1 Tráfico en Telefonía

En el diseño de sistemas telefónicos un factor muy importante es la ingeniería del tráfico. Ésta juega un papel muy importante ya que busca la solución óptima, en cuanto a costo y eficiencia, en el diseño de sistemas de tráfico. Es por ello que la industria del tráfico ha invertido un tiempo muy considerable en la investigación y desarrollo de prácticas y tablas de distribución que nos brindan un panorama del ayer para desarrollar los sistemas del mañana.

Este capítulo tiene como objetivo dar conocer los conceptos básicos de la ingeniería del tráfico como lo son las unidades, parámetros y términos, así como también los tipos de distribución probabilística que sirven para el modelado del tráfico necesarios para lograr una mejor comprensión del tema.

1.1 Intensidad y unidades del tráfico

La intensidad de tráfico está medida en Erlangs, donde 1 Erlang es un circuito en uso por 3600 segundos, una hora, llamado así después de que el matemático A. K. Erlang, funda la teoría del tráfico en telefonía. La intensidad de tráfico está medida también en “Circuit Centum Seconds”, CCS, donde 1 CCS es un circuito en uso por 100 segundos [2]. La relación que se puede establecer entre Erlangs y CCS´s es la siguiente:

$$1 \text{ Erlang} = 3600 \text{ Segundos} = 36 \text{ CCS} \tag{1.1}$$

La intensidad de tráfico, por definición, es el promedio de llamadas realizadas simultáneamente durante un periodo particular de tiempo [3]. Para obtener el tráfico en Erlangs o CCS se utiliza una fórmula similar diferenciándose únicamente por su divisor. El divisor dependerá directamente del periodo T, siendo de 3600 para el Erlang y de 100 para los CCS. En la fórmula se utiliza un parámetro de vital importancia denominado “Average Call Holding Time”, ACHT, el cual es el promedio de duración de cada llamada y regularmente se encuentra entre los 120 y 180 segundos. Otro parámetro es el número de llamadas, que es el número total de llamadas que pueden ser procesadas para un tráfico determinado. Las fórmulas que se describen anteriormente se muestran a continuación:

$$Erlang = \frac{Número\_de\_llamadas \times ACHT(seg.)}{3600} \tag{1.2}$$

$$CCS = \frac{Número\_de\_llamadas \times ACHT(seg.)}{100} \tag{1.3}$$

1.2 Grado de servicio

El grado de servicio, GoS por sus siglas en Inglés "Grade of Service", está definido como la probabilidad de que una llamada falle [2]. Por lo tanto, un sistema de comunicación con todos los canales ocupados rechazará, debido a la congestión, a cualquier llamada adicional a las anteriores, es por ello que existirán llamadas pérdidas en el proceso de transmisión.

El rango del GoS varía de 0 hasta 1; siendo un grado de servicio ideal igual a 0 en un sistema de comunicación. Esto debido a que todas las llamadas entrantes tendrán la disponibilidad de un canal. De manera inversamente proporcional un grado de servicio igual a 1 tendrá todos los canales ocupados y por lo tanto no se obtendrá ningún servicio. Es por esto que un buen grado de servicio es esencial para obtener un sistema que no este sub ni sobre provisto, es decir sea eficiente y rentable, en la vida real se utiliza un grado de servicio del 0.02 para sistemas de comunicación telefónica. El rango del GoS deberá ser el siguiente:

$$0 < GOS > 1 \tag{1.4}$$

1.3 Tiempo de duración promedio de la llamada

Como se menciona anteriormente el ACHT, o promedio de duración de la llamada es un parámetro muy importante en la ingeniería del tráfico. Los ACHT más frecuentes son los que varían de 120 a 180 segundos, 2 a 3 minutos, mientras que los ACHT mayores a 10 minutos ó 600 segundos son inusuales.

Una suposición común en la teoría del tráfico respecto a los tiempos de duración de cada llamada es que tienen una tendencia exponencial negativa, como se muestra a continuación en la curva sobrepuesta con respecto a la distribución de frecuencias, figura 1-1. La experiencia a través de los años ha demostrado que el uso de distribuciones exponenciales negativas en voz es justificada [4].

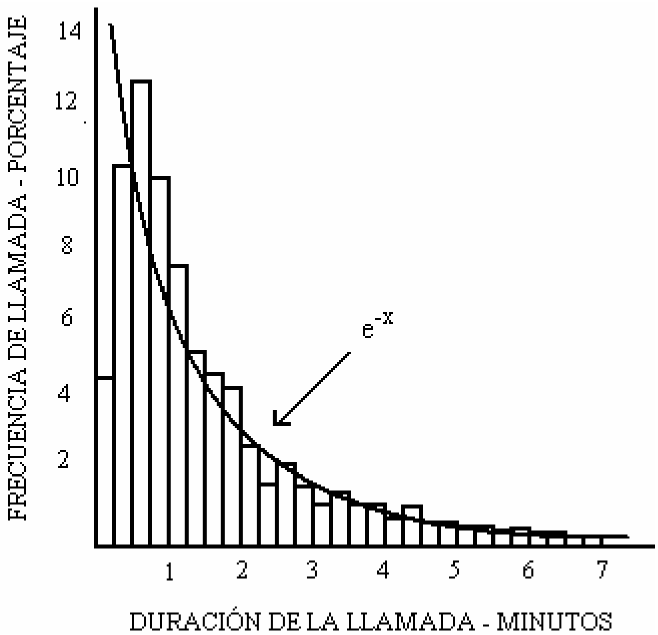

Figura 1-1 Distribución típica del ACHT [4].

1.4 Capacidad del canal

En un sistema de comunicación un factor importante es la capacidad del canal, esto debido al dimensionamiento que se realiza para obtener circuitos de comunicación equilibrados que no estén sub o sobre provistos. Es por ello que la capacidad del canal se puede definir como la capacidad del sistema para ofrecer canales libres a sus suscriptores. La capacidad del canal resulta importante cuando se quiere establecer la relación abonados o suscriptores por canal, conocido también como troncal o facilidad.

1.5 Variaciones en la Intensidad del tráfico

El tráfico varía de acuerdo a las necesidades de los clientes. Estas variaciones son distintas dependiendo el mes, día y hora en que se está brindando el servicio de telefonía. Debido a que toda la ingeniería del tráfico se encuentra basada en el promedio de la hora-ocupada, se muestra la siguiente figura donde puede observarse la distribución típica del tráfico en un sistema de voz o telefonía.

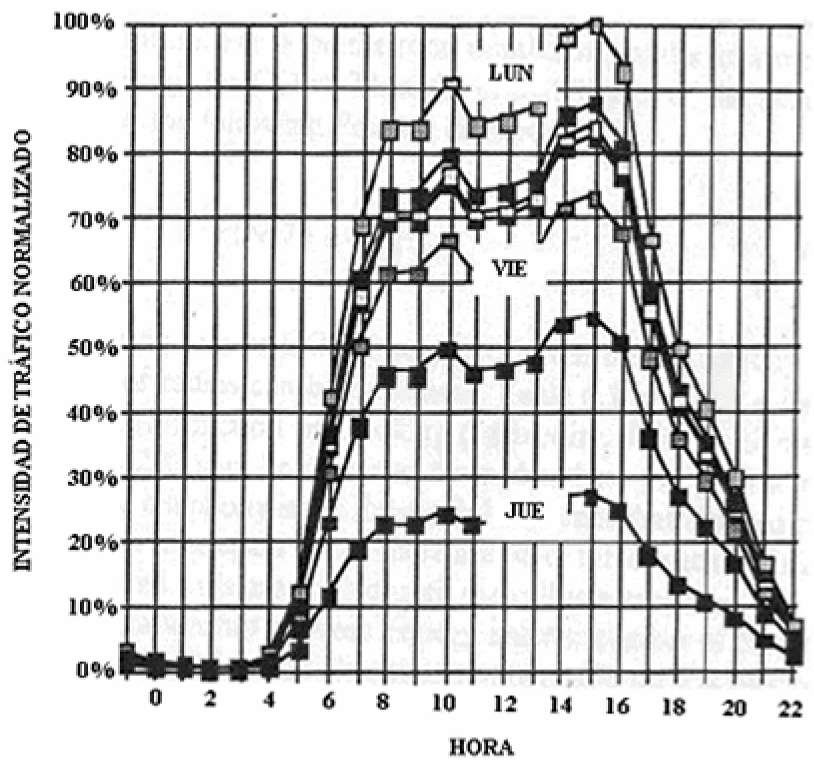

Figura 1-2 Distribución típica del tráfico en un sistema telefónico [2].

Como se aprecia en la figura 1-2, el tráfico entre las 6 y 7 de la mañana no es tan pronunciado como lo es a las 10 horas, sin embargo se puede notar que alrededor de la hora del almuerzo vuelve a disminuir; mientras que de 2 a 4 de la tarde el tráfico crece estrepitosamente, bajando de manera gradual en la noche hasta que a las 22 horas el tráfico disminuyó notablemente. En cuanto a los días de la semana, se puede observar que el tráfico con mayor intensidad se presenta al el día Lunes y Viernes, inicio y término de la semana laboral respectivamente, siendo el Jueves el día con menor demanda de servicio telefónico.

Existen otras variaciones, como las que se describen a continuación [2]:

- <u>Variaciones debido al tiempo de duración de cada llamada.-</u> Es el denominado "Average Call Holding Time". Ésta varía de acuerdo al tipo de suscriptor (por ejemplo: negocio, privado, etc.).
- <u>Variaciones por estación.-</u> Este tipo de variación se refiere a que el tráfico aumentará debido a fechas o estaciones vacacionales como lo son Diciembre y Semana Santa. En vacaciones será necesario la provisión de más circuitos, debido a que la demanda es mayor.
- <u>Variaciones generadas por larga duración.-</u> El crecimiento gradual de la cantidad de suscriptores durante un periodo de varios años debe de tomarse en cuenta para el planeamiento de sistemas.

1.6 Tablas de distribución

En las telecomunicaciones, el número de circuitos necesarios para atender una función particular se determina a través de las tablas de tráfico. Estas tablas en ocasiones utilizan la palabra servidor en lugar de circuito. La palabra servidor permite el uso de estas tablas para predecir la cantidad de servidores necesarios que no son exclusivamente de telecomunicaciones [5]. Es decir, estas tablas de tráfico pueden ser útiles para otro tipo de situaciones que no son exclusivas del tráfico en redes telefónicas.

Para este software se utilizan diferentes tablas de distribución como lo son Erlang B, Erlang B extendido, Erlang C y Poisson; sin embargo actualmente existen otras propuestas debido a muchos factores como lo son las costumbres, el uso, la tecnología, etc. Entre las nuevas propuestas están: la de Erlang K, JK y K-2, la de exponencial desplazada, logaritmo normal, entre otras. Es por ello que se irán describiendo las fórmulas de bloqueo utilizadas para este software.

1.6.1 Fórmula de Erlang B

En el modelado de tráfico utilizando la fórmula de Erlang B las llamadas que son bloqueadas toman una nueva ruta y nunca regresan a la troncal original. Es decir, lo que diferencia este tipo de fórmula de bloqueo con las demás fórmulas es que el usuario realiza un único intento de llamada, el cuál si no logra establecerlo será enrutado otra vez de manera inmediata. La fórmula de Erlang B se ocupa principalmente cuando se espera un porcentaje de bloqueo pequeño o cuando no se consideran retroalimentaciones.

La fórmula de Erlang B provee la probabilidad de bloqueo en la conmutación, debido a que todas las troncales están ocupadas, es decir debido al congestionamiento. Este es expresado como GoS o la probabilidad de encontrar N canales ocupados [6].

Los supuestos son [6]:

- El tráfico es originado por un número infinito de fuentes.
- Las llamadas pérdidas son limpiadas asumiendo un “holding time” de cero.
- Existe disponibilidad completa del sistema.
- La probabilidad de que un usuario esté ocupando un canal (denominado tiempo de servicio) está basada en la distribución exponencial.
- Las peticiones de tráfico son representadas por una distribución de Poisson

A continuación se muestra el modelo de tráfico para Erlang B, donde se tiene una entrada de fuentes infinitas, aleatorias y con un determinado grado de servicio que brindará el servicio a unas llamadas y otras en su primer intento las bloqueará sin retroalimentación.

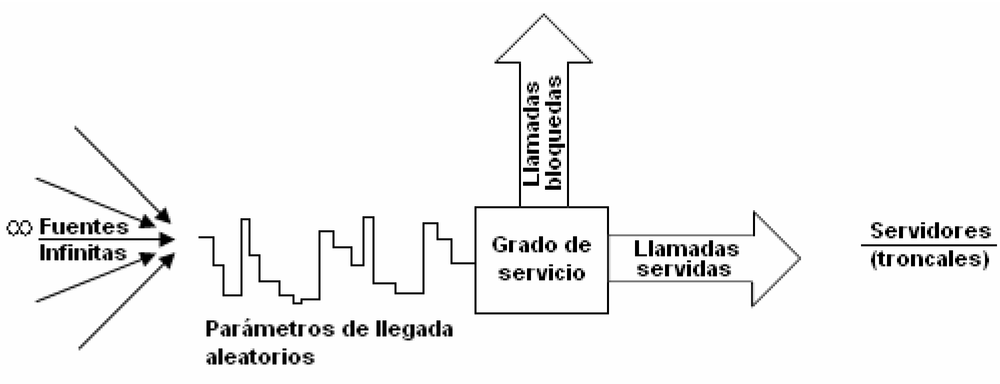

Figura 1-3 Modelo de tráfico para Erlang B [7].

La fórmula para Erlang B es la siguiente:

$$B(N,A) = \frac{\frac{A^N}{A!}}{\sum_{i=0}^{N} \frac{A^i}{i!}} \tag{1.5}$$

donde:

N= Número de canales de servicio,

A= Carga ofrecida, y

B(N, A)= Probabilidad de bloqueo.

1.6.2. Fórmula de Erlang B extendido

Lo que diferencia el modelo del Erlang B extendido con el de Erlang B, es que aunque sigue la misma suposición de entrada con fuentes infinitas y la misma fórmula, un porcentaje de llamadas bloqueadas son retroalimentadas hasta que se les brinda el servicio. La fórmula de Erlang B extendido se ocupa principalmente en modelos como lo es un “modem pool”. Donde un “modem pool” es un grupo de módems que normalmente son utilizados para la recepción de llamadas entrantes, algunas de sus características es que son dispositivos analógicos y utilizan una velocidad de 33.6 kbps.

A continuación se muestra el modelo de tráfico para Erlang B extendido, donde se tiene una entrada de fuentes infinitas, aleatorias y con un determinado grado de servicio que brindará el servicio a unas llamadas y otras las bloqueará, siendo un porcentaje de éstas retroalimentadas hasta obtener el servicio.

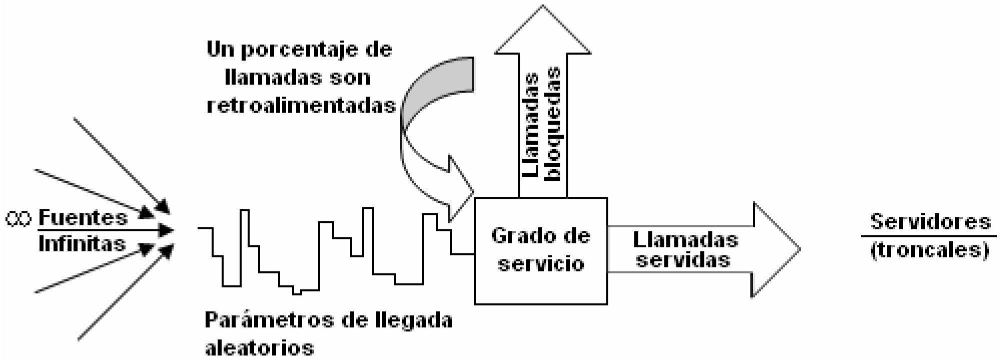

Figura 1-4 Modelo de tráfico para Erlang B extendido [7].

1.6.3 Fórmula de Erlang C

El modelado de tráfico utilizando la fórmula de Erlang C se basa en la teoría de colas, para la cual se tiene un número finito de fuentes de entrada que serán servidas o bloqueadas, la diferencia en la fórmula de Erlang C con las demás fórmulas de bloqueo es que las llamadas bloqueadas en lugar de ser retroalimentadas se almacenan en una cola esperando hasta obtener el servicio. La fórmula de Erlang C se utiliza principalmente en el diseño de los sistemas “Automatic Call Distribution”, ACD. Donde un ACD distribuye las llamadas automáticamente a los puestos de contestación, para lo cuál utilizan campos de espera cuando todos los puestos están ocupados, así pues cuando el puesto está libre la llamada del cliente podrá transferirse.

La fórmula de Erlang C, asume que una cola es formada para mantener las llamadas que no pueden ser atendidas de forma inmediata. Esto quiere decir que los clientes bloqueados serán retardados en el servicio [6].

Las consideraciones en el cálculo son [5]:

- Las fuentes son infinitas.
- El tipo de entrada es de Poisson.
- Se tendrá retardo en las llamadas pérdidas.
- El tiempo de espera es exponencial.
- Las llamadas son servidas para su arribo.

A continuación se muestra el modelo de tráfico para Erlang C, donde se tiene una entrada de fuentes finitas, aleatorias y con un determinado grado de servicio que brindará, en su primer intento, el servicio a unas llamadas y a otras las bloqueará, siendo éstas últimas almacenadas en una cola esperando hasta obtener el servicio.

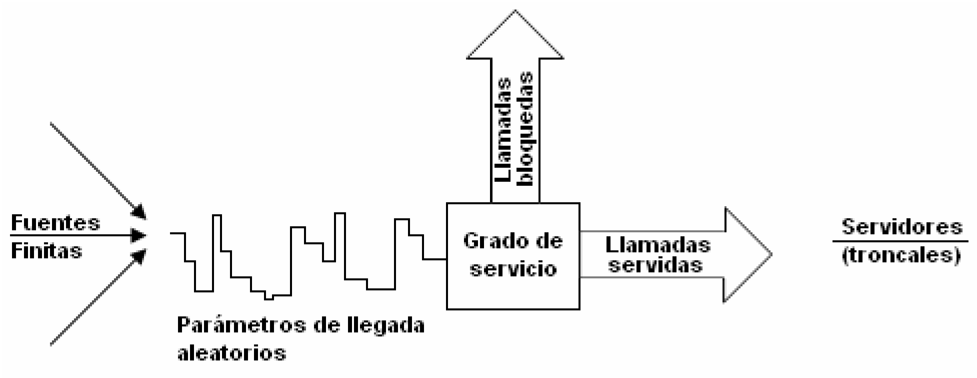

Figura 1-5 Modelo de tráfico para Erlang C [7].

La fórmula para Erlang C es la siguiente:

$$C(N,A)=\frac{\dfrac{A^N}{N!(1-A/N)}}{\sum_{i=0}^{N}\dfrac{A^i}{i!}+\dfrac{A^N}{N!(1-A/N)}} \qquad (1.6)$$

donde:

A= Carga ofrecida,

N= Número de canales en servicio, y

C[N,A]= Probabilidad de bloqueo.

1.6.4 Fórmula de Poisson

Para el modelado de Poisson se tiene un número finito de fuentes de entrada al igual que en la fórmula de Erlang C, en el cual las llamadas bloqueadas son retenidas hasta que se tiene un circuito disponible. Este tipo de fórmula es utilizada para bloqueos mayores. La fórmula de Poisson es usada para diseñar troncales para un determinado GoS o grado de servicio.

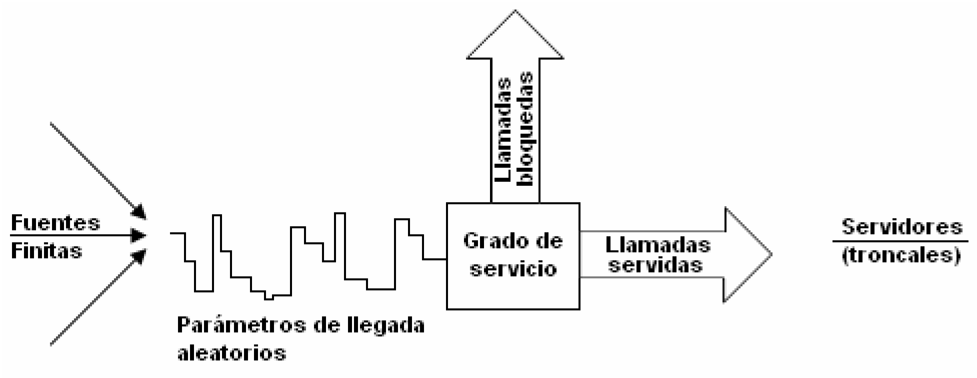

Figura 1-6 Modelo de tráfico para Poisson [7].

La fórmula de Poisson es la siguiente:

$$Pb = e^{-A} \sum_{i=N}^{\infty} \frac{A^i}{i!} \tag{1.7}$$

donde:

Pb= Probabilidad de bloqueo,

A= Carga ofrecida, y

N= Número de canales de servicio.

1.6.5 Comparación entre la fórmula de Erlang B y Poisson

Una comparación entre las fórmulas de bloqueo del Erlang B y la de Poisson muestra que la fórmula de Poisson resulta una buena opción para bloqueos mayores que la que se obtiene con la fórmula de Erlang B para una carga de tráfico dada [6].

La fórmula de Erlang B y la de Poisson son usadas comúnmente para calcular las probabilidades de bloqueo (o GoS) para el sistema telefónico. Para sistemas donde se utiliza la fórmula de Erlang B y se presentan pérdidas, el acarreo de tráfico A´será [6]:

$$A' = A[1 - B(N, A)] \tag{1.8}$$

donde:

A´= Carga de tráfico acarreado

El tráfico acarreado es igual en proporción al tráfico ofrecido A que no tiene pérdida y

A*B[N, A] es el tráfico perdido.