de tráfico medida media.

Para ciertos tipos de curvas de tráfico reales (por ejemplo, tráfico muy racheado) algunos modelos pueden conducir a periodos de lectura muy cortos. En estos casos conviene utilizar modelos alternativos, siempre que sea posible, que conduzcan a periodos de lectura más largos (por ejemplo, superiores a 5 minutos) de modo que los recursos no queden dimensionados para niveles de tráfico de cresta correspondientes a intervalos pequeños e infrecuentes.

## 6 Métodos de medida e intensidades de tráfico normal y elevada

El periodo de lectura se escoge de modo que el proceso de llegada se aproxime a un modelo estacionario; pero si se consideran muchos periodos de lectura, la intensidad de tráfico variará significativamente. Los recursos de telecomunicaciones deben dimensionarse para las cargas más elevadas que puedan presentarse a lo largo del tiempo. Los conceptos de condiciones de carga normal y elevada se utilizan para establecer los valores de intensidad de tráfico que se han de utilizar en el dimensionado de los recursos.

La condición de carga *normal* tiene por objeto representar condiciones de ocupación frecuentes de la red en las que hay que dar respuesta a la demanda de servicios de los usuarios. La condición de carga *elevada* tiene por objeto representar condiciones de funcionamiento menos frecuentes para las que no es imprescindible satisfacer las demandas de servicio de los usuarios, aunque el nivel de calidad debe ser lo suficientemente elevado para evitar molestias importantes a los usuarios, aumento de la congestión (por ejemplo, debido a un exceso de intentos repetidos por parte de los usuarios), etc.

### 6.1 Métodos de medida diaria

El método de medida diaria de la intensidad de tráfico recomendado es el descrito en la Recomendación E.492 y se denomina método del periodo de punta diario (DPP, *daily peak period*). En dicho método la intensidad de tráfico se mide en periodos de lectura consecutivos todos los días, anotándose la intensidad punta de tráfico de cada día. Este método requiere medidas continuas.

También es posible utilizar métodos de medida discontinuos si las curvas del tráfico se pueden predecir, dentro de ciertos límites. Si hay cargas de punta periódicas en ciertos intervalos del día, se puede utilizar el método del intervalo fijo de medición diaria (FDMI, *fixed daily measurement interval*) en el que se establece un intervalo de tiempo predeterminado (es decir, una serie de periodos de lectura consecutivos). Durante dicho intervalo de tiempo se toman las medidas diarias de intensidad de tráfico. Cada día se anota la intensidad punta de tráfico en el periodo de lectura medido.

Si las cargas de punta periódicas tienen lugar durante un periodo de lectura concreto del día, el método FDMI puede reducirse a medir la intensidad de tráfico sólo durante el periodo en cuestión y anotarse como valor del día.

En el caso del método de medida discontinuo (es decir, el FDMI) es necesario tomar medidas adicionales, periódicamente para asegurarse de que la curva de tráfico no ha cambiado y que los periodos cargados siguen captándose durante los intervalos de medida utilizados.

En ciertos casos las estructuras de tarificación pueden cambiar durante el día para estimular (o inhibir) el tráfico, y el GOS deseado de la red puede variar para las diversas estructuras de tarificación. Cuando cambian los parámetros del GOS, el método de medición de tráfico elegido debe utilizarse para cada intervalo de tiempo al que corresponde una determinada serie de parámetros de GOS. Esto obedece a que la red debe dimensionarse para la carga en cada uno de dichos periodos de tiempo. Por consiguiente hay que anotar una intensidad de tráfico punta diaria para cada periodo de GOS.

### 6.2 Agrupación de las medidas diarias

Para que el análisis de las medidas de la intensidad de tráfico resulte provechoso, las medidas diarias se suelen organizar en grupos estadísticamente homogéneos (es decir, en grupos diarios que muestran aproximadamente el mismo comportamiento estadístico). Los tres grupos diarios que es preciso considerar son: días laborables, fines de semana (incluidos la mayoría de los días festivos), y días excepcionales del año (por ejemplo, Navidad, el Día de la Madre, acontecimientos extraordinarios, etc.). Cuando los objetivos del GOS cambian durante el día debido a las estrategias

de tarificación o a cualquier otra razón, como se ha visto anteriormente, las agrupaciones deben hacerse por día y por periodo de GOS.

Las intensidades de tráfico durante los fines de semana son normalmente menores que las correspondientes a los días laborables. Por este motivo, los fines de semana se han excluido tradicionalmente al determinar las cargas de tráfico normal y elevada. Sin embargo, el método propuesto a continuación para determinar las cargas normal y elevada no necesita la eliminación previa de los fines de semana porque el propio método los suprime automáticamente si tienen realmente menor intensidad de tráfico.

Esto no ocurre con los días excepcionales del año. Los operadores suelen utilizar para dichos días objetivos de GOS diferentes de los de GOS de carga normal o elevada. El método de determinación de las cargas normal y elevada no suprime automáticamente los días de tráfico excepcionalmente elevado.

Por consiguiente, si para dichos días se utilizan objetivos de GOS diferentes, deben excluirse antes de determinar las cargas normal y elevada. Hay que recalcar que las Recomendaciones del UIT-T no contemplan los valores de GOS fijados como objetivo para los días excepcionales del año, por lo que los operadores necesitan acordar bilateralmente los objetivos de GOS para dichos días.

Aunque no hay que distinguir los días laborables y los fines de semana para determinar las cargas normal y elevada, puede ser necesaria su distinción si se desea efectuar otros análisis estadísticos.

### **6.3 Intensidades de tráfico de carga normal y elevada**

La intensidad de tráfico punta diaria de un sistema de tráfico se determina mediante cualquiera de los métodos descritos anteriormente (el DPP o el FDMI). Esta medición de la intensidad de tráfico punta diaria sirve para determinar las intensidades de tráfico de carga normal y elevada. Si hay varios periodos GOS a lo largo del día, como se ha descrito anteriormente, se determina una intensidad de tráfico punta diaria para cada periodo GOS y se calculan las intensidades de tráfico de carga normal y elevada para cada periodo GOS diario. Las siguientes definiciones de intensidades de tráfico de carga normal y elevada de un sistema de tráfico se basan en los métodos desarrollados en la Recomendación E.492.

Las intensidades de tráfico de carga normal y elevada se definen en un intervalo de tiempo mensual<sup>4</sup>. Se selecciona un conjunto de días del mes, que pueden ser todos los días del mes salvo los días excepcionales, o bien sólo el grupo de días laborables. Esta segunda opción puede utilizarse cuando se sabe que las intensidades de tráfico durante los fines de semana son menores que durante los días laborables.

La *carga normal* de un sistema de tráfico se determina de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- 1) Clasificar los días elegidos de menor a mayor intensidad de tráfico punta diaria.
- 2) Seleccionar el cuarto día de mayor intensidad de tráfico punta diaria. Esta intensidad de tráfico se define como la intensidad de tráfico de *carga normal* del sistema de tráfico para el mes en cuestión<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Se ha escogido como intervalo de tiempo un mes, ya que es suficientemente corto como para que las variaciones y crecimiento en función de las estaciones no afecten de manera importante el comportamiento de la carga en el curso de dicho periodo y, al mismo tiempo, suficientemente largo como para permitir cálculos estadísticos pertinentes.

<sup>5</sup> Cuando hay más información sobre la distribución de la carga de tráfico punta diaria, puede establecerse como más adecuado un día diferente del cuarto.

La intensidad de tráfico de *carga elevada* del sistema de tráfico se determina ejecutando el paso 1 supra y seleccionando a continuación el segundo día de mayor intensidad de tráfico punta diaria. Esta intensidad de tráfico se define como la intensidad de tráfico de *carga elevada* del sistema de tráfico para el mes en cuestión.

Es importante observar que dentro de una red de telecomunicaciones hay diferentes sistemas de tráfico y sus cargas normal y elevada deben establecerse individualmente. De hecho la intensidad de tráfico punta diaria para diferentes sistemas de tráfico puede tener lugar en diferentes periodos de lectura. Por ejemplo, consideremos una única central con tres sistemas importantes de tráfico: grupos de circuitos, procesamiento de llamadas y red de señalización. Supongamos que en una hora la tasa media de llegada de llamadas es de 100 llamadas/s y el tiempo medio de ocupación de llamada es de 180 s, y que en otra hora la tasa media de llegada de llamadas es de 200 llamadas/s y el tiempo medio de ocupación de llamada es de 60 s. Para el sistema de tráfico del grupo de circuitos la primera hora tiene la intensidad máxima de tráfico (18 000 erlangs). Para los sistemas de tráfico de procesamiento de llamadas y señalización, la segunda hora es la que tiene mayor intensidad de tráfico (suponiendo que el tiempo de ocupación por llamada en dichos sistemas es el mismo en ambas horas).

#### **6.4 Consideraciones sobre las medidas del servicio**

Cuando el tráfico está formado por trabajos correspondientes a diferentes servicios (tráfico multiservicio) con diversas características de tráfico o diversas posibilidades de aumento de la demanda, puede ser útil realizar medidas individuales del tráfico de cada servicio. Si algunos servicios tienen una posibilidad de aumento de la demanda mayor que otros, el periodo de determinación de la carga normal o elevada de dichos servicios podría corresponder en el futuro al periodo de determinación de la carga normal o elevada del tráfico agregado. Por consiguiente no sólo es necesario prestar atención a las mediciones realizadas en periodos de carga normal o elevada del tráfico agregado, sino también a las mediciones realizadas en los periodos de tráfico elevado de servicios que, por su actual volumen y su potencial de crecimiento, podrían determinar las cargas futuras normal y elevada del tráfico agregado. Podría ser útil realizar mediciones que proporcionen el perfil de tráfico diario de cada servicio, para establecer los periodos que deben observarse. Este aspecto necesita estudiarse más a fondo.

### **7 Determinación de los valores de intensidad de tráfico para el dimensionado de los recursos**

Los recursos de un sistema de tráfico se dimensionan para satisfacer objetivos GOS específicos para periodos de carga determinados. En esta cláusula se estudian las intensidades de tráfico de carga normal y elevada definidas anteriormente y describe los métodos de determinación de las intensidades de tráfico para el dimensionado de recursos para alcanzar los objetivos GOS.

Las intensidades de tráfico de carga normal y elevada deben considerarse como observaciones de variables aleatorias, por la forma en que han sido definidas. Es decir, los valores medidos de las intensidades de tráfico de carga normal y elevada en cada mes son muestras de las respectivas distribuciones de probabilidad.

El objetivo ideal del dimensionado de los recursos en un sistema de tráfico es dimensionar dichos recursos para cumplir los parámetros GOS cuando ocurren, respectivamente, intensidades de tráfico de carga normal y elevada, cada mes. El problema para alcanzar ese objetivo ideal es que las intensidades de tráfico de carga normal y elevada de cada mes son variables aleatorias y resultaría muy costoso realizar el dimensionado para tener la certeza de que dichos objetivos se alcanzan todos los meses. Una alternativa podría ser realizar el dimensionado manteniendo por debajo de un cierto valor escogido la probabilidad de no alcanzar los objetivos GOS para las cargas normal y máxima de

cualquier mes. Sin embargo, esta solución necesita un buen conocimiento o buenas aproximaciones a las funciones de distribución de probabilidad de las variables aleatorias de intensidades de tráfico de carga normal y elevada. En líneas generales, es difícil obtener esta información de la distribución por la falta de homogeneidad de las curvas de tráfico de los diferentes meses. Esta falta de homogeneidad produce muestras pequeñas a efectos del análisis estadístico y por consiguiente genera intervalos de confianza grandes. El análisis y la simulación han puesto de manifiesto que las distribuciones de probabilidad para las intensidades de tráfico de carga normal y elevada son muy sensibles a las funciones de distribución de la intensidad de tráfico subyacentes, y por consiguiente no es posible dar una metodología general al respecto.

Como alternativa al dimensionado basado en el conocimiento de las funciones de distribución de probabilidad de las variables aleatorias de intensidades de tráfico de carga normal y elevada, se propone el método siguiente que se basa en un valor representativo anual (YRV) observado. En este método se anotan las intensidades de tráfico de carga normal y elevada todos los meses del año. La carga normal (elevada) YRV de cada año es la intensidad de tráfico de carga normal (elevada) más alta o la segunda más alta de dicho año. Si la intensidad de tráfico tiende a ser bastante homogénea a lo largo de los meses, se recomienda tomar el segundo valor más elevado, lo que ayudaría a evitar valores atípicos. Sin embargo, cuando no hay mucha homogeneidad (por ejemplo, cuando uno o dos meses tienden a generar las cargas punta), se recomienda utilizar el valor punta.

Si la carga YRV normal o elevada se ha obtenido en condiciones de bloqueo importante de la red, hay que calcular la intensidad de tráfico ofrecida para utilizarla en el YRV en sustitución de la intensidad de tráfico cursada medida. La Recomendación E.501 proporciona algunos métodos de estimación de la intensidad de tráfico ofrecida a partir de la intensidad de tráfico medida en una red con conmutación de circuitos.

Una vez determinadas las cargas YRV normal y elevada para el año en curso, se obtienen las intensidades de tráfico de carga normal y elevada para el dimensionado del sistema de tráfico en los años futuros, añadiendo el aumento previsto a los YRV correspondientes al presente año. El aumento previsto debe determinarse utilizando métodos de predicción de tráfico (véanse las Recomendaciones E.506, E.507 y E.508). El modelo de aumento aplicado al YRV podría incluir también cierto margen de seguridad para tener en cuenta la incertidumbre. La magnitud del margen de seguridad debe determinarse por métodos empíricos a partir del sistema de tráfico de que se trate y las circunstancias en las que se esté realizando el dimensionado.

## **8 Antecedentes**

Recomendación E.500 – Primera edición, 1969; revisada en 1992; revisada en 1998.

### ANEXO A

#### **Ejemplo de intensidad de tráfico estacionario con tiempos de ocupación mayores que el periodo de lectura**

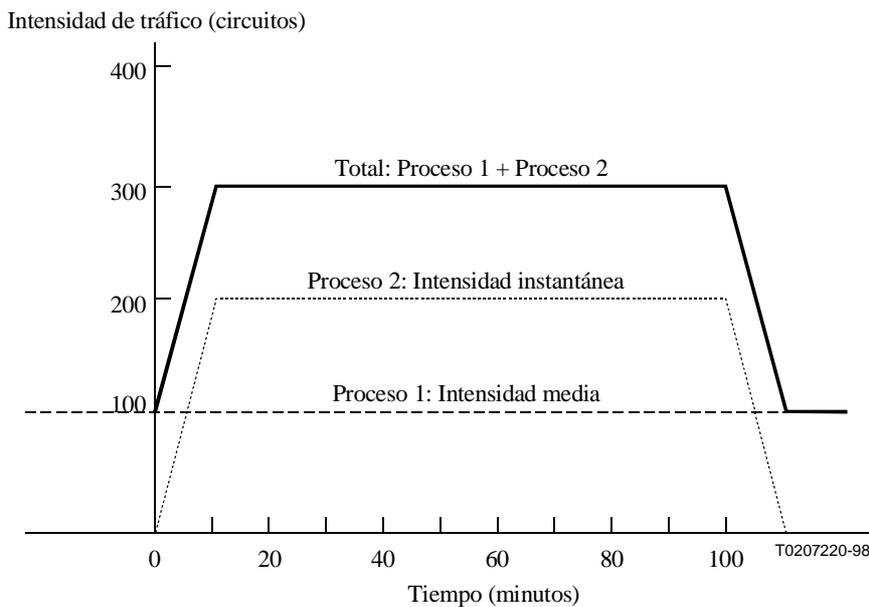
Este anexo ilustra cómo los sistemas de tráfico con tiempos de ocupación de llamada mayores que el periodo de lectura pueden conducir a procesos de intensidad de tráfico asimilables en el periodo de lectura, a procesos estacionarios, aunque la ecuación (1) no sea válida para calcular la intensidad media de tráfico en el periodo de lectura.

Consideremos un sistema de tráfico formado por un grupo de circuitos con dos procesos de llegada de llamadas. El primer proceso de llegada de llamadas, el proceso 1, tiene llamadas que presentan tiempos de ocupación distribuidos exponencialmente, un tiempo medio de ocupación de 1 minuto, y

un proceso de llegada de llamadas que sigue una distribución estacionaria de Poisson con una tasa media de llegada de llamadas de 100 llamadas/minuto durante todo el tiempo. El segundo proceso de llegada de llamadas, el proceso 2, tiene un tiempo de ocupación de llamadas determinista de 100 minutos, y un proceso determinista de llegada de llamadas con una tasa de 20 llamadas/minuto en el momento  $t$  perteneciente al intervalo  $0 < t < 10$  min., y 0 llamadas/min. fuera de dicho intervalo<sup>6</sup>.

La figura A.1 muestra las intensidades de tráfico obtenidas. El proceso 1 es estacionario y la ecuación (1) puede utilizarse para establecer su intensidad de tráfico media en cualquier momento  $t$  (100 circuitos). El proceso 2 no es estacionario, de modo que su intensidad media de tráfico depende de la longitud y situación del intervalo de tiempo en el que se toma la media. Sin embargo, su intensidad instantánea de tráfico se define fácilmente; aumenta linealmente en el intervalo de tiempo (0,10) min., permanece constante en 200 circuitos a lo largo del intervalo (10, 100) min., y disminuye linealmente hasta 0 en el intervalo (100, 110) min.

La intensidad de tráfico total del sistema puede definirse como la suma de la intensidad de tráfico media del proceso 1 y la intensidad de tráfico instantánea del proceso 2, como muestra la figura A.1. En los intervalos de tiempo  $(-\infty, 0)$ ,  $(10, 100)$  y  $(110, \infty)$  el proceso de intensidad de tráfico puede aproximarse a un proceso estacionario. En los intervalos  $(-\infty, 0)$  y  $(110, \infty)$  el proceso de aproximación es exactamente el proceso 1 y para el intervalo  $(10, 100)$  el proceso de aproximación es el proceso 1 aplicado sobre 200 circuitos ocupados. Es evidente que la ecuación (1) no es válida en el intervalo  $(10, 100)$ .



**Figura A.1/E.500**

<sup>6</sup> La elección de llegadas y tiempos de ocupación deterministas en el proceso 2 se hace sólo para facilitar la exposición. Es inmediata la ampliación de este ejemplo para dar cabida a modelos más realistas que incluyan la aleatoriedad en el proceso 2. El proceso 2 sirve para representar servicios tales como el vídeo a la carta, con tiempos de ocupación largos (aproximadamente 90 minutos) y donde la mayoría de las llegadas de llamadas se concentran en determinados intervalos de tiempo (sobre todo entre las 20.00 y las 21.00 horas).

## 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
<b>Serie E</b>	<b>Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos</b>
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información
Serie Z	Lenguajes de programación