

UN MODELO SIMPLE DE PRECIOS PARA UNA RED ATM: UN CASO DE SIMULACIÓN

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD CENTRAL
DE VENEZUELA PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Lic. Jesús Gregorio Chacón Osorio

Caracas, Marzo 2.002

VEREDICTO

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo de Grado presentado por el Licenciado Jesús Chacón, portador de la cédula de identidad número 4.887.134, bajo el título "Un Modelo Simple de Precios para una Red ATM: Un Caso de Simulación", a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado de Especialista en Investigación de Operaciones, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día 12 de Marzo de 2002, a las 11:00 a.m. para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en el Aula 118 del Edificio de Aulas de la Facultad de Ingeniería, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo conforme a lo dispuesto en los artículos 44, 49, 50, 51 y 52 del Reglamento de Estudios de Postgrado.
2. Finalizada la defensa pública del trabajo, el Jurado decidió aprobarlo por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado. Para dar este veredicto, el Jurado estimó que la obra examinada representa un aporte a la materia por cuanto propone una metodología novedosa para la elaboración de esquemas de tarifas para los servicios de redes ATM. Dicha metodología, basada en modelos de simulación, ofrece ser una alternativa para los operadores de las redes de telecomunicaciones, en la elaboración de esquemas de tarifas, dado que los resultados obtenidos en los planes estudiados, generan una mayor rentabilidad desde el punto de vista financiero que la producida por una red tradicional.

En fe de lo cual se levanta la presente Acta, en Caracas a los doce días del mes de Marzo de 2002, dejándose también constancia de que, conforme a lo dispuesto en la normativa jurídica vigente, actuó como Coordinador del Jurado el Tutor Ingeniero Nemesio Mondelo, MSc.

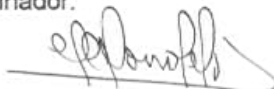


Ing. José Rosales T., Esp.
C.I.: 8.224.543



Ing. Claudio M. Rocco S., PhD
C.I.: 4.580.016

Coordinador:



Ing. Nemesio Mondelo, MSc.
C.I.: 7.181.093

DEDICATORIA.

A mi esposa Glenda por su comprensión, paciencia y ayuda especialmente durante los períodos de frustración.

A mi hijo Jesús Nicolás, por los momentos gratos durante la realización de este trabajo, el cual hizo más llevadero el mismo.

Y a la memoria de mi madre Victoria.

UN MODELO SIMPLE DE PRECIOS

PARA UNA RED ATM:

UN CASO DE SIMULACIÓN

Autor: Jesús Gregorio Chacón Osorio.

Título académico a obtener: Especialista en Investigación de Operaciones.

Universidad Central de Venezuela, Marzo 2.002.

Tutor: Ing. Nemesio Mondelo. MSc.

Co-Tutor: Ing Claudio Rocco. Ph.D

Resumen

Las redes de Modo de Transferencia Asíncronas, conocidas como redes ATM, han sido concebidas como una tecnología capaz de integrar de manera eficiente en una misma infraestructura de red, una amplia gama de servicios, desde la telefonía tradicional hasta las nuevas y futuras aplicaciones de multimedia. Una característica fundamental de las redes ATM, es que posee la capacidad de asignar anchos de banda en función a la demanda. Esta propiedad es clave en las redes actuales de comunicación, donde existe un comportamiento de alta variabilidad en las velocidades de trasmisión de los tráficos soportados (voz, datos y video), que modifica el paradigma tradicional de la planificación de las redes de comunicación y su impacto económico.

Los tráficos de voz, datos y video, poseen características, requerimientos distintos, por naturaleza de una alta variabilidad en su comportamiento. Esta naturaleza del tráfico en ráfagas, es quizás la causa principal de las complicaciones actuales en las corporaciones para la elaboración de esquemas de precios o tarifas aplicados a los servicios de telecomunicaciones.

El objetivo principal del presente trabajo, es desarrollar una metodología para la elaboración de esquemas de tarifas para los servicios en las redes ATM. Para el logro de este objetivo se utiliza la técnica de simulación, como una etapa previa, para estudiar y evaluar los efectos del tráfico en el comportamiento de una red simple de ATM, con distintos niveles de entradas de tráficos. La herramienta de simulación utilizada, es el paquete de simulación discreta conocido con el nombre de COMENT III, utilizado en el modelaje de redes. Se evalúan tres

escenarios de redes, desde el punto de vista del ancho de banda ocupado y la calidad de servicio, donde se refleja el grado de utilización de una red, con distintos usuarios compitiendo por los recursos disponibles de acuerdo con sus necesidades. Los resultados de la simulación, muestran que el tráfico simulado provee una buena aproximación del nivel de uso o comportamiento de la red.

La metodología desarrollada, ofrece ser una alternativa u opción para los operadores de las redes de telecomunicaciones, en la elaboración de esquemas de tarifas, dado que los resultados obtenidos en los planes de tarifas estudiados y aplicados en una red ATM, generan una mayor rentabilidad desde el punto de vista financiero, que la rentabilidad producida por una red tradicional. Se incluyen ejemplos para ilustrar los resultados.

Agradecimiento.

Un especial agradecimiento a mis tutores, Ing. Nemesio Mondelo M.Sc, e Ing. Claudio Rocco Ph.D, por su ayuda y guía durante la realización del presente trabajo.

Al Ing. Jairo Ruiz, por su ayuda, guía y soporte para la comprensión y uso del programa de simulación de redes COMNET III.

A todos mis amigos por su apoyo moral y estímulo para realizar este trabajo.

INDICE

Resumen

Lista de Abreviaturas	x
Lista de Figuras	xii
Lista de Gráficos	xii
Lista de Tablas	xiii

Página

Introducción

I	Introducción	1
II	Objetivo de la Tesis.	3
III	Descripción de los capítulos.....	4

Capítulo 1 Tecnología Modo de Transferencia Asíncrona

1.1	Introducción.....	5
1.2	Tendencias de las Redes Actuales de Comunicación.....	5
1.3	Formatos de las Celdas ATM.....	10
1.4	Características Básicas de las Redes ATM.....	15
1.5	Calidad de Servicio.....	18
1.6	Tipos de Servicios en las Redes ATM.....	19

Capítulo 2 Tipos de Tráficos

2.1	Introducción.....	24
2.2	Características.....	24

2.3	Tráfico de Voz.....	25
2.4	Tráfico de Video.....	28
2.4.1	Características del Tráfico de Video.....	36
2.5	Tráfico de Datos.....	40

Capítulo 3 Modelos de Simulación Tipos de Tráficos

3.1	Introducción.....	46
3.2	Modelos de Simulación. Introducción de Modelos de Simulación como Herramienta para el Análisis.....	46
3.3	Simulación de Redes ATM.....	48
3.3.1	Necesidad de Simulación Red ATM.....	49
3.3.2	Supuestos Básicos Generales.....	50
3.3.3	Supuestos Específicos.....	53
3.3.3.1	Tráfico de Voz.....	56
3.3.3.2	Tráfico de Video.....	59
3.3.3.3	Tráfico de Datos.....	62
3.4	Diseño y Simulación de Modelos Combinados de Tráficos.....	64

Capítulo 4 Esquema de Precios en Redes ATM

4.1	Introducción.....	68
4.2	Formulación de Precios. Generalidades.....	68
4.3	Comparación Mercado de Servicios de Líneas Privadas Internacionales.....	71
4.4	Contratos y Acuerdos de Niveles de Servicios.....	77
4.5	Precios de Interconexión.....	80
4.6	Estimación de Precios de una Red Simple ATM.....	84
4.7	Técnicas de Estudios Económicos.....	88

Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones.....	94
5.2 Recomendaciones	97

Bibliografía.....	98
--------------------------	-----------

Anexos

Anexo A. Modelo del Protocolo de Referencia B-ISDN/ATM.....	106
Anexo B. Comportamiento de Rutas Internacionales de Telefonía	112
Anexo C. Tablas Comportamiento de Tramas de Video	113
Anexo D. Definición Gráficas P-P Plots y Q-Q Plots.....	115
Anexo E. Gráficas P-P Plots. Salida SPSS	117
Anexo F. Reporte Salida COMNET III. Salidas de Modelos Simples.....	120
Anexo G. Reporte Salida COMNET III. Salidas de Modelo Combinados de Fuentes de Tráfico.....	134
Anexo H. Precios Arrendamientos Actuales y Estimados.....	139
Anexo I. Cálculos de Precios con Factor Escalamiento y Capacidad Extra	143
Anexo J Evaluación Financiera Modelo Base	145
Anexo K. Evaluación Financiera Modelo 2. Escalamiento $S=0,425$. (Ejemplo)	149

Lista de Abreviaturas.

<u>Siglas</u>	<u>Significado</u>
AAL	Capa de adaptación ATM (<i>ATM adaptation layer</i>)
AAL 1	Capa 1 de adaptación ATM (<i>ATM adaptation layer</i>)
AAL 2	Capa 1 de adaptación ATM (<i>ATM adaptation layer</i>)
AAL 3/4	Capa ¾ de adaptación ATM (<i>ATM adaptation layer</i>)
AAL 5	Capa 5 de adaptación ATM (<i>ATM adaptation layer</i>)
AAL-PCI	Información de control de protocolo AAL (<i>AAL protocol control information</i>)
ABR	Velocidad binaria disponible (<i>available bit rate</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
B-ISDN	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (<i>broadband ISDN</i>)
BT	Tolerancia de Ráfaga (<i>burst tolerance</i>)
BW	Ancho de Banda (<i>bandwidth</i>)
CAC	Control de admisión de conexión (<i>connection admission control</i>)
CBR	Velocidad binaria constante (<i>constant bit rate</i>)
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía
CTD	Tolerancia de retardo de celdas (<i>cell tolerance delay</i>)
CDV	Variación de retardos de celdas (<i>cell delay variation</i>)
CL	Sin conexión (<i>connectionless</i>)
CLP	Prioridad en las pérdidas de celdas (<i>cell loss priority</i>)
CLR	Tasa de pérdidas de celdas (<i>cell loss rate</i>)
CTD	Retardo de transferencia de celdas (<i>cell transfer delay</i>)
CRC	Verificación por redundancia cíclica (<i>cyclic redundancy check</i>)
DCT	Transformada discreta del coseno (<i>discrete cosine transformed</i>)
DS-1	Señal digital nivel 1. Norma Americana
E-1	Señal digital nivel 1. Norma Europea. Velocidad de transmisión equivalente a 2,048 Megabits/segundo
E-3	Señal digital nivel 3. Norma Europea. Velocidad de transmisión equivalente a 34 Megabits/segundo
GFC	Control de flujo genérico (<i>generic flow control</i>)
GOP	Grupo de imágenes (<i>group of pictures</i>)
HEC	Control de errores del encabezamiento (<i>header error control</i>)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (<i>institute of electrical and electronic engineers</i>)
IETF	Grupo de trabajo para la Internet (<i>internet engineering task force</i>)
IRP	Punto de referencia interno (<i>internal reference point</i>)
ISDN	Red digital de servicios integrados (<i>integrated services networks digital</i>)
ISO / IEC	Organización internacional de estandarización / Comisión internacional electrotécnica (<i>international standarization organization / international electrotechnical comisión</i>)
ISO / OSI	Modelo de referencia de sistemas abiertos de interconexión (<i>open systems interconnection</i>)
ITU / UTI-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones- Grupo T.
JPEG	Grupo de expertos en fotografías (<i>joint photographic expert group</i>)

Kbps	Kilobits por segundo (<i>kilobits per second</i>)
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
MAN	Red de área metropolitana (<i>metropolitan area network</i>)
Mbps	Megabits por segundo (<i>megabits per second</i>)
MBS	Tamaño máximo de ráfagas (<i>maximum burst size</i>)
MBR	Tasa binaria promedio (<i>mean bit rate</i>)
MCD	Promedio de retardo de celdas (<i>mean cell delay</i>)
MCR	Tasa promedio de celdas (<i>minimum cell rate</i>)
MPEG	Grupo de expertos de imágenes en movimiento (<i>motion picture experts group</i>)
NNI	Interfaz de nodo de red (<i>network-node interface</i>)
nrt-VBR	Servicio en tiempo no-real VBR (<i>non real time VBR</i>)
PBR	Tasa máxima de las ráfagas (<i>peak burst rate</i>)
PCI	Información de control de protocolo (<i>protocol control information</i>)
PCR	Tasa pico de celdas o Tasa máxima de celdas o (<i>peak cell rate</i>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PRM	Modelo de referencia de protocolo (<i>protocol reference model</i>)
PRM RDSI-BA	Modelo de referencia de protocolo de los aspectos de banda ancha de la RDSI
PTI	Identificador de carga útil (<i>payload type identifier</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
rt-VBR	Servicio en tiempo real – VBR (<i>real time –VBR</i>)
RTP	Protocolo de transporte en tiempo real (<i>real-time transport protocol</i>)
RTSP	(<i>real-time streaming protocol</i>)
SCR	Tasa sustentable de celdas (<i>sustainable cell rate</i>)
T-1	Señal digital nivel 1. Norma Americana. Velocidad de transmisión equivalente a 1,544 Megabits/segundo.
T-3	Señal digital nivel 3. Norma Europea. Velocidad de transmisión equivalente a 45 Megabits / segundo.
TCP/IP	Protocolo de control de transmisión / Protocolo de Internet (<i>transmission control protocol / internet protocol</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
STM	Modo de transferencia síncrono (<i>synchronous transfer mode</i>)
UBR	Tasa binaria no-especificada (<i>unspecified bit rate</i>)
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user-network interface</i>)
VBR	Tasa binaria variable (<i>variable bit rate</i>)
VC	Canal virtual (<i>virtual channel</i>)
VCC	Conexión de canal virtual (<i>virtual channel connection</i>)
VCI	Identificador de canal virtual (<i>virtual channel identifier</i>)
VP	Enlace virtual (<i>virtual path</i>)
VPI	Identificador de enlace virtual (<i>virtual path identifier</i>)
XDSL	Línea de subcriptor digital (<i>digital subscriber line</i>)
XMDS	Servicio de distribución multipunto (<i>multipoint distribution service</i>)
WWW	Red mundial de WEB (<i>world wide web</i>)

Lista de Figuras

Figura No. 1	Configuración Básica de una Red Actual de Telecomunicaciones.
Figura No. 2	Convergencia de Redes y Servicios.
Figura No. 3	Celdas UNI-ATM.
Figura No. 4	Celdas NNI-ATM.
Figura No. 5	Composición de las Celdas ATM.
Figura No. 6	Ubicación de Interfases.
Figura No. 7	Ejemplo de Distribución. Identificador Enlace Virtual (VPI) e Identificador de Canal Virtual.
Figura No. 8	Secuencia de las Tramas-Video. Ejemplo.
Figura No. 9	Modelo de Red Simple de Trafico.
Figura No. 10	Modelo Red ATM de Tráficos Combinados.
Figura No. 11	Fases del Diseño de los Contratos de Servicios.
Figura No. 12	Relaciones para Definir Esquemas de Precios.

Lista de Gráficos

Gráfico No. 1	Tendencias del Comportamiento del Tráfico en el Ámbito Mundial.
Gráfico No. 2	Cobertura de Redes.
Gráfico No. 3	Comportamiento. Trazas Video MPEG. Ejemplos.
Gráfico No. 4	Comportamiento Trafico Internacional (2 Mbits/segundo). Un día cualquiera de un operador de tráfico telefónico internacional.
Gráfico No. 5	Traza Simulada Tráfico de Voz.
Gráfico No. 6	Trazas Simuladas de Tráfico de Video.
Gráfico No. 7	Traza Simulada de Tráfico de Datos.
Gráfico No. 8	Traza Simulada de Tráficos Combinados: Modelo 1.
Gráfico No. 9	Traza Simulada de Tráficos Combinados: Modelo 2.
Gráfico No. 10	Traza Simulada de Tráficos Combinados: Modelo 3.
Gráfico No. 11	Comportamiento de la TIR de los modelos de redes evaluadas

Lista de Tablas

Tabla No. 1	Parámetros de los Tipos de Tráficos.
Tabla No. 2	Tipos de Tráfico. Aplicaciones y Características.
Tabla No. 3	Características del Tráfico de Voz. Duración (milisegundos)
Tabla No. 4	Velocidades Binarias por Servicios.
Tabla No. 5	Video Conferencia. Característica Codificador UIT-T. Recomendación H.261.
Tabla No. 6	Tráfico WEB. Característica de Comportamiento.
Tabla No. 7	Tráfico Internet. Característica de Comportamiento. Resumen.
Tabla No. 8	Estadísticas Trazas de Video a Nivel de GOP.
Tabla No. 9	Resumen Estadísticas de Trazas Simuladas de Video.
Tabla No. 10	Características de Fuentes de Tráficos Usadas (Session Source). Modelo de Red ATM Combinado.
Tabla No. 11	Resumen Estadísticas Tráficos Combinados.
Tabla No. 12	Evolución Crecimiento Circuitos Instalados. Región Atlántico
Tabla No. 13	Costo Unitario por Gigabits/segundo.
Tabla No. 14	Capacidades Cables Submarinos. (Circuitos 64Kbits/segundo) y Costo Promedio 2,048 Mbits/segundo.
Tabla No. 15	Relación o Factor de Escalamiento.
Tabla No. 16	Costo Arrendamiento Mensual (US \$). Circuitos Dedicados
Tabla No. 17	Precios Ajustados. Circuitos Dedicados.
Tabla No. 18	Capacidad Extra de los Modelos de Redes ATM Simuladas.
Tabla No. 19	Precios (US \$) a Distintos Valores de Escalamiento. Modelo Base: 1x1.920 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 0%.
Tabla No. 20	Precios (US \$) a Distintos Valores de Escalamiento. Modelo 1: 3x512 Kbits/segundo + 1x768 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 20%.
Tabla No. 21	Precios (US \$) a Distintos Valores de Escalamiento. Modelo 2: 2x512 Kbits/segundo + 2x768 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 33%.
Tabla No. 22	Precios (US \$) a Distintos Valores de Escalamiento. Modelo 3: 1x512 Kbits/segundo + 3x768 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 46,7%.
Tabla No. 23	Valores Referenciales Porcentaje de los Gastos.
Tabla No. 24	Evaluación Económica. Escenario Base.
Tabla No. 25	Evaluación Económica de los distintos modelos de redes evaluados.

Introducción

I. Introducción

El Modo de Transferencia Asíncrona (ATM, por sus siglas en inglés), ha sido seleccionado por el Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía (CCITT), actualmente conocido como la UIT-T, como el estándar de comunicación para las Redes Digitales de Servicios Integrados de Banda Ancha (*Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN)*). La B-ISDN, es definida como la red digital multi-uso, que integrará los accesos a una amplia variedad de aplicaciones y servicios. Las redes de ATM permiten multiplexar¹ un amplio rango de servicios y aplicaciones con diversas características de tráfico, cumpliendo con los objetivos de calidad de servicio establecidos por un operador de telecomunicaciones de acuerdo al desempeño de su red, y satisfacen la creciente demanda de servicio por parte de los clientes².

Los servicios soportados en una red ATM, van desde la transmisión de voz hasta programación de videos pasando por la transferencia de datos. Uno de los más importantes beneficios de las redes ATM, es la capacidad de proveer calidad de servicio de acuerdo con los requerimientos de los clientes, por tipo de servicios, y/o por tipo de aplicaciones. Un operador de red, puede proveer una exigente calidad de servicio, a costo de asignar abundantes recursos (ancho de banda) en función de los máximos de velocidad binarias de

¹ Multiplexar: Procedimiento mediante el cual se agrupan varias señales de transmisión de un orden inferior en otra de orden superior, con lo que es posible su transmisión por una misma vía de forma simultánea e independiente varias señales, sin que las señales se interfieran entre sí. Por ejemplo en una trama de 2,048 Mbits/segundo, es capaz de multiplexar 30 canales de voz cada una de ellas con tasas binarias de 64 Kbits/segundo

² Ver [Muttoomi, 1.999] Phillip Muttoomi & Daniel T, “*Modeling The Communication Networks Transition to a Data Centric Model*”. kEste artículo examina en particular, el rápido crecimiento del tráfico de los servicios de datos y las nuevas aplicaciones de la Corporación MCI a través del tiempo. El artículo señala que en el año 1.998, la demanda de ancho de banda de los nuevos servicios igualó la demanda de ancho de banda utilizada por el servicio tradicional de telefonía. Estiman los autores, que para el año 2.007, a nivel mundial mas del 90% de la capacidad del ancho de banda estará dedicada al servicio de datos y nuevos servicios de multimedia. <http://www.ksg.harvard.edu/iid/iicompol/paper/mutooni.html>

los tráficos, pero origina un bajo uso de red y mayores costos por la infraestructura técnica de red a instalar, para poder satisfacer los requerimientos técnicos y de calidad de servicio. Este último aspecto es debido a las limitaciones de recursos, representado por el ancho de banda disponible.

Aunado a lo mencionado, se agrega la existencia de un desarrollo tecnológico que incorpora cada vez nuevas aplicaciones y servicios con mayor demanda de recursos; estrategias corporativas comerciales que varían de un mercado a otro; procesos de apertura en el mercado de las telecomunicaciones; y tendencia de convergencia de las redes hacia una sola arquitectura. Todos estos elementos modifican el paradigma tradicional de la planificación de redes e incorporan una nueva dimensión al problema de definir y establecer modelos de tarifas para los servicios de telecomunicaciones en estos ambientes.

En virtud de lo variado de los mismos no existe una política estándar en el establecimiento de modelos de tarifas aplicables a los nuevos servicios de telecomunicaciones y particularmente para los servicios ATM. Los esquemas de tarifas existentes³ aplicados a los servicios ATM podrían ubicarse en lo que se denominan esquemas dinámicos de precios por las características de estas redes. Estos esquemas dinámicos son complicados modelos matemáticos, de difícil aplicación y comprensión por parte de los operadores y clientes, además que su implantación, operación y mantenimiento, significa un costo elevado.

Por lo tanto, toda corporación u operador de servicios de telecomunicaciones, dentro de sus estrategias corporativas debe crear un portafolio de productos / servicios, capaz de satisfacer los requerimientos o demandas de servicios a tarifas atractivas. Así mismo, los planes de tarifas deben ser de fácil comprensión por parte de los analistas y de los clientes, además de adaptarse rápidamente a los cambios en el desempeño de los clientes y los operadores de una red.

³ Ver [DaSilva, 2000] Luiz DaSilva, "Pricing for QoS-Enabled Networks: A Survey", Communications Survey. IEEE, Second Quarter 2000. Este artículo presenta un resumen y comparación de modelos de precios para los servicios ATM que han sido propuestos hasta la fecha.

II. Objetivo del Trabajo

Actualmente, las redes de telecomunicaciones están incrementando su complejidad, por lo que se requiere de una buena planificación, de un análisis exhaustivo antes y durante la implantación de los mismos. Es así que dentro de los objetivos generales y específicos que se intenta abarcar el trabajo, tenemos que:

Generales

- 1.- Realizar modelaje y análisis de los sistemas, es la mejor forma de asegurarse una rápida aproximación y evaluación del comportamiento de las redes de telecomunicaciones.
- 2.- Se propone en este trabajo, el uso de la metodología de simulación para explorar el comportamiento de los distintos servicios de telecomunicaciones en las redes ATM.
- 3.- Estimar y evaluar un método de estimación de las tarifas para los servicios de telecomunicaciones soportados por las ATM y su posterior evaluación.

Específicos:

- 1.- Evaluar los requerimientos de uso de los recursos demandado por los clientes, mediante algún parámetro (Por ejemplo: velocidad máxima permitida, calidad de servicio requerida, ancho de banda utilizado).
- 2.- Caracterizar los tipos de tráfico mediante técnicas estadísticas y/o de simulación.
- 3.- Evaluar la asignación eficiente de los recursos del operador de telecomunicaciones.

- Optimizar desde el punto de vista económico la utilidad o ingresos de la corporación.
 - Optimizar el uso de los recursos limitados, evaluando el uso de las capacidades de ancho de banda en las redes ATM.
- 4.- Evaluar escenarios de precios para los servicios o requerimientos de tráficos y realizar ejemplos de aplicación.

III. Descripción de los capítulos

El resto del trabajo está organizado como sigue:

- **Capítulo 1**, se describen los principios básicos de la redes de banda ancha y específicamente las redes ATM, el modelo de referencia de protocolo B-ISDN/ATM y las funciones asociadas a cada una de las capas dentro de este grupo de protocolos.
- **Capítulo 2**, se presenta una breve revisión de las características de comportamiento de los tráficos comúnmente cursados en las redes ATM.
- **Capítulo 3**, se introduce el concepto simulación de redes de comunicación, y cómo esta herramienta puede ser utilizada para la simulación de tráficos de alta variabilidad en su comportamiento. Se presenta el caso de una simulación de una red simple ATM, con distintos niveles de tráficos y sus resultados. La herramienta de simulación utilizada, es el programa de simulación discreta conocido por el nombre de COMNET III.
- **Capítulo 4**, el cual es el punto central de este estudio, se presenta el desarrollo de una metodología para el desarrollo de esquemas de precios aplicables a las redes ATM, además de los resultados de algunos ejemplos.
- Finalmente, en el **Capítulo 5**, se encuentran las **Conclusiones y Recomendaciones**.

Capítulo 1

Tecnología Modo de Transferencia Asíncrona

1.1 Introducción

El objetivo del presente capítulo, es ofrecer una breve descripción de los aspectos básicos de una red conocida como Modo de Transferencia Asíncrono (*ATM Asynchronous Transfer Mode*), y los mismos están basados en los tutoriales públicos sobre ATM que se encuentran en la Internet⁴. Las redes ATM, son redes de alta velocidad, basadas en un esquema de conexión orientada de transporte de paquetes de información, seleccionada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, como la tecnología capaz de soportar la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha⁵ (*B-ISDN Broadband - Integrated Services Digital Networks*)

1.2 Tendencias de las Redes Actuales de Comunicación

Actualmente, los operadores de redes, prestan los servicios de telecomunicaciones sobre redes separadas, con distintas plataformas tecnológicas. En la Figura No. 1, se muestra un esquema típico de una red de telecomunicaciones bajo este concepto.

En la actualidad, la convergencia tecnológica en las redes de telecomunicaciones, permite que señales de voz, datos y cualquier tipo de señal, viajen juntas en una misma red. Significa entonces que redes telefónicas, redes de datos, redes de videos y cualquier otro tipo de red de servicios de telecomunicaciones, no serán servidas sobre redes separadas, lo que implica un ahorro en los costos de desarrollo, de instalación y operación.

⁴ Entre algunos de los sitios encontrados en Internet que poseen tutoriales referidos a las redes ATM, tenemos: <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/atm/>, <http://www.llnl.gov/atp/atm.html>
<http://www.iol.unh.edu/training/atm.html>, http://www.npac.syr.edu/users/mahesh/homepage/atm_tutorial/

⁵ Se recomienda a los lectores interesados en el tema ver Anexo A.

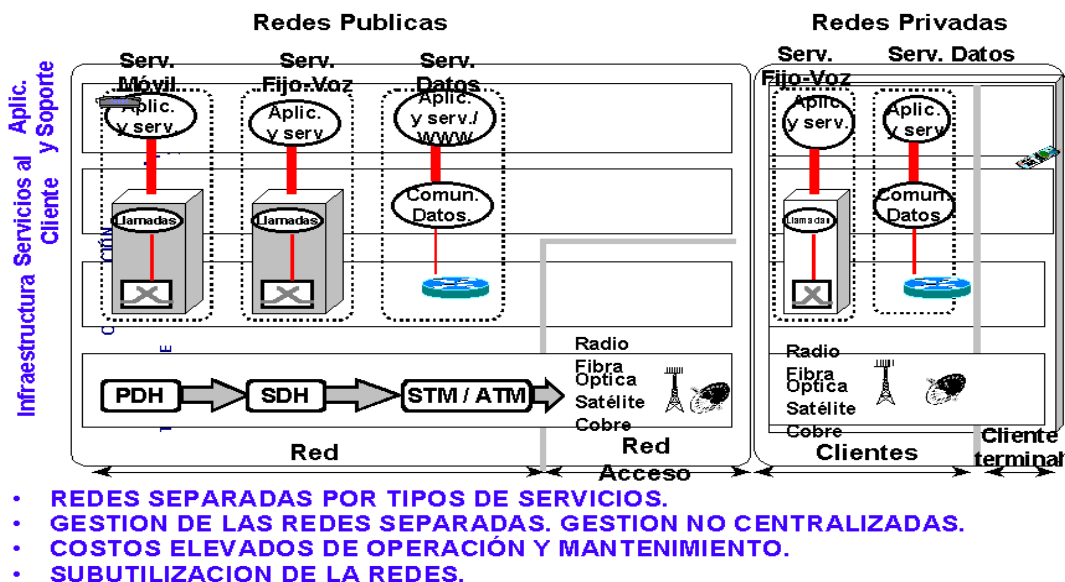


Figura No. 1. Configuración Básica de una Red Actual de Telecomunicaciones

Una empresa dedicada al negocio de las telecomunicaciones, para ser competitiva, debe ser capaz de acceder y enviar información lo más rápido posible, lo cual requiere de mayores velocidades y en consecuencia mayores anchos de banda. La versatilidad y flexibilidad de las redes ATM, ha originado que durante los últimos años, haya aumentado el interés por su uso, como medio de transporte de los sistemas de comunicaciones, además de ser el medio tecnológico capaz de soportar la creciente demanda de mayores anchos de banda y especialmente los dedicados a los servicios de datos⁶. (Ver Gráfico No. 1).

⁶ Existen diversas opiniones sobre el comportamiento futuro de los servicios de telecomunicaciones entre algunos de ellos, se tiene:

- Business Wire, Oct, 1999, “PanAmSat Corporation ...anunció convenio con Nuera Communications, Inc., un líder en sistemas integrados de voz y datos (proveedor de sistemas de alta calidad de sistemas de comunicaciones paquetizadas de voz/fax/data/video sobre Frame Relay, IP y circuitos conmutados), para la distribución vía satélite del servicio de voz paquetizada para las Américas...”
- AT&T News Release, Octubre 1998. ”...IP es el protocolo que está unificando la transformación..y el objetivo de AT&T es hacer de la VoIP tan fácil como usar el servicio telefónico actual” Kathleen B. Early, VP At&T Internet Services.
- AT&T News Release, Octubre 1998. “...la tecnología IP esta literalmente eliminando las barreras entre la TV, la telefonía y las computadorasy nuestro objetivo(AT&T) es ser el líder en el aprovisionamiento de servicios sobre IP...”. C. Michael Armstrong, Chairman & CEO, AT&T
- Analysys News (s.f).(s.t.), “...Cable & Wireless, Global One, MCI WorldCom y Unisource, están construyendo redes de alta capacidad basadas en ATM para integrar sus tráficos IP”.

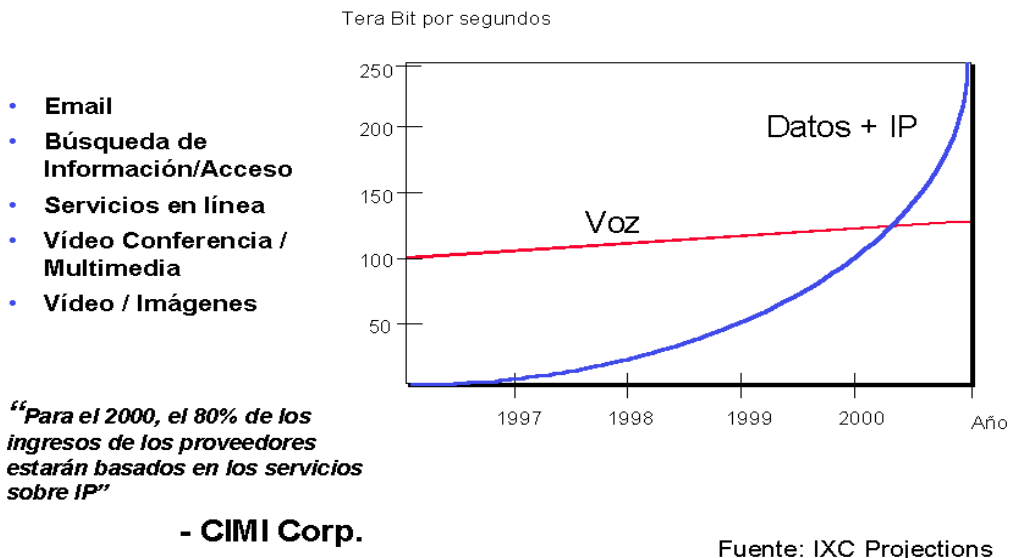


Gráfico No. 1. Tendencia del Comportamiento de Tráfico en el ámbito mundial

Otro aspecto clave del uso de las redes ATM, es la capacidad de adaptarse a diferentes clases de servicios, calidad y anchos de bandas requeridos por los distintos servicios. En el Gráfico No.2, se observa distintos tipos de redes versus la velocidad de transmisión utilizada. Así, a modo de ejemplo, las redes de área local (*Local Area Networks LAN*), pueden alcanzar velocidades hasta 100 Mbits/seg.

El crecimiento de la demanda de servicios de telecomunicaciones ha sido vertiginoso. En opinión del grupo *International Engineering Consortium* ^[IEC, 1999], “...para el año 2003, a nivel mundial, un 90% de total de ancho de banda de los servicios telecomunicaciones, será dedicado al servicio de datos..”. En este escenario, las redes ATM, son el medio ideal para soportar este crecimiento, dado que poseen las características técnicas para manejar distintos tipos de tráfico sobre una misma plataforma tecnológica.

- Telecommunications News, Noviembre 1998.”.....MCI lanzó en Enero de 1998 el servicio ‘MCI Click’s Connect’.. Que es capaz de integrar los servicios de voz y datos de los ‘Call Center’..siendo su mercado objetivo: el detal, la banca, catalogo de ventas industria tecnológica,...y la empresa (MCI) espera que la nueva arquitectura de telefonía IP, sea su mayor ‘driver’ para alcanzar la cifra de 2 Billones de US \$ por concepto de ingresos por Internet.MCI ha reportado que una tercera parte de sus ingresos y la mitad del crecimiento en sus ventas totales durante el primer trimestre de 1998 fue el resultado de los servicios de datos e Internet.”

Velocidad de Transmisión
(Mbits/segundo)

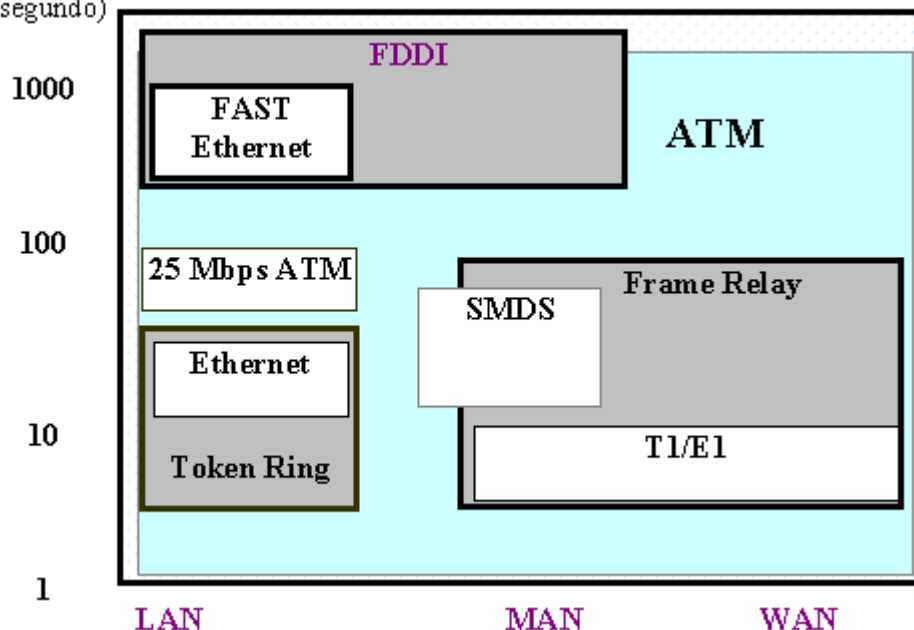
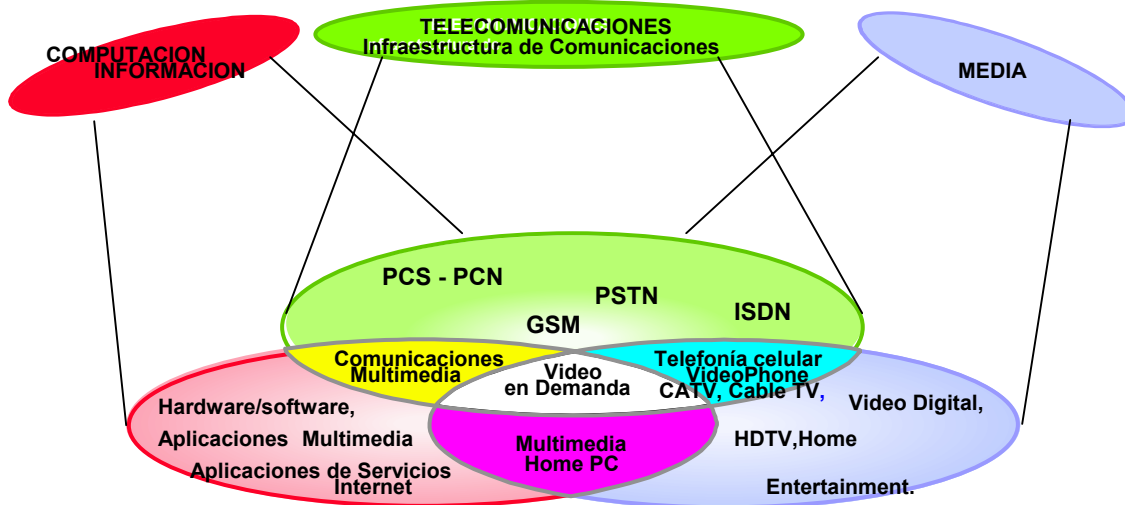


Gráfico No. 2. Cobertura de Redes

En un modelo de negocio corporativo de las telecomunicaciones, la convergencia de las redes de voz, datos y video en una sola red (Ver Figura No. 2), significa una oportunidad para operar la red de manera eficiente desde el punto económico y técnico.



Fuente: OVUM

Figura No. 2. Convergencia de Redes y Servicios

La convergencia de las redes de telecomunicaciones, viene dada por los siguientes aspectos clave:

- **Reducción de Costos.** En el ámbito de cualquier corporación de telecomunicaciones existe la creciente necesidad de reducir los costos, en términos de capital y los gastos derivados de la operación y mantenimiento de las redes.
- **Evolución tecnológica en el ámbito de las telecomunicaciones.** El creciente desarrollo tecnológico permite a la industria de las comunicaciones y de la computación desarrollar equipos cada vez más económicos con respecto a generaciones anteriores. La aparición de nuevas aplicaciones computacionales, genera una mayor demanda de servicios y como consecuencia directa, una mayor demanda de ancho de banda. Un ejemplo de la evolución tecnológica es la aparición de los servicios líneas digitales hasta los clientes finales, conocidos en el argot comercial de las telecomunicaciones como los servicios *digital subscriber line (xDSL)*, y los servicios de distribución de multipunto (*xMDS Multipoint Distribution Service*). Estos servicios proveen una capacidad de multiplexar mayor ancho de banda y soportar múltiples clases de tráfico.
- **Redes de telecomunicaciones cada vez más flexibles y funcionales.** La convergencia de redes provee la infraestructura necesaria para soportar aplicaciones integradas de voz, datos y video. Esta flexibilidad permite a la empresa prestadora de servicio y las empresas usuarias de los servicios de telecomunicaciones el logro de los objetivos corporativos de manera eficiente y efectiva. Así, se tiene que en la actualidad las corporaciones usuarias de los servicios de telecomunicaciones están incorporando en sus redes de Intranet contenidos de multimedia, como un medio de agilizar sus procesos.
- **Aparición de nuevos estándares de la industria.** La convergencia de las redes depende de la disponibilidad de estándares que aseguren su desarrollo. Entre los estándares utilizados por la industria, se tiene: *International Telecommunications Union (ITU) H.323*, *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.1p / 1q* y el protocolo *Real-Time Transport Protocol (RTP)*, que han sido desarrollados e implantados en los nuevos productos. El estándar ITU / H.323 permite a una red

conmutada de paquetes transportar tráfico telefónico. El estándar IEEE 802.1p y 802.1Q, es capaz de soportar tráfico de datos en la capa 2 del modelo OSI y además niveles de calidad de servicios. Los estándares *Real-Time Transport Protocol (RTP)*, *Integrated Services over Specific Link Layers (ISLL)*, *Real-Time Streaming Protocol (RTSP)*, desarrollado por el grupo *Internet Engineering Task Force (IETF)*, permite a las redes IP transportar tráfico de multimedia.

Las redes ATM, cumplen con los cuatros aspectos arriba mencionados, basada en que la información de cualquier tipo, es transmitida en una unidad básica de paquete de información denominada celda.

1.3 Formatos de Celdas ATM

La flexibilidad de las redes ATM para integrar el transporte de diferentes tipos de servicios, está basada en que la información de cualquier tipo, es transmitida en una unidad básica de paquete de información denominada celda, la cual es de longitud fija y representa un ancho de banda asociado, donde cada celda (Ver Figura No. 3 y Figura No. 4) está formada por un encabezado de 5 octetos⁷ o bytes de información, que contiene información relacionada con el enrutamiento del canal virtual e identificación del enlace, más un campo de 48 octetos (384 bits) de carga útil, que transporta la información a transmitir propiamente dicha del servicio, siendo este campo de carga transparente al tipo de información que transporta. (Ver detalles CCITT Recomendación I.113, Sección 2,2).

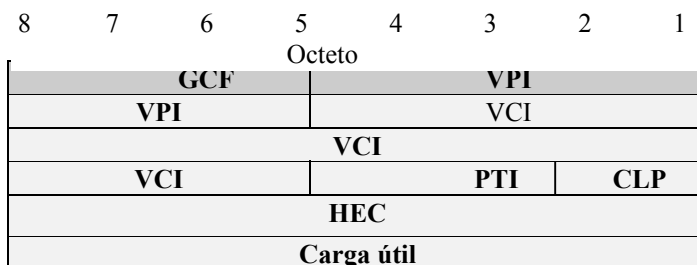


Figura No. 3. Celdas UNI –ATM

⁷ Octeto / Bytes: conjunto de ocho bits de información.

GCF		
VPI	VCI	
VCI		
VCI	PTI	CLP
HEC		
Carga útil		

Figura No. 4 Celdas NNI ATM

El concepto de celda para la transmisión de información, ofrece un mecanismo único capaz de transportar diferentes tipos de servicios sobre una infraestructura común, dado que permite fraccionar o segmentar cualquier tipo de tráfico en unidades (celda) de tamaño fijo, controlando la ubicación y dirección. Por lo que se concluye que la tecnología ATM es un modo de transferencia de paquetes basados en una mutiplexación por división de tiempo.

Las redes ATM, definen dos tipos de configuraciones para los campos de asignación de las celdas de ATM, basados en dos tipos de servicios: transporte y conmutación de paquetes. En las Figura No. 3, Figura No. 4, y Figura No. 5, se muestra, la configuración del campo de

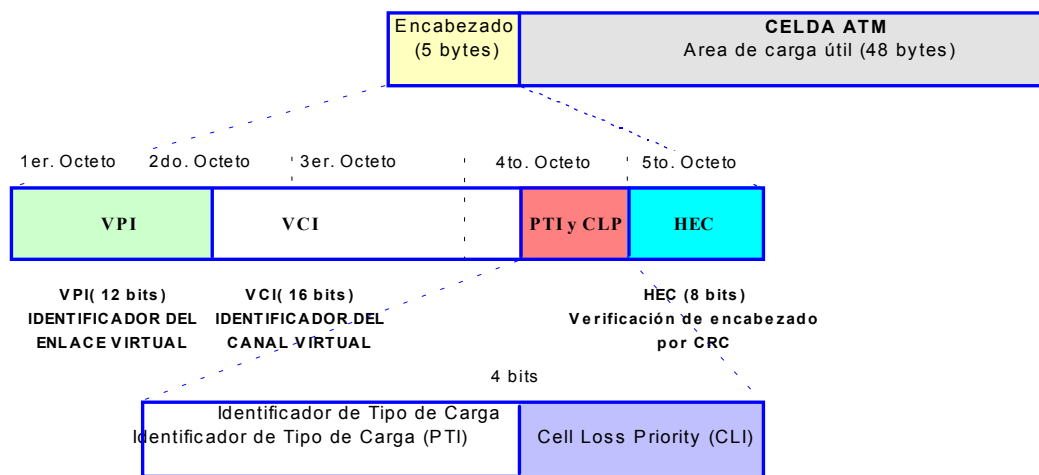


Figura No. 5. Composición de las Celdas ATM

identificación del canal virtual (VCI)⁸, el campo dedicado a transportar información de los servicios y, el campo identificador del enlace virtual (VPI), que transporta un grupo de canales.

En otro aspecto, el estándar ATM, define dos interfases significativas: la UNI y la NNI⁹. En la Figura No. 6, se muestra la ubicación de las distintas interfases utilizadas en las redes ATM para su interoperatividad. La interfase UNI, define el medio adecuado para controlar los equipos terminales de los clientes desde la red ATM, es la interfase intermedia que permite la interconexión de las redes de telecomunicaciones de los usuarios finales y el resto de la red ATM, en los distintos estándares de velocidad de transmisión definidos por el UIT. (T1/E1, T3/E3, OC-3, STM-1, etc).

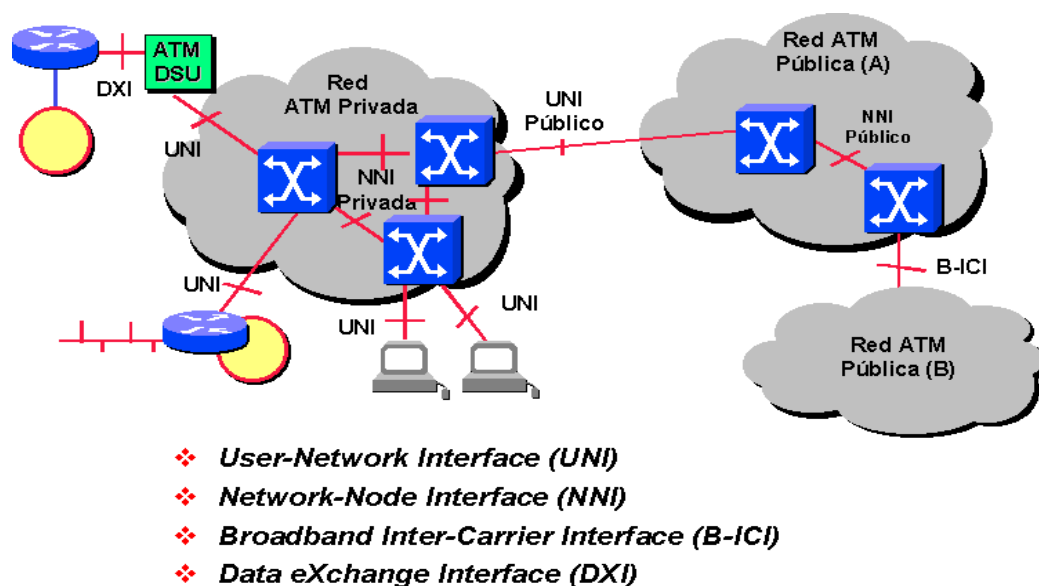


Figura No. 6. Ubicación de Interfases

El estándar NNI, define la interfaz entre dos nodos de ATM. Este estándar permite gestionar los enrutamientos de las clases de servicios, de tráfico, reservación de anchos de banda, basados en métricas y atributos de los enlaces. Los enrutamientos están basados en las prioridades establecidas por las métricas, y provee mecanismos para modelar los

⁸ Para detalles ver [Commer, 1.996] [Parnell, 1.997] [Parnell-1, 1.997] [Tanenbaum, 1.997]

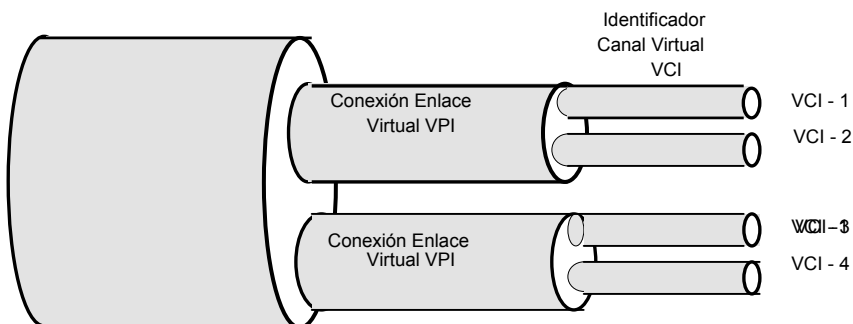
⁹ En la Recomendación ITU-T I.361, se especifican los detalles de ambas interfases.

enrutamientos de forma jerárquica. La información contenida en el encabezado es usada principalmente para el direccionamiento apropiado de las celdas a través de una red ATM, lo cual permite una fácil multiplexación de diferentes conexiones virtuales sobre un mismo enlace.

Las funciones correspondientes de cada una de los campos u octetos que componen las celdas de ATM, correspondientes a los octetos de encabezados y de carga útil de cada una de las celdas ATM, y sus funciones dependen del tipo de interfase utilizada. Se presenta a continuación las funciones de cada uno de ellos:

- **Identificadores de Enlaces Virtuales e Identificadores de Canales Virtuales** (*VPI Virtual Path Identifiers and VCI Virtual Channel Identifiers*). Estos campos permiten un direccionamiento de las celdas a través de la red, dado que la red ATM posee equipos denominados *Cross-Connection*, capaces de conmutar las celdas a distintas direcciones. Todos los octetos VCI y VPI, se utilizan para identificar las celdas que transportan la información a una misma dirección de destino. Las celdas de un mismo canal virtual tendrán un VCI igual, y estos canales señalan la ruta entre los centros de conmutación hasta el cliente o destino final. Por otro lado, los enlaces virtuales transportan grupos de canales virtuales, que permiten un rápido direccionamiento de las celdas a través de la red. Los VCI y VPI son asignados en los centros de conmutación ATM de origen, en el momento que una llamada se establece.

En la Figura No. 7, se presenta algunos ejemplos de la distribución de los VPI y VCI:



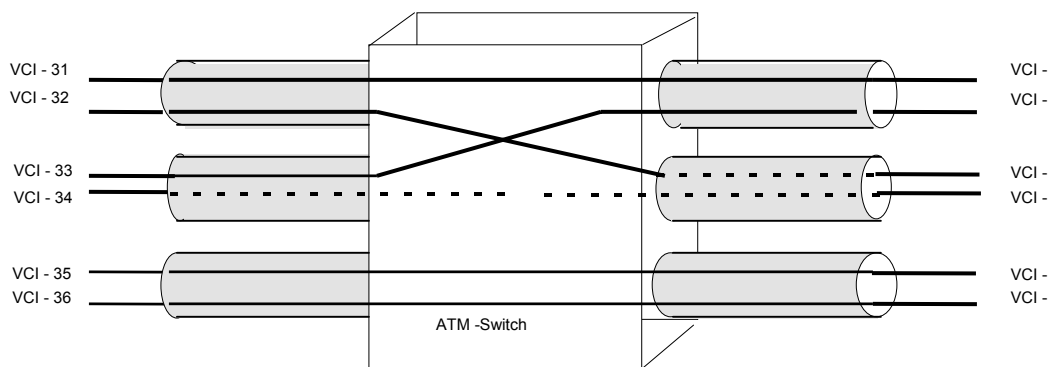


Figura No. 7. Ejemplos de distribución Identificador Enlace Virtual (VPI) e Identificador Canal Virtual (VCI)

- **Control de Error de Encabezado (*HDC Header Error Control*):** Este campo de encabezado provee 8 Bit para verificar la paridad de otros 4 Bytes del encabezado. La paridad puede ser usada para detectar los errores y corregir los mismos, además de ser usado para prueba y monitoreo. Es una manera de determinar la calidad de una línea.
- **Control Genérico de Flujo (*GFC Generic Flow Control*):** El campo GFC está aún en proceso de estandarización, pero su función básica es proveer una medición y control de los datos que entran a una red de ATM.
- **Prioridad en las Pérdidas de Celdas (*CLP Cell Loss Priority*):** El contenido de este campo determina si una celda puede ser eliminada o no, en aquellos casos donde existe congestión en los centros de conmutación de la red. Si el CLP es cero (0), la celda tiene una alta prioridad, en caso contrario tendrá 1 dependiendo del tipo de tráfico cursado. Esta condición permite a las redes descartar o eliminar celdas si el caso lo requiere.
- **Identificador de Carga Útil (*PTI Payload Type Identifier*):** El objetivo principal de este campo, es identificar el tipo de información que transporta una celda, que podría ser de dos tipos: información propia de la red (por ejemplo información relacionada con la operación y mantenimiento de la red); y la información de uso de un cliente.

Por otro lado, se tiene que las redes ATM son el complemento a las redes de Jerarquía Síncronas (*SDH Synchronous Digital Hierarchy*), redes de telecomunicaciones digitales para la transferencia de los servicios de voz, datos y video a través de grandes distancias. A través de una red SDH, los datos o la información son transportados a través de anchos de banda de menor jerarquía o menor nivel de transmisión denominados niveles de Modos de Transferencia Síncronos STM (*Synchronous Transfer Mode*), donde la información es organizada en tramas de longitud fija, luego estas tramas son repetidas cada T períodos. Las redes ATM son capaces de soportar velocidades de transmisión que van desde los 34 Mbps hasta 622 Mbps, con capacidad de proveer mecanismos de conmutación de circuitos, donde las conexiones y transferencia de información son establecidas entre dos puntos, una vez confirmada la disponibilidad de ancho de banda y reserva la misma mientras dura la comunicación.

1.4 Características básicas de las Redes ATM

Una de las características fundamentales de las redes ATM, es que son capaces de ordenar, soportar y transportar diferentes tipos de tráfico de distintas aplicaciones, además de adaptarse a aplicaciones o requerimientos de los clientes. Organizaciones técnicas, principalmente el ATM Forum¹⁰, ha definido los principales parámetros de calidad de servicio que deben cumplirse en toda red de ATM, para soportar los servicios requeridos. Entre los parámetros definidos se tienen los siguientes:

- **Ancho de Banda** (*BW bandwidth*): Es la capacidad de la red requerida para soportar las conexiones.

¹⁰ ATM Forum: Foro formado por más de 800 organizaciones de todo el mundo, que abarca desde agencias de gobierno, empresas del sector de telecomunicaciones, organizaciones de investigación, con el objetivo de acelerar el desarrollo e implantación de productos y servicios ATM. Se puede visitar su página Web en <http://www.atmforum.com>.

- **Latencia:** Es la cantidad de retardo asociado con una conexión. Una solicitud de baja Latencia como característica de calidad de servicio, significa que las celdas deben viajar rápido de un punto específico de la red a otro punto.
- **Variación de Retardos de Celdas (CDV Cell Delay Variance):** Es el rango de los retardos experimentados por cada grupo de celdas asociadas a una transmisión.
- **Tasa de Pérdida de Celdas (CLR Cell Loss Ratio):** Es la proporción de las celdas que se pierden debido al desbordamiento de la capacidad de la memoria elástica¹¹. El CLR está relacionado directamente a la distribución de probabilidad de la longitud de la cola, y es definido como el número esperado de celdas perdidas debido al desbordamiento de la memoria elástica, dividido entre el valor esperado del número de celdas que son transmitidas en el sistema.

$$\text{CLR} = \text{Nro. De Celdas Perdidas} / \text{Nro. De Celdas transmitidas.}$$

- **Promedio de Retardo de Celdas (MCD Mean Cell Delay):** Es el promedio de tiempo de cada celda espera en la cola. Si la cola es una simple FIFO¹² entonces la celda espera el tiempo $Q_b/\text{seg.}$ hasta que es servida. MCD está directamente relacionado con el valor esperado de la longitud de la cola $E\{Q_b\}$.
- **Varianza de Retardo de Celdas (CDV Cell Delay Variance):** Es el cuadrado de la desviación estándar del retardo de las celdas CTD por su media. Está relacionado con la varianza de la longitud de la cola. Valores altos indican

¹¹ Memoria elástica: Es un tipo de memoria que almacena datos temporalmente para compensar y adaptar diferencias de velocidad entre emisor y receptor. Por ejemplo para compensar el desplazamiento de fase, o para compensar la velocidad entre dos unidades, una unidad central muy rápida y una unidad periférica lenta, como por ejemplo una impresora.

¹² FIFO: Siglas en ingles para First In, First Out = Primero que llega, Primero que sale.

que la memoria elástica es de gran capacidad para manejar tráfico sensibles a retardos, como por ejemplo el tráfico de voz y video.

- **Velocidad Pico de Celdas** (*PCR Peak Cell Rate*): Es la tasa instantánea máxima a la cual el cliente transmite en un periodo de tiempo T. Para tráfico explosivos, el intervalo entre celdas y la tasa de celdas varía considerablemente. El PCR es el inverso del mínimo intervalo (T) entre celdas.

$$PCR = 1 / T$$

- **Velocidad Sostenible de Celdas** (*SCR Sustained Cell Rate*): Es el límite superior de la velocidad promedio de una fuente transmisora de ráfagas (Bursty) de información. Es la tasa o velocidad promedio medida sobre un intervalo de tiempo dado.
- **Retardo de Transferencia de Celdas** (*CTD Cell Transfer Delay*) (*segundos*): Es el retardo experimentado por una celda o tiempo que dura una celda desde que entra en una red y sale. Esto incluye retardos de propagación, retardos de colas tiempos de servicios en los puntos de colas, retardos en los puntos intermedios de conmutación ATM.
- **Tolerancia de Ráfagas** (*BT Burst Tolerance*): Este parámetro indica el máximo tamaño de las ráfagas que puede ser enviado a la velocidad pico. Es un parámetro que es usado para controlar el tráfico que entra en una red, donde el número máximo de celdas que pueden ser enviadas a la tasa pico de celdas es llamado Tamaño Máximo de Ráfagas MBS (*Maximum Burst Size*).

$$BT = (MBS-1) * (PCR-SCR) / (SCR*PCR)$$

- **Velocidad Mínima de Celdas** (*MCR Minimum Cell Rate*): Es la velocidad mínima deseada por los clientes.

Basados en los parámetros mencionados, la administración de las redes ATM, ofrece los mecanismos efectivos de gestión del tráfico, necesarios para garantizar la calidad de servicio mientras maximiza la utilización de los recursos disponibles en la red. Estos parámetros, están especificados y relacionados con los estándares de interfases utilizados en las redes ATM, los estándares UNI y NNI.

1.5 Calidad de Servicio

El parámetro de Calidad de Servicio QoS (*Quality of Service*) dependerá de los tipos de servicios manejados por una red, donde el operador debe cumplir estos parámetros para satisfacer las necesidades de los clientes, razón por la cual la QoS es fundamental en cualquier sistema y principalmente en los sistemas actuales de comunicaciones.

El determinar un nivel de Calidad de Servicio requerido por un cliente, abarca los siguientes aspectos:

1. Calidad de Servicio

Este aspecto abarca las especificaciones de QoS en el comportamiento del flujo a nivel de transporte ofrecido por una red. Son las características primarias que los clientes requieren del comportamiento del flujo de información en una red, desde un punto de vista cuantitativo como por ejemplo: promedio y pico de ancho de banda, promedio y pico de velocidad de transmisión, restricciones de pérdidas o retardos, retardo máximo, nivel de pérdida de sincronismo, velocidades máximas permitidas, caudal máximo permitido. Estas propiedades son de suma importancia para las comunicaciones de servicios de multimedia y pueden resumirse como las especificaciones que los clientes requieren del comportamiento del flujo de información en una red.

2. Niveles de Servicio

Este punto involucra cuál es el nivel de servicio y los compromisos de calidad de servicio que debe cumplir el operador de una red. Los compromisos de calidad de servicio se verifican mediante las pruebas de aceptación de los servicios, las cuales implican comparar la QoS solicitada por los clientes contra la calidad de servicio suministrada por el operador. El nivel de calidad de servicio obtenido durante las pruebas de aceptación, permite determinar si es posible o no, cualquier demanda adicional de recurso (ancho de banda) requerida por un cliente, sujeto a la disponibilidad de recursos en la red.

3. Precios

Este punto es referido a los costos asociados a los recursos utilizados a un determinado nivel de calidad de servicio. Dado que a mayores niveles de calidad de servicio implica mayores costos por la infraestructura utilizada y en consecuencia mayores precios en los servicios.

1.6 Tipos de Servicios en las Redes ATM

Dada la existencia de diferentes tipos de usuarios con diferentes requerimientos de servicios, aún dentro de un mismo tipo de servicio, la tecnología ATM permite gestionar y satisfacer un amplio rango de calidad en términos de: ancho de banda, disponibilidad, retardos, pérdidas de celdas, etc. El contrato de servicio que se establece entre una operadora de servicio de telecomunicaciones y un cliente en la prestación de un servicio bajo la plataforma ATM, está en función de las características mencionadas en el apartado 1.5.

Entre los tipos de servicios soportado por una red ATM, definidos por ATM Forum *Traffic Management Specification*, Versión 4.0 y en la ITU-T Recomendación I.371, se tienen los siguientes:

- **Tasa Binaria Constante** (*CBR Constant Bit Rate*). Denominado por la ITU-T como Velocidad Binaria Determinística (*DBR Deterministic Bit-Rate*). El tráfico CBR, abarca los servicios del tipo voz, y video, (por ejemplo: videoconferencia, telefonía, distribución de Audio / video). Para manejar estos tráficos, la red ATM puede ser configurada para actuar como un circuito dedicado, donde provee una cantidad de ancho de banda con baja latencia y baja CDV.
- **Tasa Binaria Variable** (*VBR Variable Bit Rate*). La tasa binaria variable es conocido en el ATM Forum como *Statistical Bit-Rate (SBR)* en la ITU-T. ATM Forum, divide los servicios VBR, en servicios de tiempo real VBR (*rt-VBR*) y servicios en no-tiempo real VBR (*nrt-VBR*), dependiendo de los requerimientos de calidad de servicio. El servicio VBR, es similar al servicio CBR, excepto que el ancho de banda requerido no es constante. Por ejemplo, una red de ATM puede soportar una videoconferencia, garantizando un ancho de banda BW (*Bandwidth*), durante el tiempo requerido, sin embargo durante la videoconferencia los requerimientos de ancho de banda pueden variar. En esta categoría se especifican dos sub-clases:
 - **Servicios en Tiempo Real de la Tasa Binaria Variable** (*rt-VBR Real-Time Variable Bit Rate*). Categoría que abarca aquellas aplicaciones en tiempo real, que están sujetas a los retardos. Es apropiada para aplicaciones de video y voz. Este servicio está caracterizado en los siguientes parámetros: PCR, *Sustainable Cell Rate (SCR)*, y *Maximum Burst Size (MBS)*. Las fuentes de tráfico en esta clase de servicio pueden variar su velocidad de transmisión en el tiempo.
 - **Servicios en Tiempo no-Real de la Tasa Binaria Variable** (*nrt-VBR non-Real-Time VBR*). Esta categoría de servicios incluye los servicios o aplicaciones que no requieren ser transmitidas en tiempo real. Este tipo servicio está caracterizado por los siguientes parámetros: PCR, SCR, y MBS.
- **Tasa Binaria Disponible** (*ABR Available Bit Rate*): Esta clase de tráfico no requiere una cantidad específica de ancho de banda BW o parámetros específicos de retardos y es utilizado por la mayoría de las aplicaciones de multimedia actuales: Aplicaciones

tales como correo electrónico, transferencia de archivos, y conexiones del tipo Programa de Control de Transmisión TCP/IP (*Transmission Control Program/Internet Protocol*).

- **Tasa Binaria No-especificada (UBR Unspecified Bit Rate):** Los tipos de tráfico que no son sensibles a las pérdidas y retardos de celdas, pueden utilizar este servicio, además permite utilizar una sobrecarga en la capacidad de recursos de ancho de banda requeridos en determinados momentos. Los tipos de tráfico que utilizan este servicio, son similares a los que utilizan el servicio del tipo ABR, por tal razón el servicio ABR y UBR son definidos como los *Servicios al Mejor Esfuerzo*.

En las siguientes tablas se resumen las características que definen los distintos tipos de tráfico:

Tipo de Tráfico	Parámetros	Garantía
Constante CBR	PCR	BW, CLR, CTD, CDV
Variable (VBR) rt-VBR	PCR, SCR, MBS	BW, CLR, CTD, CDV
Variable (VBR) nrt-VBR	PCR, SCR, MBS	BW, CLR
Disponible (ABR)	PCR, SCR, ACR	BW, CLR
No Disponible (UBR)	PCR	Ninguno

Fuente: ATM Forum ([http:// www.atmforum.org](http://www.atmforum.org))

Tabla No. 1. Parámetros de los Tipos de tráfico

Tipo de Tráfico	Aplicaciones	Características
Constante CBR ó Determinístico DBR	<ul style="list-style-type: none"> • Emulación de circuitos. • Telefonía. • Videoconferencia. • Video. • Multimedia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo Real • Restricciones en CTD y CDV. • PCR fijo.
Variable (VBR) rt-VBR	<ul style="list-style-type: none"> • Audio Comprimido. • Multimedia 	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplexación Estadística. • Tiempo Real. • Restricciones en CTD y CDV • Ráfagas en los tráfico.
Variable (VBR) nrt-VBR o Estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Datos críticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplexación Estadística. • Bajo nivel de CLR.

		No estricto en CTD y CDV .
Disponibile (ABR)	<ul style="list-style-type: none"> • Emulación e interconexión de redes LAN • Transporte de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de los recursos. • Ajuste a los tipos de tráfico.
No Disponible (UBR)	<ul style="list-style-type: none"> • Emulación e interconexión de redes LAN • Transporte de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe garantía del ancho de Banda

Fuente: ATM Forum ([http:// www.atmforum.org](http://www.atmforum.org))

Tabla No. 2 Tipos de Tráfico. Aplicaciones y Características

Se observa entonces que los servicios soportados en una plataforma ATM, abarcan una amplia gama de tráfico y están en correspondencia con las capas de adaptación, explicadas en el Anexo A.

Como resumen de este capítulo, se tienen los siguientes aspectos:

- El actual proceso de convergencia es una etapa en la evolución de las redes de telecomunicaciones, con el objetivo de ofrecer una infraestructura única para el manejo de servicios y/o tráfico, incluyendo servicios de misión crítica, aplicaciones de tiempo real, etc. Este concepto implica la existencia de una red común para todos los tipos de servicios, además de una estructura común para la operación, mantenimiento y gestión de ella.
- Existen muchos factores que inducen a las empresas operadoras de servicios de telecomunicaciones a moverse hacia esta etapa de evolución en sus redes. Una de ellas es reducir los costos derivados del uso de distintas infraestructuras y tecnologías en una sola red. Otra motivación de la convergencia, es poder facilitar el desarrollo de nuevas aplicaciones, en especial aquellas que integren voz, datos y video. Una tercera, es facilitar la integración de distintas topologías de redes, tales como las redes LAN (*Local Area Networks*), MAN (*Metropolitan Area Networks*), etc., en una sola. Y por último, la necesidad de incrementar la eficiencia y efectividad de las organizaciones, por lo que

induce a requerir cada vez mejores servicios y en consecuencia mayores ancho de bandas y mejores niveles de calidad de servicio asociados a ellos.

- Se analizaron los conceptos básicos de las redes ATM, necesarios para una comprensión adecuada del tema, en virtud de que cubrir en detalle cada uno de ellos, alejaría del objetivo principal del presente trabajo. Además de aspectos clave, como el concepto de celda y su estructura, los parámetros de calidad de servicio, y tipos de servicios. El concepto de celda de longitud fija, con campos definidos para la carga útil de información y de encabezados, facilita el proceso de conmutación y transmisión a altas velocidades. Las redes ATM son tecnologías de conexión orientada.
- Existen diferencias significativas en los requerimientos de recursos de los distintos tipos de tráfico y sus combinaciones. Estas diferencias, dificultan la tarea de diseñar, simular y gestionar las redes ATM. En consecuencia, los diseñadores o ingenieros deberán ser capaces de predecir el comportamiento de las redes futuras y asegurarse que ellas puedan ser implantadas y usadas de manera eficiente desde el punto de vista económico. Un diseño inadecuado puede significar un sobredimensionamiento o subdimensionamiento de una red, que puede implicar el incurrir en costos de inversión excesivos o insuficientes, además de un comportamiento inadecuado de una red, afectando a una corporación o a los usuarios de dichas redes. Para soportar el diseño y mantenimiento de las redes ATM, se requerirá el desarrollo eficiente y seguro de la herramienta de planificación. En el presente estudio se pretende predecir el comportamiento de una red simple ATM y analizar la eficiencia desde el punto de vista económico.

Capítulo 2

Tipos de Tráfico

2.1 Introducción

La integración de diversos servicios y/o tráfico en una misma red, requiere un buen conocimiento de los mismos. El amplio espectro de velocidades de transmisión, la variedad en el comportamiento estadístico en los flujos de datos, y configuraciones en las topologías de redes, hacen que las caracterizaciones de los mismos sean más complicadas que las requeridas en las redes tradicionales y, más en la actualidad, donde los servicios de comunicaciones requieren grandes anchos de banda. Es requisito fundamental entender el comportamiento de las tres principales fuentes de tráfico que cursan a través de las redes ATM. Este capítulo tratará de aspectos teóricos del comportamiento del tráfico de voz, video y datos.

2.2 Características

Por mucho tiempo el paradigma utilizado para diseñar las redes de telecomunicaciones, estuvo basado en la experiencia que los operadores de telecomunicaciones poseían de las redes de telefonía tradicional, y las mismas eran planificadas en función del número de llamadas o minutos manejados por la red, por lo que el objetivo fundamental, era asignar un ancho de banda fijo en función de las llamadas o total de minutos manejados por la red, según el comportamiento histórico del mismo.

Los principales supuestos utilizados por los operadores de redes de telecomunicaciones y que está demostrado en la literatura¹³, son los siguientes:

¹³ Para una exposición detallada de los componentes de un proceso de planificación y dimensionamiento de una red de telecomunicaciones tradicional, ingeniería de tráfico, etc., se recomienda ver la serie de documentos PLANITU de la Unión Internacional de Telecomunicación (ITU). <http://www.itu.int/ITU-D/planitu.htm>

- Dentro de un período corto de tiempo, por ejemplo una hora, el comportamiento puede ser estimado con cierto grado de exactitud con los modelos de tráfico tradicionales, basados en los modelos de Poisson de llegadas.
- Las variaciones durante un día siguen un patrón, existiendo un período pico de tráfico.
- La red impide el acceso de las nuevas llamadas cuando existe un tráfico excesivo dentro de ella.

La última característica modifica el paradigma tradicional de cómo manejar una red de telecomunicaciones y especialmente en la actualidad, donde las redes de datos integradas, son la que están dominando el mundo de las telecomunicaciones y las que ofrecen las mayores cargas de tráfico a las redes. En consecuencia, la facultad que posea una red para manejar la congestión, dependerá de las características propias de cada uno de los tipos de tráfico que soporta; de la capacidad para manejar grandes volúmenes de información, y de las frecuencias en las variaciones en dichos tráfico en un período de tiempo dado.

2.3 Tráfico de Voz

El comportamiento de la voz ha sido caracterizado como una fuente constante de bits de información. El método normal de digitalización de la señal analógica de voz, es limitar la banda de 100Hz a 3400 Hz., luego la señal de voz es codificada mediante un proceso de muestreo de 8000 muestras por segundo, a continuación la señal es cuantificada en 256 niveles de cuantificación y en una etapa posterior la señal es paquetizada en simples octetos (*bytes*) de información, que al final resulta una trama de información con una velocidad de 64 Kbps. Esta codificación es conocida como la Modulación de Pulsos Codificados, descrita en la Recomendación ITU-T [1988]. La manera de codificar permite la fácil multiplexación a niveles superiores de velocidades de transmisión, tales como por ejemplo

los enlaces de transmisión de 2,048 Mbits/segundo, denominados E1, o los enlaces 1,544 Mbits/segundo denominados T1¹⁴.

El principal interés de todo operador de redes de telecomunicaciones es estimar, desde el punto de vista económico, la eficiencia del servicio de telefonía tradicional en una red. Por tal razón, estas señales han sido ampliamente estudiadas y numerosos estándares en la industria han sido definidos, abarcando la codificación, compresión y técnicas de supresión para optimizar su uso.

En la literatura de comunicaciones, se ha demostrado que la distribución de llegadas de las llamadas telefónicas a una red sigue una distribución exponencial, y los tiempos de servicios tienen un comportamiento exponencial^{[Brett, 1.994 | [Danzing, 1.995]}, además el emisor elemental de voz tiene un comportamiento alternativo: activo (Habla-ON) e inactivo (No Habla-Silencio -OFF). Este proceso describe una conversación en dos vías, donde los paquetes de información son generados durante el período activo y ningún paquete de información es generado durante el período de silencio.

Prady y Gruber^{[Prady, 1.968] [Gruber, 1.982]} sostienen que una conversación telefónica normal, aproximadamente la mitad del tiempo consiste en períodos muertos o de silencios, en consecuencia, una llamada entre dos personas está compuesta de períodos de silencio y de información, donde los bits transmitidos en los períodos de silencio pueden ser eliminados de la trama total de información transmitida. Sin pérdida de generalidad entonces la voz puede ser dividida en dos estados; un estado de habla y otro estado de silencio, donde el estado de habla representa del 35% al 44% del tiempo total de una conversación telefónica. Estos autores además, estimaron que, a un nivel bajo de actividad de conversación la duración promedio de habla es igual a 0,35 segundo, y a un nivel medio de actividad de conversación, el tiempo promedio de duración del habla 0,394 segundo (Ver. Tabla No. 3), además se ha demostrado que el número de celdas producidas tiene un

¹⁴ Ver una explicación detallada de las jerarquías o niveles de transmisión utilizados en las redes de comunicación digital, en Marcony Communication LTD, Synchronous Digital Hierarchy (SDH). <http://www.gave.co.uk/technology-watch/sdh.htm>. Otra excelente referencia se encuentra en Iforums On Line Tutorial. <http://www.iec.org/online/tutorials>

comportamiento estadístico Geométrico y de Poisson. Para el caso estudiado por estos autores, la media de duración del tráfico es igual a 58 celdas para un nivel bajo de actividad y 66 celdas para un nivel medio de actividad de habla. Además de determinar que el período de silencio está dividido en dos etapas: una etapa propia de la conversación cuando la persona está a la escucha y otra etapa correspondiente a los períodos muertos que se producen en la conversación. Este comportamiento del período de silencio sigue una distribución Exponencial, donde el promedio en conjunto de los dos períodos es 0,65 segundo a un nivel bajo de actividad y 0,56 segundo a un nivel alto de actividad. Dado que en una red de ATM, se requiere 5 bytes de encabezado (*overhead*) por cada 48 bytes de información, lo que origina una tasa de transmisión de 71 Kbps, pero dado que el período efectivo es menor, sólo se requiere por canal dedicado a transmitir voz una velocidad de 24,8 Kbps para el caso de baja actividad y de 27,9 Kbps¹⁵. La Tabla No. 3 es un resumen de las características del comportamiento de tráfico de voz, estos datos serán utilizados en el capítulo de simulación de tráfico.

	ALTO (mseg)	%	MEDIO (mseg)	%	BAJO (mseg)	%
Habla	1,311	43,6%	1,125	39,5%	0,902	35,2%
Silencio	1,695	56,4%	1,721	60,5%	1,664	64,8%
Total	3,006		2,846		2,566	

Fuente: P.T. Brady, "A Statistical Analysis of Off-On Patterns in 16 Conversations", Bell System Tech. Journal, pp 73-91, 1968.] | J.C. Gruber, "A Compararison of Measured and Calculated Speech Temporal Parameters Relevant to Speech Activity Detection", IEEE Transc. Commun. Vol. COM. 30, No. 4, pp728-738, 1982.].

Tabla No. 3. Características del Tráfico de Voz. Duración (milisegundos)

El modelo Markov de dos estados, ha sido propuesto por diversos autores [Woodruff, 1.990], [Habbib, 1.992], para modelar el tráfico de voz, estimando que el mismo tiene un comportamiento Exponencial para la generación de información en el período activo a una

15 Ver UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), "Trends in Telecommunications Reform 1999. Convergence and Regulation", October 1999, <http://www.itu.int>. En la pág. 16, se da un resumen de la gran evolución de las capacidades en las redes de telecomunicaciones motivada fundamentalmente por dos aspectos: los bajos costos, y el desarrollo tecnológico. A modo de ejemplo explica la evolución de las capacidades de los cables submarinos transoceánicos de fibra óptica, donde el total de circuitos telefónicos de 64 Kbps para el año 1.992 alcanzó la cifra de 321.200 circuitos, y para finales del año 2.000 se estima que estará en servicio una capacidad equivalente a 21,8 Millones de nuevos circuitos de 64 Kbps

tasa de 64 Kbps, con una duración de este estado (Ton) de 352 mseg y una duración del período de silencio (Toff) de 650 mseg, ambos tiempos son variables independientes con distribución Exponencial. Los períodos o duración de cada uno de los estados son los promedios de los estados activos y de silencios.

El promedio de velocidad de transmisión de una señal de voz bajo la consideración de los estados ON y OFF señalados, es:

$$A = T_{on} / (T_{on} + T_{off}) * 64 \text{ Kbps} = 22,5 \text{ Kbps.}$$

Esta velocidad es equivalente a 58 celdas de ATM, la cual será utilizada para la simulación del tráfico de voz en el próximo capítulo.

2.4 Tráfico de Video

El advenimiento de las redes de banda ancha, ha permitido su uso, mediante diversas aplicaciones y una de ellas son las comunicaciones de video. Dadas las características y su uso, ha motivado a la ITU-T a concentrar parte de sus esfuerzos en la estandarización de los sistemas de videoconferencia, considerando la interoperatividad entre los sistemas conectados a una red de telecomunicaciones.

La videoconferencia ha surgido como un nuevo medio de comunicación con distintas aplicaciones, dado que es una manera directa de comunicación, y las tendencias indican que gran parte de las señales a transmitir en las redes B-ISDN son y serán señales de video del tipo definido por el Grupo de Expertos de Imágenes en Movimientos (*MPEG Motion Picture Experts Group*), aunado al hecho de existir un aumento de las facilidades de comunicacionales, y el desarrollo tecnológico en particular, la tecnología ATM es capaz de soportar las nuevas aplicaciones y requerimientos. Dentro de algunas de las propiedades de las redes de ATM, tenemos:

- Disponibilidad de grandes anchos de banda.
- Flexibilidad para el uso del ancho de banda.
- Capacidad de velocidad variable de bits.
- Integración de servicios.
- Distribución multipunto.

El tipo de tráfico video es una importante fuente de transmisión de datos, además de ser un buen ejemplo de lo que significa un tráfico de velocidad variable. En virtud de la creciente necesidad de servicios de videoconferencia, la ITU-T, desarrolló las recomendaciones Serie H: H.261, H.263, H.321, H.310, H.323 y H.320¹⁶. La recomendación H.320, define los equipos y protocolos necesarios para soportar videoconferencia sobre redes de ISDN, en donde se especifica que los codificadores bajo esta norma, pueden comprimir audio y video simultáneamente a diferentes velocidades, dependiendo de las necesidades de los clientes. Sin embargo, en el presente estudio la aplicación utilizada está referida a video vía telefónica, mediante la utilización de computadoras personales, debido a las restricciones técnicas que limitan la velocidad final al usuario. Las velocidades de transmisión de información generalmente utilizadas son 64 Kbps y 128 Kbps. Adicionalmente el grupo ISO/IEC (*International Standardization Organization/ International ElectroTechnical Commission*), creó el grupo MPEG, para desarrollar el estándar a ser utilizado en la compresión de señales de video en las aplicaciones de multimedia. El modelo de codificación de video del tipo MPEG, se define como el método estándar para comprimir video de movimiento completo, donde se especifica el modo de almacenar las señales como datos digitales y el método para transmitir las señales en una red para luego ser decodificada en el lado receptor. Este tipo de codificación puede ser transmitido en una red de ATM como un servicio Velocidad Binaria Variable (*VBR Variable Bit Rate*)^[Legall, 1.991].

¹⁶ ITU-T. Recomendación H-320, Esta Recomendación cubre los requerimientos para videoconferencia usando las capacidades enteras de las redes ISDN. Adicionalmente la ITU-T desarrolló un conjunto de recomendaciones asociadas a este servicio: ITU-T Rec. G.721 para codificación de audio, ITU-T Rec. H.261 algoritmo de compresión de video, ITU-T Rec. H. 221, para la formación de tramas, ITU-T Rec. H.230 para control de información, ITU-T Rec. H.242 para establecimiento de llamadas dedicadas a videoconferencias.

Originalmente el uso del modelo MPEG, fue concebido para almacenar aplicaciones de video y últimamente tiene aplicaciones de transmisiones en vivo, como videoconferencia a través de PC.

Una secuencia de video MPEG consiste en una secuencia de imágenes, denominadas tramas, que son mostradas una detrás de la otra en un período determinado de tiempo. El estándar de los Estados Unidos de América es 30 tramas por segundos (*frames per seg.*). La secuencia de señal MPEG consiste en un patrón de tramas I, P, B llamados Grupo de Imágenes GOP (*Group Of Picture*), siendo el patrón GOP específico en el período básico de codificación y debe iniciarse o comenzar con la trama I. Igual patrón de codificación es usado repetidamente en la duración de la secuencia del video, donde con cada nueva trama I comienza un nuevo GOP. El codificador de secuencias de entradas consiste en una serie de tramas, donde un algoritmo de compresión es usado para reducir la velocidad de transmisión de los datos antes de ser transmitido la trama de video sobre la red de comunicaciones. Esto se efectúa dado la redundancia espacial y temporal de información contenida en las tramas de video.

La compresión se realiza utilizando tres tipos de tramas, eliminando la redundancia en ellas. En las tramas de video, la redundancia puede estar dentro de una trama de video o entre las tramas próximas cercanas. Los métodos de compresión pueden ser simétricos o asimétricos. En el caso particular del método de compresión para las señales MPEG estos son simétricos, siendo utilizada la técnica denominada Codificación de Intra-Trama¹⁷, donde cada trama de señal de video es individualmente codificada. En este esquema de codificación MPEG, las secuencias de tramas están divididas en Grupo de Imágenes GOP, cada GOP es caracterizado por las tramas llamadas I, P, B^[Martin, 1.995], estas últimas tienen un comportamiento de explosión repentina o de alta variabilidad, debido a los cambios frecuentes en las escenas y movilidad.

¹⁷ Está formado por la capa de secuencia de video, la cual contiene los parámetros tales como el tamaño de las tramas de video, velocidad de trama, la velocidad de transmisión binaria. Dentro de una secuencia esta el GOP (Group of Pictures), la secuencia esta dividida en una serie de GOP, donde cada GOP contiene trama de Intracódigo (I-frame), seguido por un arreglo de código hacia delante predictivo denominado trama (P-trama), y un código bidireccional predictivo, código interpolativo, trama (B-trama).

Como resultado se han establecido por la ISO/IEC, dos estándares de compresión de video, con el objetivo de reducir los requerimientos de ancho de banda para la transmisión de las señales de video con niveles aceptables de Calidad de Servicio en las redes existentes.

- **MPEG-1:** [ISO/IEC 11172, 1.993]. Es el estándar para codificar películas o videos en movimiento con el audio asociado hasta velocidades de 1,5 Mbits/segundo, La calidad de servicio alcanzada con este tipo de señal es similar a la calidad de un VHS, con aplicaciones principalmente en multimedia y videoconferencia de PC a PC. Es un algoritmo de compresión de video, con la finalidad de almacenar y transmitir video. Este algoritmo es una codificación Inter-Trama, que aprovecha la redundancia espacial y temporal de las señales de video para la compresión de la señal. Las tramas se pueden dividir en tres subtipos de tramas: I, P, y B.
- **MPEG-2:** [ISO/IEC 13818, 1.994] Este estándar es una extensión del estándar MPEG-1. Es el estándar para codificar video comprimido con alta calidad, para operar inicialmente a velocidades comprendidas entre 2,048 Mbits/segundo y 15 Mbits/segundo, pudiendo llegar hasta velocidades de 100 Mbits/segundo. Este estándar dentro de sus bondades es el que permite la transmisión de señales de video o TV.

Las señales MPEG-2 (y MPEG-1) utilizan el algoritmo de Transformada Discreta del Coseno DCT (*Discrete Cosine Transform*), para transformar un bloque de píxel de 8x8 en un Código de Longitud Variable VCL (*Variable Length Codes*). Donde el Código de Longitud Variable, es una representación de los coeficientes de cuantización del algoritmo DCT.

Como ya se ha menciononado, la compresión de una señal MPEG produce tres tipos de tramas: código Intra Trama(I), Tramas predictivas (P), y tramas Bidireccionales (B), producidos en la siguiente secuencia: IBBPBBPBBPBBPBB, donde la trama I es codificada una vez y al comienzo de la longitud de la escena. Los tamaños de los tres tipos de códigos de tramas siguen una distribución Logaritmo Normal (Log-Normal). El número de celdas para cada una de las tramas sigue una distribución Log-Normal con diferentes medias y desviación estándar, donde la función de densidad de una función Log-Normal, viene expresada por la siguiente expresión,

$$f_x(x) = (1/\sqrt{2\pi\sigma})x^{-1} \text{EXP}[(\ln x - \mu)^2/2\sigma^2]$$

donde $x > 0$, y representa el numero de tramas en una celda de ATM.

A continuación se define cada uno de los tipos de tramas:

- Trama I (Intertrama): Solo son codificadas las informaciones de las tramas actuales, es decir solo utilizando la imagen disponible de la trama actual. En virtud que las tramas del tipo I representan la imagen completa, y provee una referencia completa para los otros dos tipos de imágenes en la secuencia de la señal MPEG. Las señales MPEG, son codificadas utilizando un código de intertrama, que presenta un bajo nivel de compresión por sí misma. La codificación esta basada en una Transformación Discreta de Coseno DCT
- Trama P(Predictiva): Este tipo de trama usa una codificación similar a la codificación de las tramas I, pero adiciona una compensación de movimiento con respecto a las tramas previas de I o P y esta es usada para alcanzar una compresión adicional. En una escena el numero de tramas P es mayor que el numero de tramas I y en consecuencia son codificadas a una mayor velocidad alcanzando una mayor compresión que las tramas I. Esta predicción esta representada por una predicción hacia delante y es indicada en la Figura No. 8 por las flechas superiores.

- Trama B (Interpolación Bidireccional): Son similares a las tramas P, pero contiene información de la compensación de la movilidad de las tramas previas o las próximas tramas I o P. Una característica de esta trama permite la interpolación entre las tramas I y P con el fin de eliminar la redundancia temporal. Las tramas del tipo B toman mayor tiempo en ser codificadas, pero ofrece mayor nivel de compresión. Esta predicción bidireccional está indicada en la Figura No. 8 por las flechas inferiores y superiores.

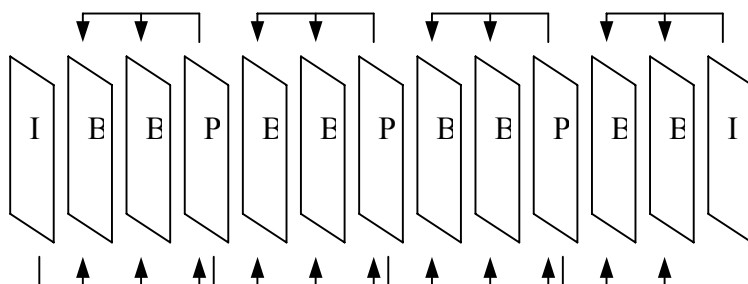


Figura No. 8. Secuencia de las Tramas-Video. Ejemplo

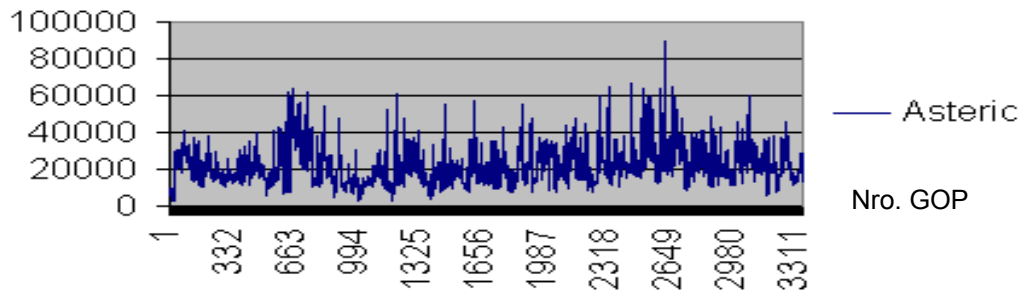
En promedio, las tramas tipo I son las más grandes en tamaño, continúan las tramas P, y le siguen las tramas B. Los tipos de tramas ocurren con un patrón de período fijo y es el inverso de la velocidad de las tramas. El tiempo de arribo entre las tramas para el estándar de video europeo es de 40 mseg (24 tramas/seg) y para el estándar americano el tiempo de arribo entre las tramas es 33 mseg. (30 tramas/seg). Sin embargo para una videoconferencia donde se requiere una calidad aceptable de servicio podría obtenerse velocidades de 5 a 15 tramas/seg, donde el valor mas comúnmente utilizado por los equipos es de 12 tramas/seg (83 mseg/trama)

El análisis de los tráfico, implica problemas de diversa índole como: el tipo de trazas de video a seleccionar; la velocidad promedio a largo plazo; y la velocidad máxima a corto plazo. En el caso de velocidad máxima, representado por I/t , el retardo en la red será mínimo, sin embargo los máximos de velocidad solo suceden en períodos muy cortos de tiempo, luego una asignación de recursos a través de estos parámetros haría una sobre

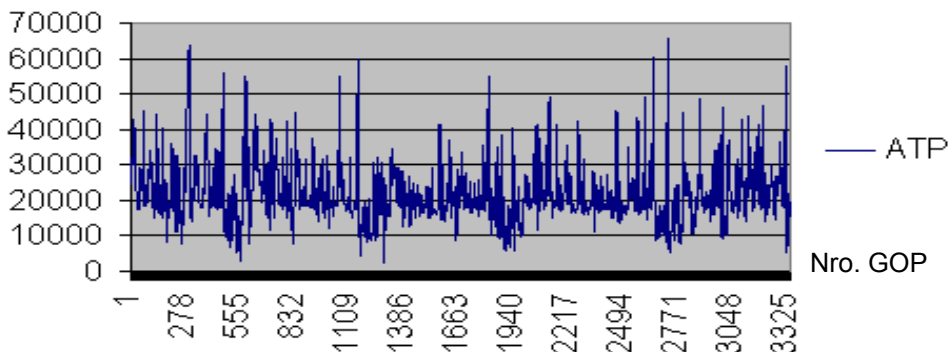
asignación de recursos de la red. Para el caso de seleccionar el promedio de la velocidad del servicio es $(I + P + 2B) / 4t$, el porcentaje de utilización de la red es alto, pero a un costo muy alto de retardo de la señal. El objetivo fundamental es seleccionar un valor promedio entre los valores, o seleccionar una velocidad promedio en diferentes escalas de tiempo. El MPEG transmite una velocidad I/t en un período corto de tiempo, pero debe mantener el promedio en un valor $(I+P+2B)/4t$, en el período $4t$.

Para posterior análisis estadístico y modelaje de las señales MPEG, a ser desarrollado en el capítulo III, se utiliza un conjunto de datos públicos ubicados en Internet (<ftp://ftp.cs.umass.edu/pub/net>), que abarca un espectro de secuencias de señales MPEG, las cuales son una muestra representativa de las mismas. A continuación se grafican el comportamiento de algunas trazas de video MPEG encontradas en la dirección mencionada:

Bit/GOP



Bits/GOP



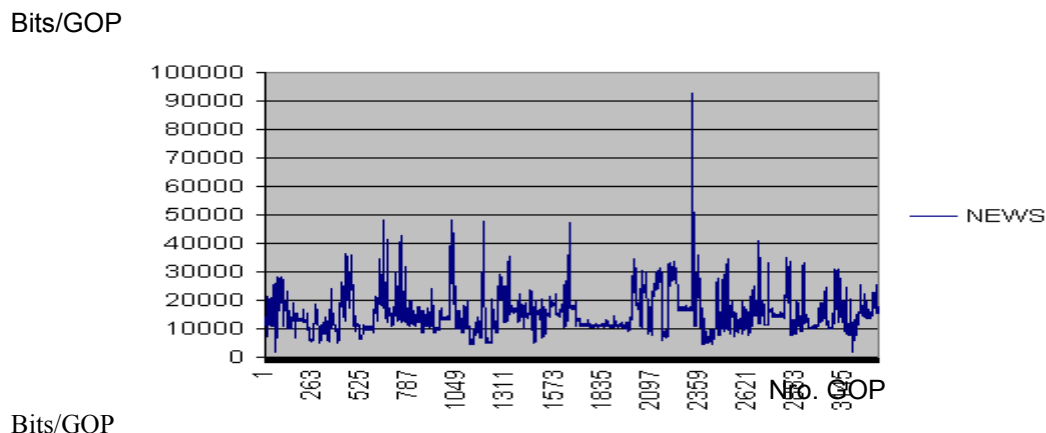


Gráfico No. 3. Comportamiento. Trazas de Video MPEG. Ejemplos

2.4.1 Características del Tráfico de Video

Los modelos MPEG siguen un patrón de comportamiento al modelo de Markov^{18, 19, 20} particularmente del tipo fuentes ON-OFF. En el área de las telecomunicaciones, y en especial en las redes de ATM, los modelos exponenciales OFF-ONN, son útiles para analizar el comportamiento de las redes. Este tipo de modelo puede ser definido como un modelo markoviano de dos estados, de gran utilidad para estudiar el comportamiento de los tráficos de alta variabilidad, a nivel de ráfagas y de celdas, motivado a que los mismos pueden ser representados mediante dos estados: OFF y ON. Se puede generalizar entonces que el comportamiento es similar para las distintas fuentes generadoras de información o de tráfico (Voz, Datos, y Video) que componen un sistema de ATM [Woodruff, 1.990]. En este

¹⁸ Ver artículo de Abdelnaser Adas, "Traffic Models in Broadband Networks", IEEE Communications Magazine, July 1997. En este artículo se da una revisión de los distintos modelos de tráficos utilizados en las redes de telecomunicaciones y específicamente los modelos de Markov de dos estados en detalle.

¹⁹ Victor S. Frost & Benjamin Melaned, "Traffic Modelling for Telecommunication Networks", IEEE Communication Magazine, March 1994. Este trabajo llega a la conclusión que los modelos de tráfico son una herramienta clave para simular redes de comunicación, a tal fin analiza diversos modelos de tráfico. Específicamente analiza los aspectos básicos del modelo de Markov de dos estados.

²⁰ Lu, Y., Petr, D., & Frost, V., "Survey of Source Modelling Techniques for ATM Networks", Dept. of Electrical Eng. And Computers Science, Technical Report TISL-10230-1, Sept 1993. Estos autores

tipo de modelos de estados, uno de los estados representa el estado activo y el otro estado de inactivo. Los parámetros a considerar en un tráfico de video son: Velocidad Máxima Binaria P (Bits/segundo, Peak Bit Rate), Velocidad Promedio Binaria A (bits/segundos) A, y la Longitud Promedio de la Ráfaga B (bits/segundo), donde el valor A/P significa la relación entre el promedio y el máximo de la velocidad binaria. La unidad de tiempo, es el tiempo para transmitir una celda en un enlace. En un estudio realizado por Hyman, propone un modelo para una simple fuente de video, el cual utiliza tres parámetros, y cuyos valores obtenidos ^[Hymán, 1.991], para un primer modelo son los siguientes:

Modelo de Hyman Modelo I

- Duración de la trama fija: $T_{\text{trama}} = 62,5$ mseg.
- Velocidad de transmisión máxima: $PBR = 10$ Mbseg
- Promedio de estado activo: $T_{\text{on}} = 25$ mseg.

Durante el período activo la fuente emite celdas a una tasa de Velocidad Binaria Máxima PBR. El período activo T_{on} , es una Variable distribuida Uniformemente entre $T_{\text{min}} = 10$ mseg y $T_{\text{max}} = 40$ mseg. Al final del período activo, el emisor deja de emitir celdas durante la duración de la trama ($T_{\text{trama}} - T_{\text{on}}$). La Velocidad Binaria Promedio MBR del emisor es

$$MBR = (T_{\text{on}} / T_{\text{trama}}) * PBR = 4 \text{ Mbits/segundo.}$$

Si se transmite K fuentes de video, las mismas se distribuyen uniforme en el intervalo T_{trama} / K milisegundos.

Para un segundo modelo, los parámetros son los siguientes:

Modelo de Hyman Modelo II

analizan el comportamiento del modelo de Markov de dos estados, para modelar traficos de voz, datos y video.

- Duración de la trama fija: $T_{\text{trama}} = 62,5 \text{ mseg.}$
- Velocidad de transmisión máxima : $\text{PBR} = 50 \text{ Mbseg}$
- Promedio de estado activo: $T_{\text{on}} = 5 \text{ mseg.}$

Durante el período activo la fuente emite celdas a una tasa de Velocidad Binaria Máxima PBR. El período activo T_{on} , es una Variable distribuida Uniformemente entre $T_{\text{min}} = 2 \text{ mseg}$ y $T_{\text{max}} = 8 \text{ mseg}$. Al final del período activo, el emisor deja de emitir celdas durante la duración de la trama ($T_{\text{trama}} - T_{\text{on}}$). La Velocidad Binaria Promedio MBR del emisor es:

$$\text{MBR} = (T_{\text{on}} / T_{\text{trama}}) * \text{PBR} = 4 \text{ Mbits/segundo.}$$

Si se multiplexa k fuente de video, estas en conjunto tiene una distribución Uniforme en el intervalo de la trama T_{trama} / K milisegundos.

Otra consideración para estudiar las señales de video, es que pueden ser representadas [Maglaris, 1.988], por un modelo Autoregresivo de orden uno, es decir un AR(1).

$$K_n = A K_{n-1} + B w_n$$

Donde K_n es la velocidad de transmisión de una fuente de video de n -ésima trama de la señal, y w_n es una fuente aleatoria gaussiana, A y B son constantes y w_n tiene media n y una varianza igual a uno.

Por otro lado este autor, indica que las señales de video del tipo MPEG, pueden ser modeladas a nivel GOP, a través de una distribución Gamma o Log-Normal, por lo que unidad básica a utilizar será a nivel de GOP [Heyman, 1.992], dado que enfocarse en el ámbito de nivel de tramas implicaría la estimación de un gran numero de parámetros para cada uno de los tipos de tramas, así como realizar un análisis por separado de cada uno de ellos. El promedio del tamaño de las tramas tipo P son dos veces el tamaño de la trama tipo B y una tercera parte del tamaño de la trama tipo I. Los tipos de tramas ocurren con un patrón de

comportamiento de período fijo. En estas secuencias el patrón es 12 o 15, para el patrón de 12 la secuencia es IBBPBBPBBPBBI.

Los distintos tipos de tráfico de video tienen características propias²¹, donde las velocidades promedios de las trazas de video van desde una velocidad binaria promedio de 101 Kbps hasta velocidades promedios de 6,67 Mbits/segundo, para tramas de videos tipo películas. En la siguiente tabla se resume las velocidades binarias promedio para los diferentes tipos de señales de video MPEG:

Aplicación	Velocidad de transmisión
Películas – Filmes	2 a 4 Mbits/segundo
Entretenimiento	3 a 6 Mbits/segundo
Transmisión de TV	3 a 8 Mbits/segundo
Otras aplicaciones	4 a 15 Mbits/segundo

Fuente : Intelsat

Tabla No. 4. Velocidades Binarias por Servicios

Por otro lado, se han reportados análisis donde se determina que una de las características clave del comportamiento de las tramas de video bajo el modelo MPEG, es que tienen un comportamiento estadístico de exponenciabilidad^{[Abdelnaser, 1.997],[Frost, 1.994],[Lu, 1.993]}, comportamiento similar al tráfico Internet. Otra característica básica de las señales de video, está relacionada con la escala de tiempo, dado que las señales MPEG muestran estadísticas distintas, en cada uno de los niveles relacionados, es decir en cada uno de los niveles: celdas, tramas, escenas y a nivel de GOP. Donde un grupo de celdas forma una *slice*, un grupo de *slices* forman una trama y un grupo de tramas forman una escena.

La seguridad de modelar una señal del tipo de servicio Velocidad Binaria Variable VBR, es fundamental para desarrollar una red con una Calidad de Servicio predefinida, con una eficiencia en los costos por uso de red. Generalmente son usados dos tipos de tráfico de videos: la videoconferencia y MPEG tramas de video, donde la videoconferencia no tienen

²¹ Ver [Arlitt, 1.995, op. cit], [Garg, 1.995]

demasiados cambios de escena, solo tiene un rango muy bajo de movimiento de los actores.

Hasta los momentos, entre las características básicas de las señales de video MPEG, tenemos:

- El tiempo de arribo entre tramas es inverso a la velocidad de tramas y es constante.
- Una velocidad de 24 a 30 trama/segundo produce una alta calidad de video. Para una videoconferencia donde se requiere una calidad aceptable de servicio, podrían obtenerse velocidades de 5 a 15 trama/segundo, donde el valor mas comúnmente utilizado por los equipos es de 12 trama/segundo (83 mseg/trama).
- El número de celdas por trama sigue una distribución Gamma [Heyman, 1.992 , op. cit].

En el caso particular de las señales de video del tipo videoconferencia vía telefónica, la misma está basada en la recomendación H. 261 de la UIT-T [Murphy, 1.994], donde las principales características del codificador utilizado para este tipo de transmisión de video tomando en cuenta esta recomendación, son las siguientes:

Parámetros	Codec de Una Capa (256 Kbps)
Velocidad Binaria Promedio MBR (Kbps)	222
Velocidad Binaria Mínima (Kbps)	33
Velocidad Binaria Máxima PBR (Kbps)	732
Relación MBR/PBR	3,3
Desviación Estándar	Media

Tabla No. 5. Videoconferencia. Características Codificador UIT-T. Recomendación H.261

Este estándar permite manejar velocidades de transmisión que van desde 64 Kbps (Baja QoS de video) hasta 2,048 Mbits/segundo (Alta QoS de Video), pasando por una velocidad comúnmente dedicada a la videoconferencia la cual es 384 Kbps, adicionalmente la velocidad de transmisión comprimida es de 222 Kbps. El máximo de bits transmitido por este tipo de Codec es 750 Kbps, sigue una distribución Uniforme.

2.5 Tráfico de Datos

El tipo de tráfico dedicado al servicio de datos en los últimos años esta influenciado por el tráfico del tipo WWW (*World Wide Web*) o Internet²² [Arlitt-2, 1.995], dado que el comportamiento y evolución de los usuarios de Internet es el principal componente de las redes actuales. El crecimiento de los clientes de Internet, tiene un impacto significativo en el comportamiento de la red y los servicios, además de ser el principal componente de las redes actuales, ya que la evolución de este tráfico está creciendo mas rápidamente que el resto de los servicios y en consecuencia las características de Internet son fundamentales^[Vicari, 1.997] para los estudios de simulación de las actuales y futuras redes de alta velocidad B-ISDN. Por otro lado, los operadores deben estar en capacidad de ajustar sus redes actuales al crecimiento de la demanda. Tales descripciones del tráfico deben estar basadas en medidas del tráfico real, sin embargo para el presente estudio se recurre a estudios realizados en la comunidad científica y académica para la obtención de datos que identifiquen y definan las principales características del tráfico de Internet.

Desafortunadamente no existen estudios que describan el comportamiento del tráfico de datos y en el caso particular, de tráfico de Internet. Se supone que el comportamiento de los tiempos de interarribo entre las conversaciones de tráfico de datos, tienen un

²² Ver K.G. Coffman & Andrew Odlyzko, "*The Size and Growth Rate of the Internet*", *Journal on the Internet*. En este articulo se afirma que el tráfico de voz tiene una crecimiento anual del 8 %, con un 33% de utilización de los enlaces, adicionalmente se señala que el crecimiento del tráfico dedicado a los servicios datos crece a una tasa interanual del 15% al 20 %, y la tasa de crecimiento de uso de Internet crece a un promedio interanual del 100%. Los autores afirman que si la tendencia continua, para el año 2.002, la capacidad de los sistemas de telecomunicaciones dedicados al tráfico vía Internet sobrepasará la capacidad dedicada para transmitir voz y servicios de datos dedicados.

comportamiento Exponencial^[Danzing, 1.995, op. cit] similar a los tiempos de arribo de las conversaciones telefónicas, en las cuales está comprobado que en este tipo de tráfico los tiempos de interarribo entre llamadas telefónicas sigue una distribución Exponencial con un valor Lamda (media de interarribo), que depende de la hora del día y del volumen o nivel de actividad del emisor o del tráfico.

Por otro lado se señala que un emisor de datos sigue una distribución de Poisson^[Hyman, 1.991, op. cit], que puede ser representado por un modelo de Markov de dos estados. Este modelo está formado por tres parámetros: Longitud Promedio de las Ráfagas B (*Average Burst Length*), Máxima Velocidad Binaria PBR (*Peak Bit Rate*) o Máxima Velocidad de Celdas PCR (*Peak Cell Rate*) y la Velocidad Binaria Promedio MBR (*Mean Bit Rate*) o su equivalente en celdas Velocidad Promedio de Celdas MCR (*Mean Cell Rate*). En un estudio publicado por Arlin y otros autores^[Arlitt-3, 1.995], basados en seis conjuntos de datos²³, los autores logran definir el comportamiento del tráfico de Internet, que se repite aproximadamente en los seis conjuntos de datos, y que podrían representar el comportamiento universal de los servidores WEB en Internet, dentro de las características se encuentran:

Características	Observación
Tipos de Archivos	Los archivos tipos HTML, y de imagen representan del 90 al 100% de las solicitudes de conexiones
Tamaño de los archivos	Los tamaños de los archivos siguen una distribución de Pareto con $0,40 < a < 0,63$
Concentración de las referencias	El 10% de los archivos accedados representan el 90% de las solicitudes de cualquier servidor v

²³ En el estudio realizado por estos autores para caracterizar el comportamiento del tráfico de los servidores, se utilizó bases de datos públicos de tráfico Internet. Dentro de los conjuntos de datos analizados se encuentran en NSFNET Statistics: <ftp://ftp.nic.merit.edu/statistic/nsfnet>. Otra fuente de información de tráfico Internet se encuentra en Internet Traffic Archive (ITA), <http://town.hall.org/archives/pub/ITA>

	90% de bytes transferidos.
Tamaño promedio de los archivos transferidos	El tamaño promedio de los archivos transferidos es ≤ 21 Kilobytes. El Coeficiente de Variación varía entre (3,45 ; 11,19)

Fuente : Martin F. Arlitt, Ying Chen, Remi J. Gurski & Carey L. Williamson, “Traffic ATM-TN Telesim Project: Design, Implementation, and Performance Evaluation”. In Proceedings of the 1995 Summer Computers Simulation Conference , Ottawa, Canada, July 24-26, 1995.

Tabla No. 6. Tráfico WEB. Características de Comportamiento

En Arlit^[Arlitt, 1.995, op. cit], se define que las principales características empíricas de este tipo de tráfico vienen dadas por los siguientes parámetros:

- **Sesiones:** Es el número de veces que una persona interactúa con una computadora personal PC, para la búsqueda de información. Las sesiones pueden durar horas.
- **Conversación.** La conversación consiste en un intercambio bidireccional de información o de paquetes de información. Una conversación completa corresponde a una página completa de la WEB.
- **Numero de conversaciones por sesión:** Es el promedio de conversaciones iniciadas y completadas durante una sesión, dada la amplia variabilidad de usuarios de Internet es difícil estimar un valor del parámetro. Para simplificar se asume un valor promedio de 50 conversaciones por sesión y el mismo tiene un comportamiento Geométrico.
- **Destino de las conversaciones:** Un cliente puede generar en una simple sesión una o más conversaciones con diferentes computadoras en la Internet. Cuando una conversación es establecida con un destino en particular, existe una fuerte tendencia que la mayoría de las conversaciones siguientes tengan el mismo destino. Existen estudios empíricos donde se estimó que la probabilidad de que

una conversación continué en el mismo destino es aproximadamente igual 0,36.

- **El tiempo de arribo entre conversación:** Es el tiempo que existe entre una conversación finalizada y el arribo de la próxima conversación. En las mediciones realizadas por los autores en los seis conjuntos de datos, se encontró que este parámetro tiene un comportamiento Exponencial e independiente, donde el valor promedio es de 33 segundos. Un modelo de Poisson puede ser utilizado para estudiar este parámetro.
- **Numero de conexiones por cada conversación:** El valor de la media encontrado en estudios empíricos es de 2,5 y la misma sigue una distribución Geométrica.
- **Tiempo de arribo de respuesta de cada conversación:** Mediciones realizadas por los autores, encontraron que los tiempos de las llegadas de las conexiones de arribos de las respuestas siguen un comportamiento exponencial e independientes entre ellas, en consecuencia un modelo simple Poisson puede ser utilizado para analizar su comportamiento. El tiempo promedio entre llegadas de las conexiones de arribo de respuesta es de 0,5 seg.
- **Numero de bytes a ser transferidos en cada dirección durante la conexión:** Medidas de tráfico indican que la fuente o el originador de la sesión envía en promedio 1.136 bytes y destino en respuesta envía desde cientos de bytes hasta varios Megabytes (Desde 14,380 KBytes hasta 2,2 Megabytes). La fuente de tráfico es modelada por una distribución Normal.

La revisión de la literatura²⁴, permite elaborar la siguiente tabla resumen con las principales características del tráfico de Internet:

²⁴ Ver [Jordi, 1.995] [Karlsson, 1.997], [Karlsson-2, 1.997], [Vicari-2, 1.998], [Danzing, 1.995, op. cit]

Característica	Descripción
Distribución entre arribo entre sesiones	Exponencial
Duración sesión	20 o 32 Minutos con CV =3,0
Tiempo promedio de interarribo entre sesiones	4 segundos
CoV de tiempo de Interarribo	3,0
No. De conversaciones X sesión	50 Conversaciones (Geométrica)
Probabilidad de utilizar el mismo destino de las conversaciones	0,36
Numero de conexiones por conversación	2,5 (Geométrica)
Tiempo entre conversaciones	43,5 Exponencial - Poisson con CV =2,5
Tiempo de arribo de respuesta	0,5 segundos
Tamaño de los Bytes transferidos por cada conexión (Rx)	Desde 14,38 Kbytes a 2,2 Mbytes (Normal). con un CV = 3,2
Tamaño de los Bytes transferidos por cada conexión (Tx)	1.136 Bytes

Tabla No. 7. Tráfico Internet. Características de Comportamiento. Resumen

En conclusión, uno de las mayores bondades de las redes ATM, es su capacidad para transportar tráfico con un comportamiento caracterizado por envío de ráfagas de información, característica fundamental del tráfico actual. Así, este capítulo, analiza desde el punto de vista teórico el comportamiento de los tres tipos de tráfico más representativos de los servicios de telecomunicaciones actuales, cursados en las redes, para luego poder desarrollar modelos generadores de fuentes de tráficos sintéticas confiables, con un comportamiento lo mas similar al tráfico real, a través de procesos de simulación en el área de redes de comunicaciones.

Merece mención especial, el comportamiento del tráfico de video, dado que es el tipo de tráfico o aplicación que requiere con mayor intensidad ancho de banda, además de su alta variabilidad en el volumen requerido en períodos cortos de tiempo, característica que influye en la planificación de las redes hoy en día. En el caso del tráfico de datos, el mismo

está influenciado por el boom de Internet. Los distintos comportamientos en los tráficos, pueden originar diferentes efectos en el flujo de los mismos a través de una red ATM, lo cual cambia el paradigma tradicional para el dimensionamiento de las redes de comunicaciones.

Capítulo 3

Modelos de Simulación. Tipos de Tráfico

3.1 Introducción

Este capítulo trata los principales aspectos que involucran el uso de la herramienta de simulación. El proceso de ejecutar un proyecto de modelaje de simulación, abarca aspectos que van más allá del simple hecho de modelar y ejecutar el mismo. El objetivo fundamental es caracterizar, analizar y comprender el comportamiento del sistema en estudio, para poder realizar toma de decisiones eficiente en función de los resultados obtenidos.

3.2 Modelos de Simulación. Introducción de modelos de simulación como una herramienta para el análisis

Un modelo es una abstracción y aproximación de una realidad, donde el modelo puede ser conceptual o físico. La simulación es una poderosa herramienta, que ha sido definida como el proceso de formular un modelo matemático o modelo lógico de un sistema real, con un objetivo fundamental^[Steins, 2001], el cual es, la construcción correcta del modelo mismo, manteniendo en lo posible las mismas condiciones de entrada del sistema en estudio, y que represente con la mayor seguridad posible la transformación de entrada-salida, para luego, mediante experimentos realizados a través de computadoras del modelo propuesto, se logra el objetivo de analizar, describir, explicar, y predecir el comportamiento del sistema real. El modelo debe simplificar el análisis del sistema bajo investigación, con el propósito de ayudar a diseñar, controlar y entender un sistema, sin tener la necesidad real de construir desde el punto de vista físico el sistema mismo^[Saulnier, 1.994]. Un aspecto a considerar en un modelo, es la construcción a nivel macro de una aproximación o una simplificación de los principales supuestos que componen el sistema, sin entrar en un sobredimensionamiento o sub dimensionamiento del modelo a nivel de detalles.

Es así, que el objetivo de la formulación de un correcto modelo, es que posea la capacidad de ser preciso para realizar buenas predicciones. La precisión del mismo para transformar los problemas del sistema en una serie de especificaciones que puedan ser transformadas en un programa ejecutable, ya que los modelos en cualquier campo, son modelos conceptuales y los mismos pueden ser implantados a través de modelos de simulación computacionales^[Law, 1.994]. Otra consideración de interés cuando se realiza un modelo de simulación, es que debe poseer la capacidad de poder adaptarse a los cambios, en consecuencia ajustar o refinar el modelo. Un requerimiento a nivel macro, es el tiempo requerido para el procesamiento de los datos relacionados con cada uno de los servicios prestados, es decir, la frecuencia y duración de los mismos u cualesquiera otra característica del sistema.

Los modelos de tráfico son usualmente aplicados para caracterizar y describir los patrones de comportamiento de una red con diferentes fuentes de tráfico. Dado que las redes de telecomunicaciones actuales son capaces de soportar servicios de telecomunicaciones en demanda, se hace necesario que los modelos de simulación particularmente para modelar las redes de ATM^[Goyal, 1.997], sean capaces de manejar las características de comportamiento de los potenciales servicios y en particular los seleccionados en el presente estudio. En consecuencia, es necesario una buena definición y diseño del modelo de tráfico en una red ATM, porque diseñar la red, nos permite estimar de forma eficiente y óptima la asignación de los recursos. La calidad deseable de un modelo está dado por el nivel de detalle establecido para definir la mejor partición del modelo, específicamente, es deseable construir un modelo que sea tan compacto como sea posible en términos de almacenamiento y/o procesamiento, sin perder de vista los objetivos, los resultados y la calidad esperada. En particular, la estrategia a seguir en el proceso de simulación de redes de telecomunicaciones de ATM, los cuales son sistemas costosos de construir, es clasificar y particionar en pequeñas unidades, pero a la vez en razonables unidades de tiempo, para luego ser utilizadas en paquetes computacionales de simulación discretos. Estos programas permiten generar los parámetros estadísticos del comportamiento, para poder rápidamente analizar y evaluar el comportamiento de un modelo de red de comunicación. Para evaluar la

potencia o la robustez del modelo, estos deben poseer la capacidad que permita realizar estimaciones del tráfico y describir analíticamente su comportamiento de las señales, la aproximación del tráfico de salida, por así decirlo, debe compararse con los datos reales de tráfico o con las distribuciones estadísticas teóricas del comportamiento del tráfico, es decir, es necesario validar y verificar el modelo, con el fin de determinar la existencia de errores en el modelo, si el mismo funciona adecuadamente, y no presente falla, además deben ser capaces de ajustarse y permitir la validación de su comportamiento. Esta última característica de validación permitirá simular tráfico con el modelo y que el tráfico generado se aproxime lo más cercano a la realidad.

3.3 Simulación de Redes ATM

La simulación de redes ATM puede ser un proceso tan complejo como se desee, ya que la simulación de estas redes requiere de un conocimiento interdisciplinario, es decir, se necesita de un conocimiento de la teoría estadística, simulación, y un conocimiento de redes de comunicación. Dada la complejidad de la simulación misma y para alcanzar el objetivo propuesto en el presente estudio, se plantea una red ATM simple a nivel de 2,048 Mbits/segundo. Adicionalmente, a los fines de simular redes ATM, se utilizó el programa de simulación de redes denominado COMNET III²⁵, en su Versión 1.1. El programa COMNET III, permite simular distintos tipos de redes de comunicación, entre ellas se encuentra las redes ATM, y poder así estudiar su comportamiento bajo diferentes tipos de tráfico y/o configuraciones. Un supuesto fundamental es que el presente estudio no se enfoca en los problemas de ejecución, de función o de comportamiento técnicos de las redes de ATM, porque considerar los mismos sería casi imposible desde el punto de vista práctico y podría desviar el objetivo propuesto de este estudio, razón por la cual existen aspectos técnicos de las redes ATM que no son considerados en el análisis.

²⁵ COMNET III, es una marca registrada de CACI Product Company

3.3.1 Necesidad de Simulación. Red ATM

La principal motivación para la elaboración del presente estudio viene por la existencia de un marco regulatorio de las telecomunicaciones en el país y en especial lo establecido en el Decreto Nro. 3.235, de fecha 29 de Enero de 1.999, donde se dicta el Reglamento de Interconexión, que establece las disposiciones relacionadas con las normas técnicas y económicas entre otras. En virtud de lo establecido en el mencionado reglamento, surge una necesidad en cualquier organización o empresa dedicada al negocio de las telecomunicaciones, de establecer una metodología o mecanismo para establecer esquemas de precios basados en los principios establecidos. En cualquier corporación de telecomunicaciones el área de relaciones comerciales internacionales es crítica, por existir además una competencia comercial abierta, donde los costos de la infraestructura dedicados a esta son elevados, y la configuración desde el punto de vista de topología de red es sencilla, en consecuencia la mencionada área se toma como referencia para el presente estudio. A manera de ejemplo, la región de Norteamérica concentra el 45% del tráfico telefónico internacional de Venezuela, y más del 80% del tráfico total de datos desde Venezuela, el cual incluye tráfico de Internet, videoconferencia y el tráfico de datos propiamente dicho, por lo que es posible establecer desde el punto de topología de red, rutas dedicadas punto a punto con diferentes empresas dedicadas al negocio de telecomunicaciones que en el caso particular de los Estados Unidos están representadas por algunas de las grandes corporaciones como son AT&T, MCI y US Sprint.

La metodología de la simulación ofrece flexibilidad para realizar distintos experimentos sobre un mismo modelo, con el objetivo de explorar un amplio rango de parámetros, que en este caso en particular, permite analizar cómo las características de los diferentes tipos de tráfico afectan el comportamiento de una red de ATM. Adicionalmente la selección de esta metodología, fue motivado a la indisponibilidad de poder trabajar sobre una red real de cualquier operador de telecomunicaciones y en consecuencia la obtención de datos reales del comportamiento de la misma, para realizar cualquier tipo de estudio del comportamiento de tráfico en esta área.

Las clases de tráfico seleccionadas representan y abarcan el espectro de servicio prestado por las redes actuales de ATM, y de un operador establecido en el país. En este apartado, a través de distribuciones probabilísticas teóricas conocidas, se emulan datos del comportamiento de los distintos tipos de tráfico, que luego serán almacenados en bases de datos para su posterior evaluación y análisis del modelo o modelos propuestos.

Existe en la literatura científica diferentes y complicados modelos estudiados para predecir el comportamiento del tráfico. En los mismos se presentan ejemplos de trazas de tráfico Ethernet en redes LAN y WAN²⁶, para predecir el comportamiento de tráfico, sin embargo estos modelos son útiles en la medida que los parámetros puedan ser estimados con exactitud y el tiempo de computación dedicado para su estimación sean los menos costosos. Siendo el objetivo básico de construir los modelos de tráfico artificiales el producir información capaz de reproducir características o estadísticas similares al comportamiento del tráfico real, y que su vez, permita definir la asignación adecuada de recursos (ancho de banda) en función de los parámetros de Calidad de Servicio (QoS) requeridos.

3.3.2 Supuestos básicos generales

La ventaja en cualquier sistema de simulación para representar el modelo a un nivel de agregación macro, es que permite reducir el tiempo, y simplificar el proceso de verificar, y analizar el modelo. Así, el construir una red simulada de ATM desde este punto de vista, debe estar basada en el supuesto de agregar y segmentar los flujos de tráfico que posean características similares.

El presente estudio se enfoca en una evaluación de la combinación de tres tipos de tráfico, que son lo más cercano a lo que sucede en la realidad.

²⁶ Ver [Leland 1991] [Leland 1993] [Paxson 1994] [Paxson 1995]

Entre los supuestos generales que deben ser tomados en cuenta al momento de realizar la simulación de una red ATM simple, a nivel de 2,048 Mbts/segundo, tenemos los siguientes

- La unidad de transmisión es la celda o paquete, como es definido en el programa COMNET III²⁷. El tamaño de una celda en ATM es de 53 bytes.
- Se utilizarán tres tipos de fuentes de tráfico: datos, video, voz. Cada fuente de tráfico es un submodelo con sus características propias.
- Para estudiar el comportamiento del tráfico de datos y de video se asume que los mismos pueden ser analizados mediante distribuciones continuas aunque se tratan de variables discretas.
- Se considera solo un enlace de transmisión entre dos puntos, lo cual libera de los detalles complicados de enrutamiento y permite enfocar en los principios económicos a evaluar para la formulación del esquema de precios.
- El enlace de 2,048 Mbts/segundo tiene una capacidad de transferencia de 4.830 celdas por segundo, con un tiempo de servicio de celdas de 0,0002 segundo. Sin embargo la capacidad real efectiva asignada a la transmisión de información en un enlace de 2,048 Mbts/segundo, es igual a un ancho de banda de 1.920 Kbps, equivalente a transmitir 30 canales telefónicos de 64 Kbps cada uno.
- La distribución de uso del enlace de 2,048 Mbts/segundo, estará basada en tres (3) escenarios o modelos:
 - Modelo 1:
 - Dos (2) fuentes de tráfico de voz soportados cada uno en enlaces con un ancho de banda asignado de 512 Kbps.

²⁷ Ver [CACI Product 1.995] [CACI Product 1.996] [CACI Product 1.998] [Falkner 1.998]

- Una (1) fuente de tráfico de datos soportado en un enlace con un ancho de banda asignado de 512 Kbps.
- Una (1) fuente de tráfico de video soportado en un enlace con un ancho de banda asignado de 768 Kbps.

- Modelo 2:
 - Dos (2) fuentes de tráfico de voz soportadas cada uno en enlaces con un ancho de banda asignado de 512 Kbps.
 - Dos (2) fuentes de tráfico de video soportados cada uno en un enlace con un ancho de banda asignado de 768 Kbps.

- Modelo 3:
 - Una (1) fuente de tráfico de voz soportada en un enlace con un ancho de banda asignado de 512 Kbps.
 - Tres (3) fuentes de tráfico de video soportados cada uno en un enlace con un ancho de banda asignado de 768 Kbps.

- Para determinar el ancho de banda, se deben considerar algunas propiedades del comportamiento de las fuentes de tráfico, como por ejemplo: Tiempo de Interarribos, definidos en COMNET III, como IAT²⁸, la razón Velocidad Binaria Máxima/Velocidad Binaria Promedio (Peak bit rate/Average bit rate), los tiempos de arribo de las ráfagas, etc.

- Dada las limitaciones operativas de la versión utilizada del COMNET III Versión 1.1, y específicamente el no poder generar y/o simular tráfico del tipo MMPP (*Markov*

²⁸ Para detalles de correspondientes a los tipos de fuentes o generadores de mensajes utilizados en el COMNET II, se recomienda ver las referencias: “COMNET and Network Planning”, CACI Products Company 1.998. CACI “COMNET Tutorial: A detail guide in modelling network with COMNET III”, CACI Products Company 1.996. “COMNET and Network Planning for Managers. Release 1.3”, CACI Products Company 1.995. y Falkner, Matthias, “Computer Communications. Introduction to the Networks Simulator COMNET III”, CACI Products Company, Sept. 1.998.

Modulated Poisson Process), se utilizará una aproximación para generar un tráfico con características similares, mediante del uso del icono “*Session Source*” del COMNET III versión 1.1, cuyo principal parámetro son los tiempos de interarribos entre llegadas servicios y el interarribos de mensajes. Todas las fuentes de tráfico son simuladas a través de este icono.

- Con la finalidad que el parámetro Calidad de Servicio del modelo a estudiar solo sea afectado por el volumen de tráfico cursado a través de él, se asume que el tiempo de procesamiento es cero en el multiplexor ATM hipotético y en cada uno de los elementos que componen el modelo de red ATM, y en consecuencia el retardo de tiempo asociado a estos procesos son cero. Además se asume que el modelo de red ATM tiene una disponibilidad del 100% del tiempo, es decir, cero fallas durante el período de simulación.
- Debido a los grandes volúmenes en los archivos de salida que produce el programa COMNET²⁹ y el tiempo de computación para simular los modelos de redes propuestos, se propone simular una sola corrida para cada una de las redes con un tiempo de corrida de 600 segundos. Debe tenerse presente que para estudios posteriores es necesario realizar un numero mayor de corridas por cada modelo propuesto.

3.3.3 Supuestos Específicos

Esta sección trata de estudiar en particular modelos de los tipos diferentes de tráfico a usar: tráfico de voz, tráfico de datos y tráfico de video. Las fuentes de tráfico son obtenidas de aproximaciones teóricas que tratan de describir el comportamiento de las mismas y en archivos públicos que contienen medidas del comportamiento de fuentes de tráfico en un período de tiempo que fueron localizadas en la Internet. Los modelos usados permitirán lograr un mejor entendimiento de las distintas propiedades que ocurren en los

²⁹ El tamaño promedio de cada uno de los archivos de salidas generados por las simulaciones de 10 minutos para cada uno de los modelos propuestos es de mas de 250 Mbits, con un tiempo de computación de mas de 15 horas.

diferentes tráfico y la mezcla de ellos en una red. El objetivo de utilizar los modelos es estudiar el comportamiento y cómo ellos pueden influir en un esquema de precios a proponer, además de poder evaluar diferentes escenarios de precios.

Para el análisis de cada uno de los tres tipos de tráfico se usará el siguiente modelo (Figura No. 9) de red simple para ser simulado a través del COMNET III para obtener los valores de los parámetros de comportamiento a ser utilizados posteriormente en los modelos que combinan las distintas fuentes de tráfico.

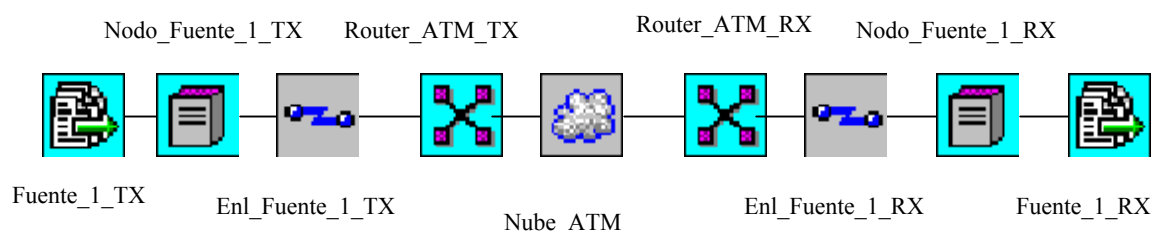


Figura No. 9. Modelo de Red Simple de Tráfico

El COMNET III, ofrece tres tipos de fuentes de tráfico, que son simplificaciones de aplicaciones reales. Las tres principales tipos de fuentes de tráfico [CACI Products 1.996, Obra citada] son:

- *Application Source*: Es un modelo generador de tráfico que trata de representar las tareas de una aplicación computacional en un sistema central de computación. Esto implica la representación de la secuencia de procesos: lectura, escritura, procesos, respuestas y todos los comandos necesarios en una aplicación dada.
- *Message Source*: Es un generador de mensajes basado en la unidad de mensajes definido como datagrama. Es usado para representar distintas formas de transmisión de datos, ejemplos de estos tipos de tráfico, tenemos: tráfico orientado de transacciones, correo electrónico y transferencia de archivos.

- *Session Source*: es un generador de tráfico que combina el comando “*Application Source*” con el comando “*Setup*”, para generar tráfico de múltiples mensajes, transmitidos en ráfagas (*Bursts*) de mensajes y donde los mensajes pueden ser previamente direccionados a través de circuitos virtuales (*Virtual Circuits*). Este generador es recomendado para generar los tráficos con comportamiento de ráfagas.

Los principales parámetros del *Session Source* tomados en consideración en el presente estudio, son:

- *Schedule by*: Define la modalidad de la secuencia de envío del mensaje o tráfico de la *Session Source*. Pueden ser dos tipos: por iteración de tiempo o por mensajes recibidos.
- *Arrival Time*: Esta relacionado con *Schedule By*, y significa el tiempo promedio de interarribo de los mensajes. Define el tiempo de comienzo de envío de un mensaje y el comienzo del otro. Los valores pueden ser fijos o pueden ser establecidos mediante distribuciones probabilísticas que son soportadas por el COMNET. En el caso de envío controlado por mensajes recibidos (*received message*), significa que el generador de tráfico representado por *Session Source* solo transmite mensajes de información cuando recibe la confirmación del destino del tráfico.
- *Interarrival*: Es el tiempo de llegadas entre mensajes. (Determinístico o probabilístico).
- *Msg/session*: Significa el número de mensajes que son transmitidos en una sesión. Puede ser definido mediante un valor fijo o mediante una distribución estadística.
- *Msg IAT (sec)*: Señala el tiempo de interarribo entre los mensajes que se suceden en una sesión.
- *Número de mensajes*: Puede ser definido mediante un valor fijo o mediante una distribución estadística.

- *Messages sizes*: Define el tamaño de los mensajes a enviar. Puede ser definido mediante un valor fijo o mediante una distribución estadística.

3.3.3.1 Tráfico de Voz

Un canal de voz utiliza un canal digital de velocidad 64 Kbps, lo cual equivale a una tasa de transferencia de 167 celdas aproximadamente, pero se debe recordar de apartados anteriores, que en promedio la voz está activa en un 35% de tiempo de una llamada, lo cual significa que para transmitir el tiempo efectivo de comunicación de voz se necesitan 58 celdas de ATM, cada una con 53 Bytes o octetos de información y de encabezados, que equivalen a 3.074 Bytes de información o equivalente a una velocidad de transmisión digital de 24,7 Kbps. Así mismo debemos tener presente que la duración promedio de una celda ATM en un enlace de 2,048 Mbits/segundo, es de 0,0002 segundos. De la información obtenida del comportamiento de un enlace internacional de voz de 2,048, se observó que el rango de llamadas en un período de tiempo de una hora, es entre 1 y 20 llamadas telefónicas en promedio (Ver Anexo B) y se utiliza un tiempo de interarribo entre las llamadas telefónicas con un comportamiento Exponencial.

En virtud de limitaciones técnicas de la versión utilizada del programa COMNET III, para producir tráfico que posean un comportamiento MMPP (*Markov Modulated Poisson Process*), se realizó una revisión de la literatura técnica, para averiguar una forma alternativa de generar tráfico de voz. Esta búsqueda arrojó la siguiente conclusión: el comportamiento del tráfico telefónico tiene un comportamiento de distribución Geométrica. Tao^[Tao, 1992] sostiene que el tráfico de voz tiene una velocidad binaria máxima de 64 Kbps, con un promedio de 22 Kbps con una longitud de burst de 22 celdas, donde las fuentes combinadas de voz en un enlace de 2,048 Mbits/segundo producen en promedio una tasa de 492 Kbps, con un máximo de 1.413 Kbps y asume que el número de celdas que se transmiten en el período ON tiene un comportamiento Geométrico, y en el período OFF tiene un comportamiento Hiperexponencial. En consecuencia, para el análisis propuesto se asume que el comportamiento del tráfico sigue una distribución Geométrica.

Para estudiar el tráfico de voz, se tomó como referencia el comportamiento de 6 rutas de telefonía internacional de un operador de larga distancia internacional, que pueden ser representativas del comportamiento del mismo. Cada ruta está asignada sobre enlaces de 2,048 Mbits/segundo. Los datos obtenidos del comportamiento de estas seis rutas a modo de estudio están basados en el mes pico, semana pico, día pico (Ver Anexo B). A continuación se grafica el comportamiento de dichas rutas:

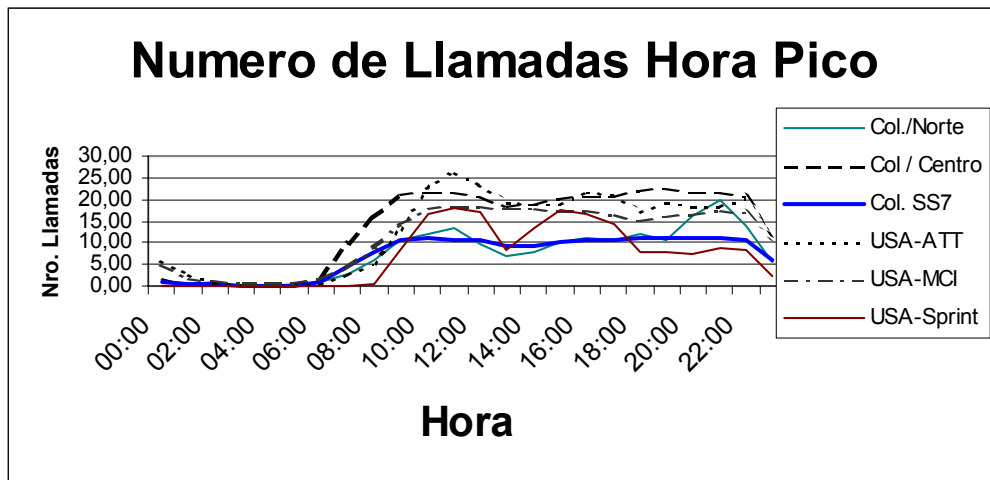


Gráfico No. 4. Comportamiento Tráfico Internacional. (2,048 Mbits /segundo).

Un día cualquiera de un operador de tráfico telefónico internacional.

Se observa el máximo de tráfico para las rutas estudiadas viene dado por la ruta de USA-ATT, con un valor de 26,43 llamadas simultáneas que se produce a las 11:00 AM, y en un valor mínimo de 0,3 llamadas simultáneas, que podría representarse como una llamada. Dado este comportamiento, se establece una subred que representa un (1) escenario del tráfico de voz o telefónico con la finalidad de simular el comportamiento de dicha fuente:

Escenario-Voz: El número de llamadas en un período cualquiera, se distribuye de acuerdo a una función probabilística Geométrica, con media de 6 llamadas telefónicas en un momento específico. Este valor supuesto es representativo del comportamiento en una ruta internacional con una capacidad de 2,048 Mbits/segundo (1,920 Mbits/segundo).

En la definición de una subred, para simular el tráfico de voz, se define un modelo de red dedicado a estudiar el comportamiento de voz, con un ancho de banda de transmisión de 512 Kbps, y un comportamiento de llegadas de llamadas telefónicas igual a lo descrito en el párrafo anterior, en una corrida de longitud de 200 segundos, con un período de calentamiento (*warmup*) de 20 segundos. Para simular el tráfico de voz mediante el programa COMNET III, se realiza un modelo de red simple, similar al de la Figura No.9, adicionalmente con una fuente generadora de tráfico, definida en el programa COMNET III, como “*session sources*”. En este simple escenario, se configuran distintos niveles de carga o de ocupación para transportar tráfico de voz en una ruta de transmisión internacional. Los resultados obtenidos de esta simulación simple son los siguientes:

- Total de bits transmitidos en el período de 200 segundos: 74.886 Kbits, igual a un promedio de 340,145 Kbits/segundo.
- Total de mensajes o llamadas transmitidas: 3.045.
- Número de llamadas promedio transmitidas: 15,375 llamadas/segundo.
- Promedio de bits por llamadas: 24,6 Kbits/segundo.

El resultado de la media de bits transmitidos por canal de voz simulado de 24,6 Kbits /segundo, comparado con el valor teórico de 24,7 Kbits/segundo, implica un error de 0,4%. Adicionalmente, los resultados indican, que el enlace maneja un máximo aproximado de 24 llamadas telefónicas, este resultado confirma el uso de equipos de multiplicación de circuitos digitales por parte de los operadores de telecomunicaciones. En el caso particular de un enlace de 512 Kbits/segundo, es posible manejar hasta un tráfico no mayor de 30 circuitos telefónicos a 64 Kbits/segundo. En el siguiente gráfico muestra el comportamiento del tráfico a lo largo del período en estudio de 200 segundos:

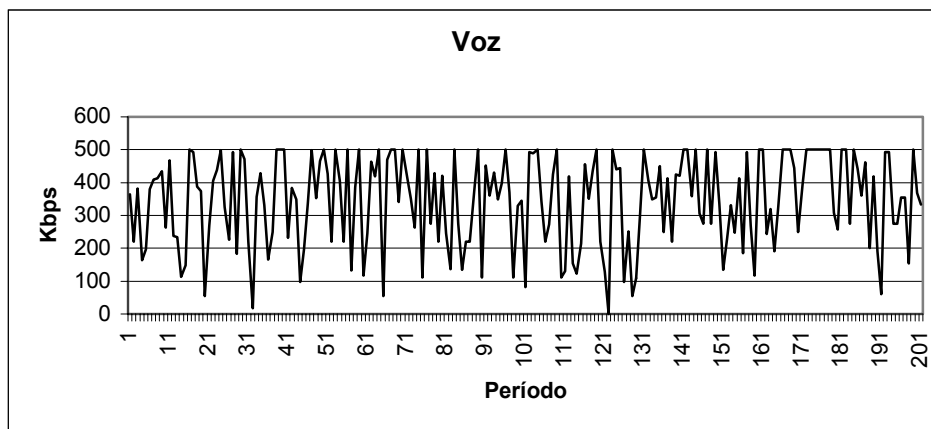


Gráfico No. 5. Traza Tráfico Simulado de Voz

Los datos utilizados en la definición del comportamiento del tráfico de voz en esta simulación simple serán los mismos a ser utilizados en el modelo de simulación que integra los distintos tráfico.

3.3.3.2 Tráfico de video

Para el estudio del comportamiento de las señales de video, se utilizaron trazas públicas de señales de MPEG (<ftp://ftp.cs.umass.edu/pub/net>) dado que actualmente el operador utilizado en este estudio no cuentan con registros o históricos del comportamiento de tipos de tráfico de video. En el caso del tráfico de video, el número de celdas que se transmiten viene dado por distribuciones probabilísticas, a una tasa de frecuencia de 1/25. El modelo de Histograma es el más simple modelo para caracterizar el proceso de determinar el número de celdas transmitidas en los GOP, el mismo es determinado de los datos originales. En el Anexo C, se ilustran las gráficas del tamaño de los GOP, y a través del uso de la técnica estadística P-P Plots, se demuestra que los modelos de histogramas proveen una buena estimación. En el mismo Anexo C, se observan las estadísticas generales a nivel de tramas y de GOP, del número de bits y celdas transmitidas de las distintas trazas de tráfico de video. En virtud de la capacidad del enlace en estudio que es de 2,048 Mbits/segundo (1,92 Mbits/segundo), se seleccionaron inicialmente las trazas de video correspondientes a: ATP, LAMBS, TERMINATOR y VIDEO_CONF., para generar trazas sintéticas de

tráficos, dado que ellas representan los tipos de video comúnmente transmitidos a través de los enlaces de transmisión.

En el análisis para determinar cual distribución de probabilidad mejor ajusta el comportamiento de cada uno de los tipos de videos seleccionados, se utiliza la técnica P-P Plots (Ver Anexo D) del programa de estadístico, SPSS®, cuyos resultados (Ver Anexo E) se presentan a continuación en la Tabla No. 8:

	ATP	MOVIE2	TERMINATOR	VIDEO_CONF.
Promedio(Celdas)	683,6	446,2	340,2	187,6
Mínimo(Celdas)	69,65	50,218	64,6875	144,656
Máximo(celdas)	2052,03	1776,97	1061,2187	372,9375
Desv. Estándar	255,37	224,6	117,64	32,47
Distribución Probabilística(1)	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
Parámetro "shape" (*)	7,166	3,9369	8,62	2,32

(1): La mejor distribución Probabilística que ajusta las trazas de video seleccionadas, se logró mediante el uso del programa estadístico SPSS.

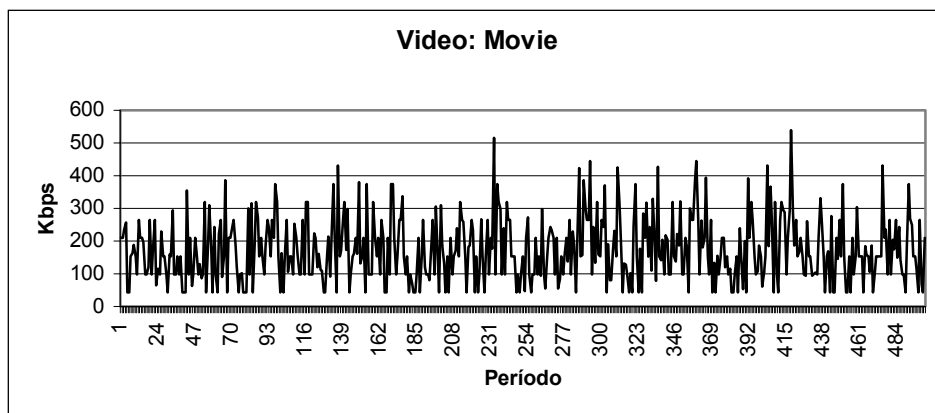
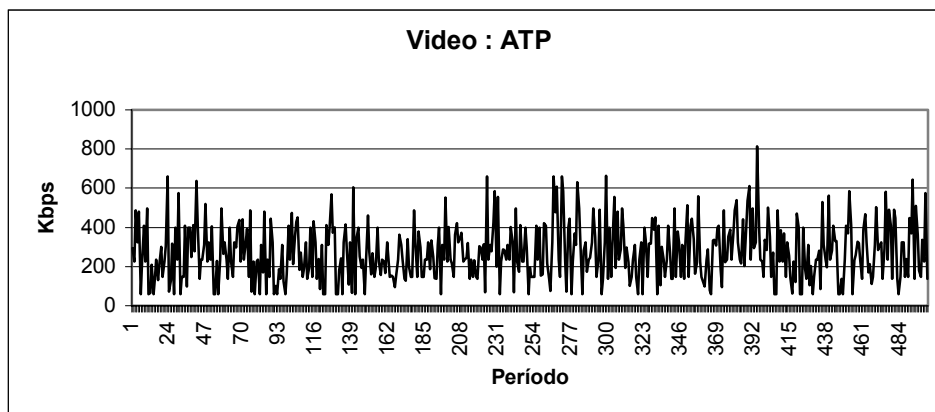
Tabla No. 8. Estadísticas Trazas de Video a Nivel de GOP

Los resultados alcanzados, confirman los obtenidos por D.P Heyman ^[Heyman 1.992, op. cit] y en consecuencia serán las distribuciones de probabilidad a ser utilizar para simular el tráfico de video en el modelo propuesto. Adicionalmente, con los parámetros arriba descritos, se simuló por medio del programa COMNET III, una subred simple de video(Ver Figura No. 9), con una capacidad del enlace de transmisión de 768 Kbits/segundos. Para estos tráfico, la longitud de la corrida se asume que será de 500 segundos, para analizar el comportamiento del tráfico de video basado en los parámetros. En la Tabla No. 9 (Ver Anexo F), muestra parte de los resultados encontrados:

	ATP	MOVIE2	TERMINATOR	VIDEO_CONF.
Promedio(Kbps)	262,700	171,514	130,819	72,241
Promedio(Kbps) Simulado	263,41	167,14	118,66	76,95
Error(%)	0,27%	2,56%	9%	6,5%

Tabla No. 9. Resumen Estadísticas de Trazas Simuladas de Video

En razón de las estadísticas básicas obtenidas de las trazas de videos previamente seleccionadas, las trazas de videos a ser utilizadas en el modelo son: ATP, MOVIE2, y VIDEO_CONF. En el caso particular de VIDEO_CONF, se toma la misma por ser la única traza disponible de este tipo de servicio.



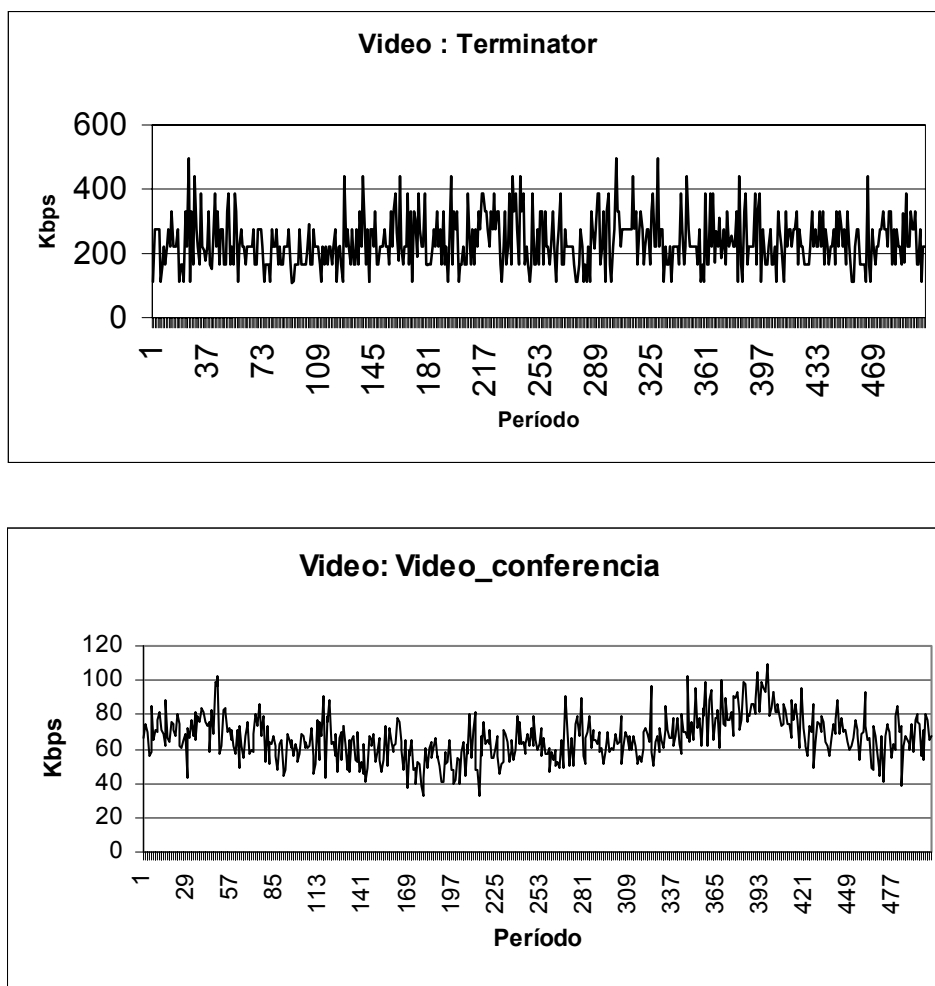


Gráfico No. 6. Trazas Simuladas de Video

3.3.3.3 Tráfico de datos

El volumen de tráfico de datos transmitidos en la actualidad está influenciado por Internet, que posee como característica principal su alta variabilidad, el cual ha impactado enormemente las redes de comunicaciones. Este comportamiento ha obligado a los operadores de redes, a tener en consideración este fenómeno y estar en capacidad de ajustar las redes actuales al crecimiento de la demanda de este servicio. Por eso, hablar hoy en día sobre la transmisión de datos es equivalente a hablar de Internet y viceversa.

Debido a la diversidad de usuarios y a la variabilidad del comportamiento de los mismos, los distintos escenarios ubicados en la literatura técnica dedicada a estudiar el comportamiento de Internet, fundamentalmente enfocados en el uso del mismo en el ámbito académico, se propone plantear un escenario empírico de 8.000 usuarios de Internet por cada enlace de 2,048 Mbits/segundo con manejo simultaneo de 256 clientes, lo cual es equivalente asignar un ancho de banda por cliente de 8.000 bits/segundo, equivalente a 19 celdas de ATM. Si, este estudio, se asigna un enlace de 512 Kbits/segundo dedicado al tráfico Internet, entonces bajo esta premisa se asume que el número de llegadas máximo de usuarios en un segundo que podría manejar esta capacidad es de 63 clientes, y sigue una distribución probabilística Uniforme.

Para validar el modelo de datos, se trata de simular un submodelo simple de datos con el programa COMNET, con una longitud de 200 segundos, lo suficientemente larga para lograr un estado de no variabilidad en el comportamiento de los parámetros básicos y para así generar una traza sintética, para luego ser analizada y tomada como referencia en el modelo que combina los tráficos.

El comportamiento simulado del tráfico de datos, se observa en el siguiente gráfico:

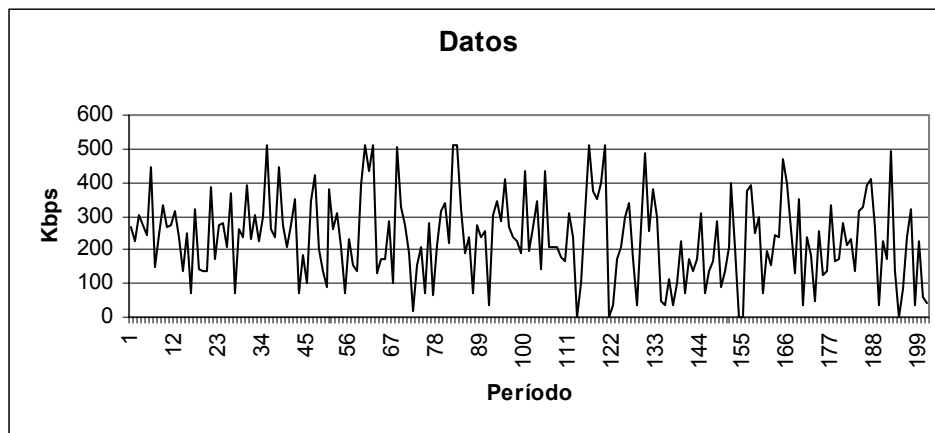


Gráfico No. 7. Trazas Simuladas de Datos

En el Anexo F, se observa la velocidad promedio del comportamiento de esta fuente de tráfico, la cual es 263,72 Kbits/seg, la cual aproximadamente es la media de una distribución uniforme.

3.4 Diseño y simulación de modelos combinados de tráfico

La siguiente etapa corresponde a la propia etapa de diseño del modelo de simulación de una red simple de ATM, a través del programa COMNET III, como una combinación de las tres fuentes de tráfico definidas en las secciones anteriores. El Programa COMNET III, permite asignar pequeños paquetes de información, con una longitud similar a las celdas de ATM, la cual es la unidad básica de transmisión en una red ATM, y la capacidad máxima de celdas que puede transmitirse en un enlace dado, representa los recursos a compartir entre cada una de las fuentes de tráfico.

La Figura No. 10, presenta la topología básica usada para representar una red simple de ATM, con las distintas combinaciones de fuentes de tráfico:

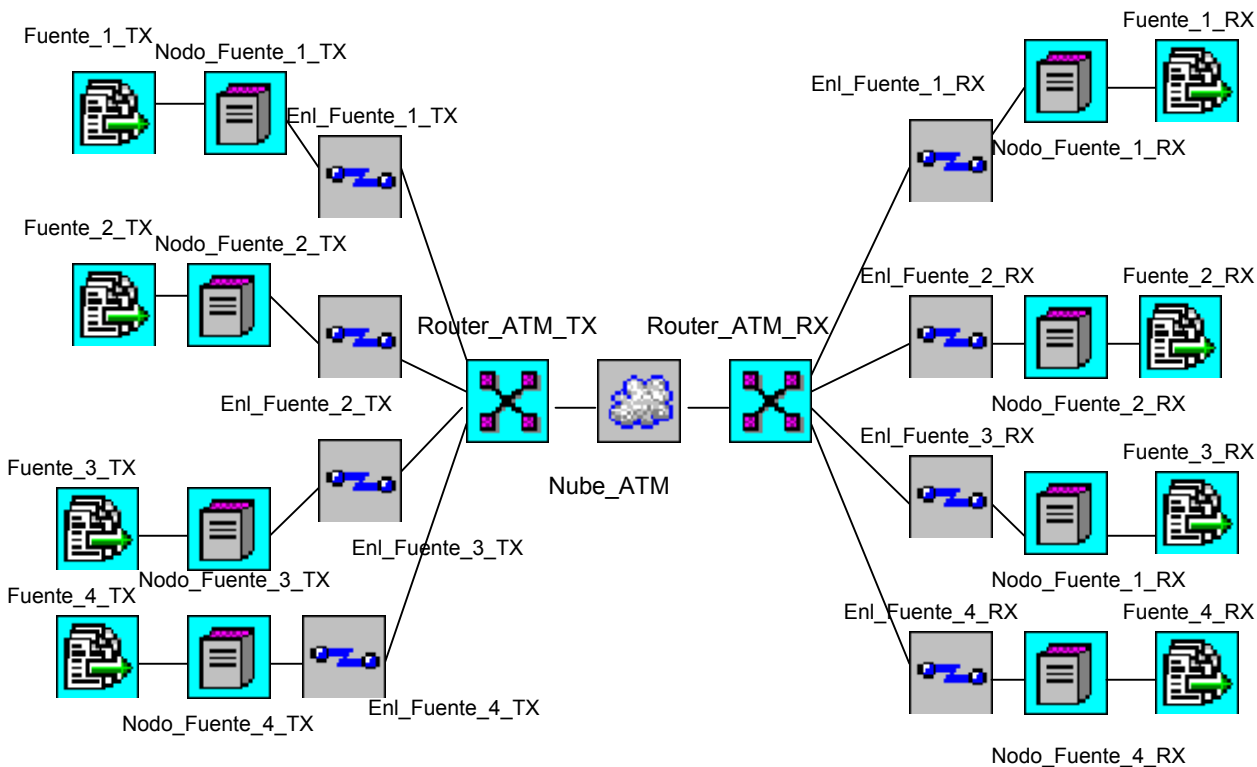


Figura No. 10. Modelo de Red ATM de Tráficos Combinados

Tres distintos escenarios son desarrollados y experimentados bajo un modelo básico, según Figura No. 10, con diferentes cargas de tráfico con el fin de:

- Validar el modelo
- Asegurar el comportamiento de las fuentes sobre red ATM.
- Analizar las interacción de las múltiples fuentes cuando compiten por un mismo recurso (ancho de banda).

En la siguiente tabla, se presenta las características del comportamiento de las fuentes para cada uno de los modelos:

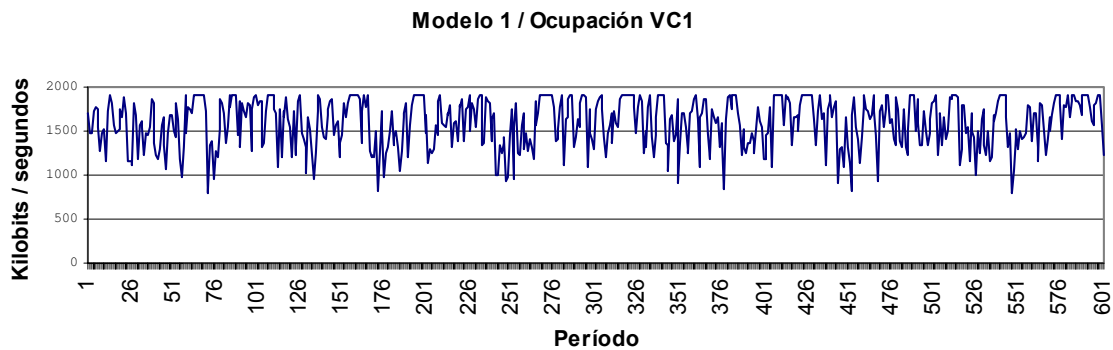
Session Source

		Tipo	Velocidad	Msg / Session	Msg IAT	Tamaño (Size) (Celdas)
Modelo 1	Fuente 1 TX	Voz 1	512 Kbits/seg	Geometrica(1;6)	Exponencial(0,35)	58
	Fuente 2 TX	Voz 2	512 Kbits/seg	Geometrica(1;6)	Exponencial(0,35)	58
	Fuente 3 TX	Datos	512 Kbits/seg	Uniforme(0;63)	Exponencial(0,058)	19
	Fuente 4 TX	Video	768 Kbits/seg	Gamma(8,8277;7,1667)	Exponencial(0,01)	69
Modelo 2	Fuente 1 TX	Voz 1	512 Kbits/seg	Geometrica(1;6)	Exponencial(0,35)	58
	Fuente 2 TX	Voz 2	512 Kbits/seg	Geometrica(1;6)	Exponencial(0,35)	58
	Fuente 3 TX	Video 1	768 Kbits/seg	Gamma(8,8277;7,1667)	Exponencial(0,01)	69
	Fuente 4 TX	Video 2	768 Kbits/seg	Gamma(7,894;3,937)	Exponencial(0,01)	50
Modelo 3	Fuente 1 TX	Voz 1	512 Kbits/seg	Geometrica(1;6)	Exponencial(0,35)	58
	Fuente 2 TX	Video 1	768 Kbits/seg	Gamma(8,8277;7,1667)	Exponencial(0,01)	69
	Fuente 3 TX	Video 2	768 Kbits/seg	Gamma(7,894;3,937)	Exponencial(0,01)	19
	Fuente 4 TX	Video 3	768 Kbits/seg	Gamma(4,2664;8,61)	Exponencial(0,01)	145

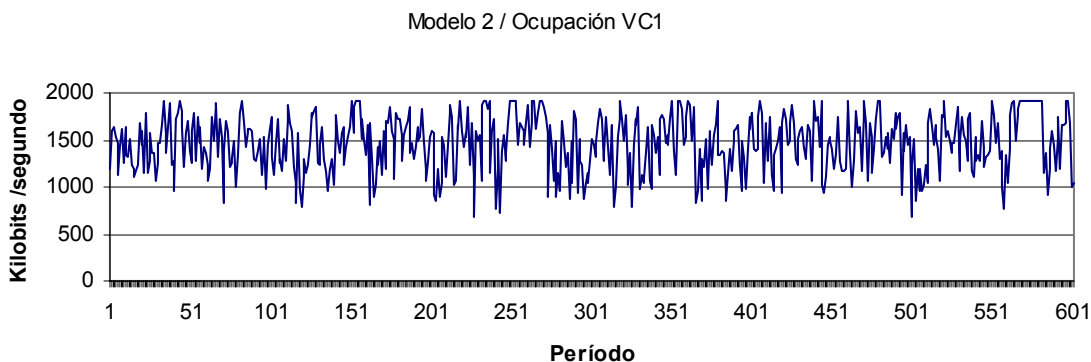
Tabla No. 10. Características de Fuentes de Tráficos usadas (Session Source).

Modelo de Red ATM Combinado

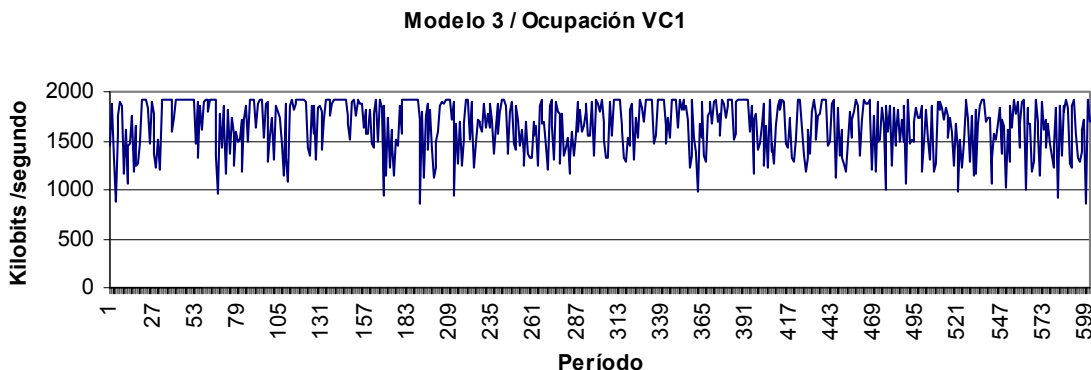
Los experimentos realizados permiten examinar el comportamiento en conjunto de las fuentes de tráfico en la red (Ver Gráficas No. 8, 9, y 10) sobre un mismo ancho de banda asignado y representado en el modelo por la nube ATM y particularmente como el VC-1.



Gráfica No. 8. Traza Simulada de Tráficos Combinados: Modelo 1



Gráfica No. 9. Traza Simulada de Tráficos Combinados: Modelo 2



Gráfica No. 10. Traza Simulada de Tráficos Combinados: Modelo 3

En el Anexo G, presenta un reporte de las estadísticas de comportamiento de cada uno de los modelos simulados y en la siguiente tabla presenta un resumen de las mismas.

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Calidad de Servicio	0.0000001	0.0000001	0.0000000
Porcentaje Ocupación enlace 1 (Fuente 1 TX)	28.06%	29.60%	27.13%
Porcentaje Ocupación enlace 2 (Fuente 2 TX)	28.24%	29.24%	33.21%
Porcentaje Ocupación enlace 3 (Fuente 3 TX)	49.33%	34.55%	21.61%
Porcentaje Ocupación enlace 4 (Fuente 4 TX)	33.52%	21.83%	35.05%
Porcentaje Ocupación VC1	83.21%	76.55%	86.44%
Ancho de Banda Ocupado VC1(Kbits/seg)	1602	1487	1673

Tabla No. 11. Resumen Estadísticas de Tráficos Combinados

A continuación se presenta la conclusión del presente capítulo:

- Los modelos propuestos, son una aproximación válida del comportamiento de alta variabilidad de los tipos de tráfico, además de reflejar el efecto del mismo a lo largo del tiempo.
- ATM, explota la alta variabilidad en el comportamiento del tráfico soportado, usando un método de acceso estadístico para asignar los recursos de la red en un momento determinado, de forma flexible.
- Transmitir una determinada cantidad de tráfico, no implica asignar una cantidad de recurso fijo (Ancho de Banda), en función de la velocidad la máxima de transmisión de los tipos de tráfico, ya que la mayor parte del tiempo la velocidad de transmisión es inferior a los requerimientos de recursos.
- Debido al comportamiento de los tráfico, se puede inferir, que es posible asignar fracciones de ancho de banda para manejar cada uno de los servicios y el total de la sumatoria de las fracciones de ancho de banda puede superar al valor de la capacidad asignada de ancho de banda.

Capítulo 4

Esquema de Precios en Redes ATM

4.1 Introducción

La finalidad del dimensionamiento de las redes de telecomunicaciones, es elaborar planes para satisfacer el crecimiento de la demanda de servicios al costo mas bajo posible y así poder ofrecer precios más bajos con niveles de calidad preestablecidos. En este contexto, implica decidir si la incorporación de nuevas facilidades técnicas o tecnologías, son factibles desde el punto de vista económico. El objetivo del presente Capítulo, es presentar una metodología para estimar esquemas de precios en redes ATM y evaluar desde el punto de vista económico distintos escenarios.

4.2 Formulación de Precios. Generalidades

La optimización económica de los recursos en una red de telecomunicaciones puede estar definida en términos de una parametrización de: los recursos usados, las cantidades transmitidas de información, y la calidad de servicio. Donde los agentes económicos (clientes y productores), interactúan vía mecanismo del mercado, basado en los recursos disponibles técnicos y monetarios. Para responder a las necesidades de los clientes, los operadores deben establecer esquemas de tarifas, que sean flexibles, tal que, permitan ajustar las variaciones en el uso de los recursos por parte de los clientes.

El uso de los conceptos del campo de la economía, en especial la microeconomía, será de ayuda para describir el comportamiento de los consumidores. La preferencia de los consumidores puede ser graficada de acuerdo con los recursos consumidos, así que, desde el punto de vista de la teoría microeconómica, este comportamiento puede ser representado a través de las curvas de preferencia^[Ferguson, 1.978], siendo estas curvas convexas con respecto al origen para dos insumos (tamaño de la memoria elástica y capacidad de ancho de

banda). Las curvas de preferencias también son denominadas curvas isocuantas o curvas de indiferencias. A medida que las curvas de preferencias se alejan del origen, implica que los clientes requieran mayor calidad de servicio^[Sairamesh 1.995], y en consecuencia mayor capacidad de ancho de banda. Así las preferencias de los clientes pueden ser representadas por una función de utilidad, que están en relación con la combinación de los recursos utilizados a un nivel dado^[Ferguson, 1.978, op. cit]. En el caso particular de las redes de telecomunicaciones, los clientes comparten un mismo recurso (ancho de banda) para distintos tipos de tráfico o servicios.

Los modelos económicos proveen un interesante basamento teórico para explicar los comportamientos de los agentes que intervienen en un sistema económico, en el logro de los objetivos individuales. Cada uno de los agentes que intervienen en un modelo, estimara él óptimo de su utilidad. Un cliente en particular tratará de maximizar su función de utilidad, sujeto a una restricción presupuestaria. Un productor intentará optimizar su utilidad, representado por los ingresos en función de la asignación óptima en la cantidad de recursos, sujeto a las restricciones técnicas y monetarias. En un modelo económico, la variable que permite controlar el comportamiento de ambos agentes, y asegura la asignación apropiada de los recursos, es la variable precio^[Herderson, 1.971].

La entrada de nuevos competidores en el mercado de las telecomunicaciones, obliga a los operadores tradicionales de telecomunicaciones o cualquier otro operador de telecomunicaciones activo, a elaborar esquemas de precios eficientes, para poder ser competitivos con los nuevos actores^[Shenker, 1.995] del mercado. Los esquemas de tarifas^{[Parris-1.992-1][Parris-1.992-2]}, permiten establecer una relación entre el comportamiento de una red y los ingresos derivados del uso de la misma. Los operadores tradicionales, hasta el presente, basan sus estructuras de precios en los costos de la infraestructura dedicada a los servicios, es decir, aplican a sus clientes esquemas de tarifas en función de los anchos de bandas asignados, así el cliente use o no los mismos. En el caso de los servicios de ATM, un aspecto que debe tomarse en consideración es la definición de las tarifas en dichas redes, donde el elemento básico para la estimación de las mismas, será el total de ancho de banda

utilizado por los distintos tipos de servicios. Una aproximación a este enfoque, sería el esquema aplicado a los consumidores por la industria eléctrica, donde los tarifas son aplicadas en función de potencia consumida en un período de tiempo dado y la potencia máxima usada.

Se debe tener presente que las redes ATM, proveen una gama de bondades a los clientes y operadores, que permite la obtención de información sobre el comportamiento y uso de las redes, que facilitan los procesos de estimación de los esquemas de precios aplicables a los servicios. Se requiere entonces, que los precios por los servicios prestados, estén en relación con en el ancho de banda usado. Esta clase de información básica, es la que será usada en el presente trabajo y se propone desarrollar un esquema de precios basados en los resultados obtenidos en el Capítulo III, derivados de un tráfico de uso simulado, y cantidad de recursos utilizado por un cliente hipotético, con distintas combinaciones de tráficos en una red simple ATM de 2,048 Mb/s/segundo.

La asignación de recursos en el campo de las redes de telecomunicaciones actuales, es un problema tácitamente complejo y ocurre en ambientes muy dinámicos, donde los servicios demandados por los usuarios de una red no pueden ser adecuadamente estimados, además, en un esquema dinámico de precios, el operador de servicios de telecomunicaciones, requiere de un monitoreo de su red en tiempo real, para poder ajustar los precios dinámicamente, de acuerdo con la demanda de los recursos de ancho de banda y su complejidad dependerá de la cantidad de clientes y de la dimensión de su red, razón por la cual se recurre a los modelos estáticos para la asignación de los recursos, y poder estimar los precios. Para efectos del presente análisis, se tomó como supuesto, un esquema de precio estático, basado en la renta de ancho de banda o recursos utilizados por los clientes. Bajo este tipo de esquema, la principal desventaja, es que un cliente, durante un período de conexión puede tener picos o velocidades máximas de transmisión de información, las cuales pueden exceder los recursos o anchos de banda previamente acordados y afectan la calidad de servicio de las redes. Sin embargo, la principal ventaja del modelo estático, es su simplicidad, dado que requiere menor cantidad de información para la elaboración del

mismo, sólo se requiere de mediciones espaciadas en el tiempo, del número de celdas a transmitir en cada conexión y la duración de ellas. Se debe tener en consideración que un modelo de precio, definido para los servicios de ATM, puede ser tan complicado, como se quiera. Se desea para utilidad del presente trabajo, simplificar el esquema de precios, pero manteniendo las características y la estructura de una red ATM lo mas real posible.

4.3 Comparación mercado de servicios de líneas privadas internacionales

La rebaja de los precios de construcción de facilidades de transmisión, no ha sido acompañada en la misma proporción en los precios de los servicios finales a los clientes. En la Tabla No.12, se muestra la evolución del número de circuitos telefónicos instalados en la región del océano Atlántico. En el año 1.988, el total equivalente de circuitos instalados de 64 Kbits/seg en la región, fue de 7.560 circuitos. En el año 1.999, alcanzó la cifra de 1.521.450, y se estima que para el año 2.001 alcance la cifra de 10.109.610 circuitos.

Año	TOTAL CIRCUITOS INSTALADOS (Equivalentes 64 Kbits/seg.)
1.988	7.560
1.989	24.750
1.990	24.750
1.991	24.750
1.992	62.370
1.993	85.050
1.994	160.650
1.995	251.370
1.996	311.850
1.997	372.330
1.998	795.690
1.999	1.521.450
2.000 (Estimado)	9.746.730
2.001 (Estimado)	10.109.610

Fuente: Federal Communication Comisión (FCC) , Circuit Status Data.
Report No. IN 99- 4.

Tabla No.12: Evolución Crecimiento Circuitos Instalados.
Región del Océano Atlántico.

En la Tabla No. 13 se muestra el costo promedio de inversión por unidad de 1 Gigabits/segundo en los sistemas de cable submarino de fibra óptica instalados en la región del Océano Atlántico, en el período 1.988-2.000. Se observa que el costo de inversión por unidad de 1 Gigabits/seg., disminuye en promedio en un 44,05%.

Año	Sistema	Costo Unitario (Millones US \$ x 1 Gbits/seg)	% de Disminución precio
1988	TAT-8	744	
1989	PTAT-1	367,4	50,6%
1992	TAT-10	206,7	43,7%
1993	TAT-11	192,9	6,7%
1995	TAT 12/13	32,6	83,1%
1997	Geminis	22,4	31,3%
1998	Global Crossing	13,7	38,8%
2000	TAT-14	3	78,1%
2001	Level-3	2,4	20,0%
Promedio			44,05%

Fuente: Federal Communication Comisión (FCC) , Circuit Status Data.
Report No. IN 99- 4.

Tabla No.13: Costo Unitario por 1 Gigabits/segundo

Año	Sistema	No. de canales 64 Kbits/seg.(Miles)	Costo Promedio E1 2Mbits/seg.
1989	PTAT-1	367,4	2,95 Millones US \$
1992	TAT-10	206,7	273.000 US \$
1993	TAT-11	192,9	255.000 US \$

Fuente: Federal Communication Comisión (FCC) , Circuit Status Data.
Report No. IN 99- 4.

Tabla No.14: Capacidades Cables Submarinos y Costo promedio de 2,048 Mbits/segundo.

Este crecimiento del ancho de banda disponible, no ha originado una disminución de los precios finales a los clientes por el uso de los mismos, dado que los precios deben reflejar

el concepto de economía de escala³⁰. Un aspecto a considerar en los planes o esquemas de precios de líneas arrendadas de telecomunicación o servicios afines, como el caso de ATM, es poder establecer cuán competitivos son los precios por uso de los anchos de banda. Otro aspecto, es el relacionado a la no-disponibilidad de precios públicos referidos a los servicios ATM, por cuanto dichos servicios son considerados un mercado inmaduro y en consecuencia no ha sido suficientemente desarrollado como para ofrecer un marco metodológico genérico y poder establecer listas de precios.

El creciente incremento de las demandas del tráfico de datos, como principal componente de las redes de telecomunicaciones actuales, está creciendo a una tasa anual del 80%, y se estima que para finales del año 2000, el volumen del tráfico de datos será cinco veces superior al volumen total de tráfico de voz, y alcance la cifra de 23 veces el volumen de tráfico de voz para el año 2005^[Mine 1998]. En el artículo de Mine^[Mine 1998, op. cit], el autor da una visión de la evolución hasta la fecha y la futura evolución del tráfico mundial. Además indica, que actualmente entre un 70% y 75% del tráfico total mundial está dedicado al tráfico de voz, y estima que para el año 2005, el tráfico de datos será la mitad del tráfico total mundial. Señala, además, que en algunos segmentos del mercado, como es el caso de las comunicaciones internacionales entre países, el tráfico de datos alcanzará niveles de un 80% del total de tráfico. Adicionalmente, explica que este crecimiento se debe a los siguientes aspectos clave: crecimiento de comunicaciones de telefonía sobre protocolo de Internet, popularmente conocido como voz sobre IP (VoIP); aparición de nuevas aplicaciones de multimedia; paridad en los precios entre los servicios de la telefonía pública tradicional y la telefonía sobre IP; y por último, otro factor que ha impactado este crecimiento, son los bajos costos de la tecnología^[IEC 1999]. Se puede concluir, que el problema de congestión de las redes continuará por un tiempo, y en consecuencia, el objetivo de todo operador en este escenario a futuro, es controlar la asignación del ancho de banda, y la congestión.

³⁰ Véase Ferguson, C.E y Gould, J.P, “*Teoría Microeconómica*”, Ed. Fondo de Cultura Económica, 2da. Edición, México, 1.978, para una exposición detallada sobre el tema.

En el caso particular de los operadores de telecomunicaciones en Venezuela, una pregunta a formularse es ¿Son los precios mayores a sus similares en otros países?. Esta pregunta, es de difícil respuesta. En este sentido, existe divergencia en la información sobre las comparaciones de precios en los reportes realizadas por consultoras mundiales respecto a este tópico^[OFTEL 1999]. Un reporte realizado por Tarifica^[Tarifica 2001], indica una alta variabilidad en los precios³¹ de los servicios, es así, que en el ámbito mundial el precio de alquiler de un enlace dedicado de 2 Mbits/segundo Internacional, oscila entre 9.227 y 74.952 US \$ mensuales, y para velocidades de 34 Mbits/segundo, oscila entre 9.228 y 389.822 US \$. En el caso de las capacidades iguales o superiores a 45 Mbits/segundo, las tarifas de los enlaces arrendados generalmente no están disponibles al público, dado que las mismas son negociadas con cada uno de los clientes de manera individual y en privado. Los precios para estas últimas velocidades de transmisión involucran migraciones de servicios arrendados dedicados anteriores a nuevos servicios, es decir sustitución de un servicio por otro.

Las marcadas diferencias en los precios de los distintos servicios de telecomunicaciones se deben a que los mismos son establecidos por las corporaciones como una estrategia defensiva frente a la competencia, y por tanto son tratados como un asunto confidencial, a parte de ser realizados bajo los esquemas tradicionales de negocios del mundo de las telecomunicaciones e influenciados por los servicios de voz y de ancho banda de baja capacidad. En consecuencia, los esquemas de precios para las redes ATM, de alguna forma se alinean a las estructuras de precios basados en los conceptos mencionados, llegando en la mayoría de los casos, a esquemas por “ensayo y error”, para ver cuán bien son acogidos por el mercado.

Los operadores utilizan diversos parámetros para establecer los planes de precios, entre los cuales tenemos: tipos de servicio; uso de la distancia; planes de descuento en función del

³¹ Glenn Manof, señala en un artículo de la revista Communication Week International, July 1997, que en Telstra (Operador de Australia), los precios mensuales de interconexión de los sistemas de 2,048 Mbits/segundo en el ámbito nacional de Australia, han disminuido desde 160.000 US \$ hasta 5.000 US \$.

volumen; tiempo de uso; y calidad de servicio. Generalmente, los estudios comparativos sobre un país en particular, realizados por las consultoras especializadas, sólo consideran a lo sumo dos operadores de servicios de telecomunicaciones por país, siendo uno de ellos, el operador dominante. Estos estudios comparativos, deben tomar en consideración los nuevos actores del mercado, que en la mayoría de los casos ofrecen planes de precios por debajo de los planes precios de los operadores dominantes, y siendo estos planes, en la mayoría de los casos, confidenciales, y en consecuencia difíciles de ubicar.

Sin embargo, existen excepciones en el mercado de las telecomunicaciones, tal como la empresa Band-X, corporación dedicada a la re-venta de facilidades de transmisión internacional. Esta empresa estima a modo de ejemplo, que para un grupo de rutas internacionales representativas del tráfico de datos entre Europa y América, el precio promedio de alquiler por cada 2 Mbits/segundo, es de 20.500 US \$, con un costo promedio por kilómetro de distancia de 3,32 US \$ por Mbits/segundo, y el promedio de renta mensual de una capacidad similar para interconectar países en el continente europeo, es de 7.821 US \$^[Paltridge 1.999]. Tomando, como referencia una distancia entre Venezuela y Estados Unidos de Norte América, de aproximadamente 6.300 Km, y asociadas con los valores de Band-X, podemos estimar que el costo promedio de alquiler mensual de un enlace dedicado de 2 Mbits/segundo, entre Venezuela y USA, será aproximadamente de 21.900 US \$.

Dada la diversidad de criterios y precios en los alquileres de servicios de líneas arrendadas internacionales, es necesario desarrollar una metodología para la formulación de esquemas de precios del servicio ATM, aparte de realizar un estudio comparativo de los precios ofrecidos por los operadores de redes por los servicios dedicados similares en el ámbito internacional. Se utilizará en este estudio, una aproximación planteada por la empresa internacional de consultoría *Boston Consulting Group*, donde, se estimó la siguiente relación empírica para estimar el precio para la industria de la computación:

$$\text{Precio} = \text{Capacidad} \times \text{Relación de Escalamiento}^{\wedge (\text{Log Capacidad})}$$

El estudio realizado por *Boston Consulting Group*, arrojó como resultado que el comportamiento de los precios del sector de la computación, disminuye en un factor 0,7 por cada 10 veces la capacidad utilizada. Como ya se mencionó, la aproximación será aplicada de manera análoga a los servicios de telecomunicaciones. Basados en esta apreciación empírica, se realiza comparaciones de los planes de precios de distintos operadores de telecomunicaciones (Ver Anexo H), tomando como fuente primaria de información sobre los precios reales de los servicios de telecomunicaciones, un estudio realizado por la consultora internacional Lynx Technology Inc. Basados en estos datos, se calculó la mejor “Relación de Escalamiento (S)”, para un grupo de seis (6) operadores de telecomunicaciones, obteniendo el siguiente resultado:

País(*)	Factor de Escalamiento (S)
Bolivia	0,67
Colombia	0,425
España	0,53
USA-1	0,575
USA-2	0,67
Australia	0,485
Venezuela	0,475

Nota: (*) Se omiten los nombres de los operadores, por razones de confidencialidad de los mismos. Se incorpora Venezuela en la Tabla para fines de comparación.

S: Cálculos propios.

Tabla No.15: Relación o Factor de Escalamiento

En las Tablas No. 16 y No. 17, se observan los precios estimados sobre la base de la relación empírica para los servicios de las telecomunicaciones en los países seleccionados considerando que los mismos tienen un comportamiento análogo al comportamiento de los precios en la industria de la computación. Esta relación se utilizará para establecer planes de precios en los servicios de telecomunicaciones en el mercado de venezolano. En el caso del operador dominante de Venezuela, donde por razones obvias se omiten los planes de precios, el valor estimado de este parámetro S, es de 0,475, el cual es mas bajo que el promedio del grupo seleccionado, que es 0,55, indicando este valor que los precios

disminuyen solo en 47,5% por cada diez veces el uso de ancho de banda, que en el caso particular del operador USA-2 de acuerdo a la Tabla No. 15, disminuye en un 67%.

No. Canales (NC)	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Bolivia	Colombia	España	USA-1	USA-2	Australia
1	64,000	2,282	1,460	1,027	1,372	1,435	525
2	128,000	4,937	2,189	2,479	4,115	2,689	850
3	192,000	-	2,919	3,748		3,959	1,158
4	256,000	9,889	3,648	5,016	5,487	5,146	1,428
6	384,000	14,826	5,108	7,551	8,231	7,374	1,889
8	512,000	19,764	6,567	9,505	9,314	9,337	2,141
12	768,000	24,716	8,027	9,505	12,593	12,571	2,909
16	1,024,000	-	9,487	9,505		13,873	3,608
24	1,536,000	29,141	10,946	9,505		19,964	4,771
30	1,920,000	38,022	12,405	12,101	18,150		5,561

Fuente: Lynx Technology.

Tabla No.16: Costo Arrendamiento Mensual (US \$-miles).
Circuitos Dedicados

No. Canales (NC)	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Bolivia	Colombia	España	USA-1	USA-2	Australia
1	64,000	2,290	1,463	1,030	1,370	1440	539
2	128,000	4,060	2,262	1,702	2,320	2552	867
3	192,000	5,675	2,919	2,283	3,157	3568	1,145
4	256,000	7,197	3,497	2,812	3,928	4525	1,395
6	384,000	10,061	4,512	3,772	5,344	6325	1,843
8	512,000	12,760	5,406	4,646	6,650	8021	2,245
12	768,000	17,836	6,975	6,232	9,049	11213	2,965
16	1,024,000	22,621	8,357	7,675	11,259	14221	3,612
24	1,536,000	31,621	10,782	10,295	15,320	19964	4,771
30	1,920,000	38,022	12,405	12,101	18,150		5,561

Cálculos propios.

Tabla No.17: Precio Ajustados = $NC * P_m * S^{\text{Log}(NC)}$ (US \$ - miles).
Circuitos Dedicados

4.4 Contratos y Acuerdos de Niveles de Servicios (*SLA Service Level Agreement*)³²

La definición de los esquemas de precios involucra distintos aspectos, y uno de ellos, es la parte contractual de los servicios. En distintas áreas de negocios, existen los denominados Acuerdos de Niveles de Servicios (*Service Level Agreement-SLA*). Los SLA son acuerdos

³² Para detalles, ver tutorial de Service Level Agreement, en la dirección <http://www.telsyte.com.au>

contractuales entre los proveedores de servicios y clientes, donde se definen aspectos tales como: los servicios a ser provistos o a satisfacer; los parámetros de calidad; los niveles de aceptación o no de los servicios, obligaciones del proveedor de servicio y del cliente; las acciones a tomar en determinadas circunstancias; las condiciones de pago; etc. Los contratos sirven como un resumen de los aspectos más importantes relacionados con el aprovisionamiento de un servicio, su uso y los precios. Incluye la identificación del proveedor y el comprador, una descripción del servicio y los atributos, además de aspectos relacionados con la calidad de servicio, los esquemas y planes de precios, los derechos y obligaciones entre proveedores y compradores. En un SLA el cliente acuerda el tipo de tráfico a transmitir, el cual deberá estar conforme a determinadas características técnicas pre-establecidas en el contrato, por ejemplo debe ajustar los niveles de Tasa máxima de transmisión (*peak rate*) y el tamaño de sus ráfagas, mientras que el operador debe garantizar que puede transportar el tráfico solicitado por el cliente tanto en la cantidad, con la calidad de servicio solicitada por él.

En la actualidad los Acuerdos de Niveles de Servicios, son una fase de suma importancia para los operadores de una red, porque aparte del aspecto comercial de ellos, permiten la configuración de una red en concordancia y de manera armónica con el crecimiento de los clientes y los servicios. Dado que existe una expansión de nuevos servicios y la complejidad de los servicios mismos ha crecido de manera vertiginosa, los clientes requieren de las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones una clara definición de los niveles de servicios que esperan de estos. Hoy, los SLA son un componente esencial de todo contrato de servicio dada la creciente competencia entre los operadores de telecomunicaciones para ganar una parte del mercado.

Las principales fases del diseño y elaboración de los SLA (Figura No. 11) son las siguientes:

- **Entrada**

- Los parámetros del Contrato: Elementos genéricos que definen los tipos de servicios a prestar.
 - Clientes/Proveedores u Operadores-Escenarios: Cada cliente posee distintos requerimientos de servicios, por lo que cada negociación de un contrato es distinto de otro.
 - Ambiente Regulatorio: Puede imponer restricciones regulatorias y técnicas, a los contratos.
 - Estándares: Organizaciones internacionales establecen los estándares utilizados en la industria de las telecomunicaciones. Entre las organizaciones internacionales se tienen la ITU-T, ATM Forum ISO, etc.
- **Salida o resultado:** Un contrato o un conjunto de contratos elaborados. Los contratos dependerán de las situaciones y de las negociaciones entre clientes / operadores.

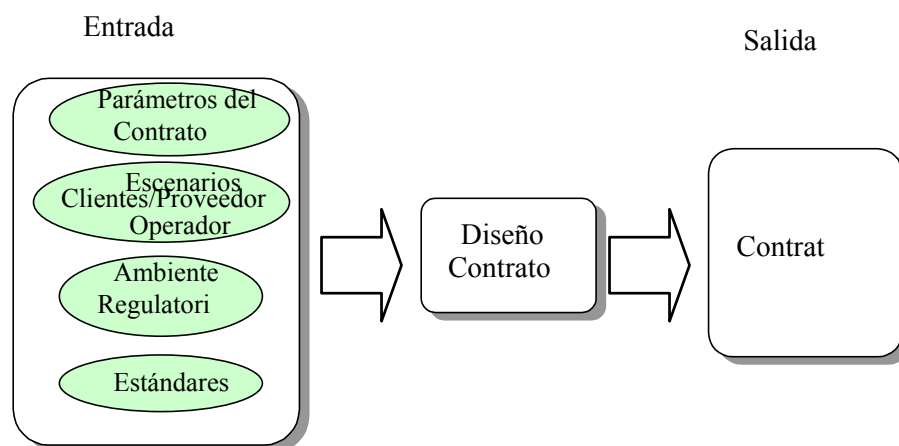


Figura No. 11. Fases del Diseño de los Contratos de Servicios

La clara definición y sin ambigüedad de los términos en un SLA es requisito indispensable, porque permitirá aplicar la metodología para el cálculo del precio, basados en los términos expresados en él y en consecuencia, su grado de precisión basados en los términos previamente acordados.

Existe una cantidad considerable de contratos en un ambiente de multiusuario/clientes, sin embargo, éstos incluyen aspectos tales como:

- Definición de las partes
- Servicios a prestar:
 - Parámetros de tráfico que especifican el flujo de información o servicio requerido.
 - Condiciones y metodología a utilizar para verificar e interpretar los parámetros del tráfico.
 - Definición de completación y aceptación de servicios.
 - Restricciones.
- Control y protección de las partes.
- Duración del contrato.
- Pagos: Acuerdos de tarifas, procedimientos de facturación; penalidades; facilidades para auditar cualquier discordia en los pagos.
- Acuerdos de confidencialidad de la información.
- Procedimientos de disputas.

En conclusión, los SLA son acuerdos comerciales entre clientes y operadores de redes relacionados con la provisión de servicios de telecomunicaciones.

4.5 Precios de Interconexión

Este apartado explora las relaciones entre las características relevantes de las fuentes de tráfico, así como se detalla un conjunto de parámetros que deben ser tomados en consideración para definir los esquemas de precios, dada la capacidad de transferencia o de transporte de una red ATM. En la mayoría de los casos, los modelos tradicionales de tráfico son tan complejos que el objetivo de diseñar un esquema de precio aceptable se pierde, razón por lo cual, los operadores deben seleccionar un limitado o razonable número de parámetros, en aras de la simplificación de la formulación de un modelo de precio. Se

omiten en el presente análisis, detalles técnicos del comportamiento de las redes ATM, además de no tomar en consideración aspectos comerciales como administración y el mercadeo a un nivel de detalle excesivo en el proceso de diseñar el esquema de precios, sólo se consideran generalidades de los mismos

Un primer objetivo es describir las fuentes de tráfico para luego ser usadas con el propósito de evaluar un esquema de precio en una red ATM, donde las relaciones entre las fuentes de tráficos, los modelos de tráficos y los esquemas o modelos de precios son presentados esquemáticamente en la Figura No. 12. Estas relaciones se describen a continuación:

1. - En una primera etapa, se construye un modelo de fuente(s) de tráfico(s). Usualmente en términos de las estadísticas de comportamiento o características de la (s) fuente(s), con un fin, el construir fuente(s) artificial(es) de tráfico(s) que produzca un agregado total con características similares al tráfico real. Una característica o propiedad fundamental de los tráficos, son las explosiones o saltos o ráfagas repentinas en las velocidades de transmisión, esta característica influye en la asignación de los recursos en una red ATM, dada una Calidad de Servicio requerida por el cliente o por una aplicación.
- 2.- En una segunda etapa se debe realizar una definición de las características del tráfico dentro del contrato de servicio lo cual es esencial y depende de la capacidad de una red ATM. Es decir, dependiendo de la capacidad operativa de las redes para la transmisión de los tipos o clases de servicios requeridos, la calidad de servicio, los clientes y operadores deben negociar los términos del contrato previo al inicio del servicio solicitado.

- 3.- La última etapa, es la definición de los esquemas de precios basados en los parámetros de los estadísticos de los tráficos^{33 34}. Esta etapa corresponde al diseño del modelo³⁵ o algoritmo para calcular los cargos.

Se observa que el proceso tiene varias etapas (Figura No. 12), donde cada una de ellas posee sus propios propósitos, sin embargo, existe una interrelación entre ellas. Las dos primeras han sido tratadas en Capítulo III y en el presente Capítulo se abarca la última.

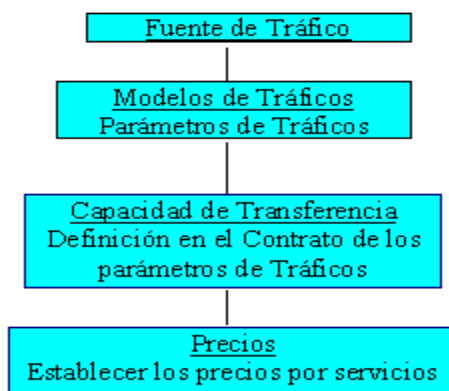


Figura No. 12 Relaciones para Definir Esquemas de Precios.

Un esquema de precios debe cumplir al menos con las siguientes propiedades:

³³ En el artículo de Frank Kelly: “Notes on Effective Bandwidths”, Stochastic Networks: Theory and Applications, F.P. Kelly & I. Zeidins Ed., pp. 141-168, Oxford University Press, 1.996). Este autor analiza un modelo de precio basados en las estadísticas parametrizadas. Una estadística parametrizada es el ancho de banda efectiva (ABE), producidas por la simulación de modelos de tráficos. Es una metodología que desde el punto de vista teórico esta muy bien fundamentado, sin embargo desde el punto de vista de los clientes y/o operadores de redes, es complicado su manejo, y costoso desde el punto operacional, además su robustez no ha sido comprobada para distintas clases de servicios soportados por las redes ATM.

³⁴ Ver el artículo de G. De Veciana, C. Courcoubetis and J. Warland “Decoupling Bandwidths for Networks : A decomposition Approach to Resource Management”, UCB/ERL, Technical Report M93/50, June 1993. El autor desarrolla un modelo que usa el ABE, pero basado en la tasa de perdidas de celdas (Cell Loss Rate-CLR). Explica que el ABE posee la propiedad de linealidad, es decir el ABE total de una red, es sumatoria de cada una ABR de las fuentes tráfico que comparten el enlace y que para poder transmitir las señales con los requerimientos de calidad de servicio solicitado, la suma debe ser menor que la capacidad del enlace.

³⁵ Distintos modelos han sido propuestos, aparte del modelo de Kelly. Ver modelo de Murphy & Murphy [J.Murphy, L.Murphy, E.C.Posner. “Distributed Pricing For Embedded ATM Networks” , Proc. Of ITC-14, France, June 1.994], donde los cargos son utilizados como un medio para controlar el ancho de banda y permitir la asignación de recursos. Siendo la principal desventaja del modelo que solo puede ser aplicado eficientemente a determinados tipos o clases de servicios, tales como ABR o datos, omitiendo su potencialidad en los servicios del tiempo real tales como video.

- **Sensibilidad al uso**: Capacidad del modelo de representar los cambios de uso de los recursos de una red a través de las variaciones de las estadísticas de los parámetros.
- **Práctico**: Facilidad para su implantación.
- **Equidad**: Para los clientes y operadores.
- **Generalidad**: En cuáles categorías de servicios puede aplicarse el esquema de precios y el grado de predictibilidad de los mismos.
- **Dinámico**: Todo lo rápido que los esquemas o modelos de precios se adaptan a los cambios en los patrones de comportamiento de tráfico de los clientes.
- **Auditable**: En un ambiente de regulaciones del mercado el Ente Regulador, puede requerir a solicitud de un operador o cliente en particular, que no sea un operador dominante, una auditoria de los modelos de costos y de precios, así como de la veracidad de los datos, de los procedimientos de cálculos y de los resultados obtenidos.
- **Expandibilidad**: Puede ser extendido o modificado para incorporar variaciones de acuerdo a los nuevos requerimientos de los clientes u operadores de red.
- **Estabilidad**: Garantizar a los clientes por un tiempo finito que los esquemas de precios aplicados no podrán ser modificados. Estos términos son definidos y establecidos en los Acuerdos de Niveles de Servicios.

Dado las condiciones propias de las redes, se propone establecer las declaraciones previas de los clientes en la medida de lo posible, las cuales deberán indicar los promedios empíricos del uso de cada una de sus fuentes o tipos de tráfico. Cualquier esquema de precios en una red ATM debe estar basado en la figura utilizada en el campo de telecomunicaciones donde se establecen las condiciones contractuales, los SLA, establecidos entre un cliente y el operador. Los SLA deben comprender como ya se ha

visto, los tipos o clases de servicios, los parámetros de tráfico, calidad de servicio que deben proveer en este caso las redes ATM.

4.6 Estimación de precios en una red simple ATM

Las asignaciones de precios para los servicios prestados sobre las nuevas redes de telecomunicaciones, no han sido ampliamente estudiadas en sus comportamientos, donde la demanda de los tráfico varía en el tiempo, razón por la cual, en el presente apartado, se desarrolla un procedimiento o metodología para determinar esquemas de precios, considerando el uso eficiente de los recursos. Los precios de los servicios de telecomunicaciones son variables que permiten a un operador, controlar la demanda de los recursos de una red, por ejemplo, precios establecidos de acuerdo a la velocidad máxima transmitida por un cliente.

La competencia del mercado de las telecomunicaciones, obliga a todos los actores, a introducir nuevas aplicaciones, servicios y tecnologías. En este escenario de competencia, todos los actores por separado, deben asegurarse de operar a bajos niveles de costos operativos, además de asegurarse los ingresos necesarios para lograr la recuperación de las inversiones durante la vida útil de los proyectos. Este ambiente obliga a cualquier operador de redes de telecomunicaciones, a elaborar esquemas de precios eficientes, para ser competitivos, tomando en cuenta las restricciones operativas, tecnológicas, la cantidad de servicios ofrecidos por una red, la calidad para soportar los nuevos requerimientos de servicios, además de otras causas tales como el mercadeo, y regulaciones, que influyen en los precios de los servicios. Estas consideraciones inducen a las empresas operadoras de redes a crear esquemas de tarifas que tomen en consideración el uso de los recursos de la red (ancho de banda), que generen los ingresos necesarios, sin perder como objetivo fundamental, de transportar simultáneamente una amplia variedad de tipos de tráfico, garantizando una determinada calidad de servicio. Aquí entra en juego el concepto de Ancho de Banda Efectivo^[Kelly, 1996 op. cit], utilizado para indicar una medida del uso adecuado de los recursos de una red, que representa el *trade-off* entre las diferentes fuentes

de información, considerando sus propias características estadísticas y requerimientos de calidad de servicio.

El esquema de precios a considerar en el presente análisis, será una estructura de precio basado en el ancho de banda en uso o velocidad de transmisión en uso, durante un período de tiempo (por ejemplo: un día). Este tipo de asignación en los precios es conocida en el ámbito económico como discriminación de precios. Como su nombre lo indica, los operadores de las redes de telecomunicaciones pueden cargar precios mas altos en aquellos servicios que requieran mayor ancho de banda, y en consecuencia ser más rentable, o aplicando penalidades económicas, cuando las velocidades de transmisión excedan a las acordadas, con la finalidad de reducir la congestión de la red. En algunos casos se hace necesario aplicar precios más bajos a mayores volúmenes de uso de ancho de banda o viceversa, aplicando tarifas mas altas a los servicios que utilicen bajo ancho de banda, obligando a los clientes de manera indirecta a la migración hacia servicios que requieran mayor ancho de banda con el fin de incentivar el uso de las redes, cuando ellas están siendo sub-utilizadas. Así, la fijación de los precios, es una herramienta que permite alcanzar un uso eficiente de una red. Sin embargo, hay que tener presente, que un esquema de precios que induzca a una baja utilización de la red, podría generar una disminución de los ingresos y causar pérdidas financieras a un operador.

Basado en los resultados obtenidos en el Capítulo III, se supone que la red simple ATM planteada puede manejar distintos valores de uso. Así, por ejemplo, el Modelo 1, maneja tres fuentes de tráfico de 512 Kbits/seg, mas una fuente de 768 Kbits/seg. En este modelo, el volumen total de tráfico a manejar es de 2.204 Kbits/seg, sobre una capacidad máxima de 1.920 Kbits/seg, se puede concluir entonces que esta red simple de ATM, puede manejar un exceso de tráfico del 20%, sobre la capacidad real de la red (1.920 Kbits/seg). Un análisis similar se puede realizar para los Modelos 2 y 3. A continuación se presenta una tabla que resume la Capacidad Extra de los distintos los modelos simulados:

	512 Kbps	768 Kbps	Total Kbps	Capacidad Extra
Modelo 1 Fuente 1 TX (Voz) = 512 Kbps Fuente 2 TX (Voz) = 512 Kbps Fuente 3 TX (Datos) = 512 Kbps Fuente 4 TX (Video) = 768 Kbps	3	1	2.304	20%
Modelo 2 Fuente 1 TX (Voz) = 512 Kbps Fuente 2 TX (Voz) = 512 Kbps Fuente 3 TX (Video) = 768 Kbps Fuente 4 TX (Video) = 768 Kbps	2	2	2.560	33,30%
Modelo 3 Fuente 1 TX (Voz) = 512 Kbps Fuente 2 TX (Video) = 768 Kbps Fuente 3 TX (Video) = 768 Kbps Fuente 4 TX (Video) = 768 Kbps	1	3	2.816	46,70%

Tabla No. 18. Capacidad Extra de los Modelos en las Redes ATM Simuladas

A continuación, se estimó un esquema de referencia de precios considerando el Factor de Escalamiento $S=0,475$ (Columna No.4 de la Tabla No. 19), y del precio promedio de arrendamiento mensual de 21.900 US \$ por un circuito internacional de capacidad 2,048 Mbits/seg, de acuerdo a la metodología empírica mencionada en el apartado 4.3 del presente Capítulo. Luego, tomando en consideración el Capacidad Extra de los distintos modelos, y nuevamente la aplicación de la relación empírica, se calculó los precios para cada uno de los distintos escenarios. En las siguientes tablas muestran los resultados, para cada uno de los modelos:

Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Escenario Base (2 Mbits/seg) Línea Arrendada	Servicio ATM S=0,425	Servicio ATM S=0,475	Servicio ATM S=0,485	Servicio ATM S=0,5	Servicio ATM S=0,53	Servicio ATM S=0,575	Servicio ATM S=0,60	Servicio ATM S=0,67
64,000	2,192	1,938	1,644	1,594	1,524	1,398	1,240	1,164	989
128,000	3,504	2,995	2,628	2,565	2,474	2,310	2,099	1,997	1,754
192,000	4,611	3,865	3,458	3,387	3,285	3,099	2,857	2,738	2,451
256,000	5,601	4,630	4,201	4,125	4,017	3,817	3,554	3,424	3,109
384,000	7,370	5,974	5,527	5,447	5,333	5,120	4,836	4,695	4,346
512,000	8,954	7,158	6,715	6,635	6,520	6,306	6,018	5,872	5,512
768,000	11,780	9,235	8,835	8,762	8,657	8,458	8,188	8,051	7,705
1,024,000	14,312	11,065	10,734	10,673	10,585	10,418	10,189	10,071	9,772
1,536,000	18,831	14,276	14,123	14,095	14,053	13,974	13,864	13,807	13,660
1,920,000	21,900	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425

S= Escalamiento.
Cálculos propios

Tabla No. 19. Precios (US \$) a distintos Valores de Escalamiento. Modelo Base: 1x 1.920 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 0 %

Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Escenario Base (2 Mbits/seg) Línea Arrendada	Servicio ATM S=0,425	Servicio ATM S=0,475	Servicio ATM S=0,485	Servicio ATM S=0,5	Servicio ATM S=0,53	Servicio ATM S=0,575	Servicio ATM S=0,60	Servicio ATM S=0,67
64,000	2,192	2,153	1,827	1,771	1,694	1,554	1,378	1,294	1,099
128,000	3,504	3,328	2,920	2,849	2,749	2,567	2,333	2,219	1,949
192,000	4,611	4,294	3,842	3,763	3,650	3,443	3,174	3,042	2,724
256,000	5,601	5,145	4,668	4,583	4,463	4,241	3,949	3,805	3,455
384,000	7,370	6,638	6,141	6,053	5,925	5,689	5,374	5,216	4,829
512,000	8,954	7,953	7,461	7,373	7,245	7,007	6,686	6,525	6,124
768,000	11,780	10,261	9,817	9,736	9,619	9,398	9,098	8,946	8,561
1,024,000	14,312	12,295	11,927	11,859	11,761	11,575	11,321	11,190	10,858
1,536,000	18,831	15,862	15,692	15,661	15,614	15,526	15,404	15,341	15,178
1,920,000	21,900	18,250	18,250	18,250	18,250	18,250	18,250	18,250	18,250

S= Escalamiento.

Cálculos propios

Tabla No. 20. Precios (US \$) a distintos Valores de Escalamiento. Modelo 1: 3x512 Kbits/segundo + 1x768 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 20 %

Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Escenario Base (2 Mbits/seg) Línea Arrendada	Servicio ATM S=0,425	Servicio ATM S=0,475	Servicio ATM S=0,485	Servicio ATM S=0,5	Servicio ATM S=0,53	Servicio ATM S=0,575	Servicio ATM S=0,60	Servicio ATM S=0,67
64,000	2,192	1,938	1,644	1,594	1,524	1,398	1,240	1,164	989
128,000	3,504	2,995	2,628	2,565	2,474	2,310	2,099	1,997	1,754
192,000	4,611	3,865	3,458	3,387	3,285	3,099	2,857	2,738	2,451
256,000	5,601	4,630	4,201	4,125	4,017	3,817	3,554	3,424	3,109
384,000	7,370	5,974	5,527	5,447	5,333	5,120	4,836	4,695	4,346
512,000	8,954	7,158	6,715	6,635	6,520	6,306	6,018	5,872	5,512
768,000	11,780	9,235	8,835	8,762	8,657	8,458	8,188	8,051	7,705
1,024,000	14,312	11,065	10,734	10,673	10,585	10,418	10,189	10,071	9,772
1,536,000	18,831	14,276	14,123	14,095	14,053	13,974	13,864	13,807	13,660
1,920,000	21,900	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425	16,425

S= Escalamiento.

Cálculos propios

Tabla No. 21. Precios (US \$) a distintos Valores de Escalamiento. Modelo 2: 2x512 Kbits/segundo + 2x768 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 33 %

Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Escenario Base (2 Mbits/seg) Línea Arrendada	Servicio ATM S=0,425	Servicio ATM S=0,475	Servicio ATM S=0,485	Servicio ATM S=0,5	Servicio ATM S=0,53	Servicio ATM S=0,575	Servicio ATM S=0,60	Servicio ATM S=0,67
64,000	2,192	1,762	1,495	1,449	1,386	1,271	1,127	1,058	899
128,000	3,504	2,723	2,389	2,331	2,249	2,100	1,908	1,815	1,594
192,000	4,611	3,513	3,144	3,079	2,986	2,817	2,597	2,489	2,229
256,000	5,601	4,210	3,819	3,750	3,651	3,470	3,231	3,113	2,826
384,000	7,370	5,431	5,025	4,952	4,848	4,654	4,397	4,268	3,951
512,000	8,954	6,507	6,105	6,032	5,928	5,733	5,471	5,339	5,011
768,000	11,780	8,396	8,032	7,966	7,870	7,689	7,444	7,319	7,005
1,024,000	14,312	10,059	9,758	9,703	9,623	9,471	9,262	9,155	8,884
1,536,000	18,831	12,978	12,839	12,813	12,775	12,703	12,604	12,552	12,418
1,920,000	21,900	14,932	14,932	14,932	14,932	14,932	14,932	14,932	14,932

S= Escalamiento.

Cálculos propios

Tabla No. 22. Precios (US \$) a distintos Valores de Escalamiento. Modelo 3: 1x512 Kbits/segundo + 3x768 Kbits/segundo. Capacidad Extra = 46,7 %

Se observa entonces, de las Tablas No. 19, 20, 21 y 22, que dependiendo de la Capacidad Extra de la red simple ATM, del Factor de Escalamiento, y de la velocidad de transmisión de información, la reducción de los precios, puede variar entre un rango de 16,6% y 59%. En el caso particular de un Factor de Escalamiento S=0,475, para distintos modelos de red, la reducción de los precios en los servicios varían en el rango de 16,7% hasta 31,8%.

4.7 Técnicas de estudio económico

Está claro que el objetivo de toda organización empresarial es maximizar las ganancias netas a futuro que resultan de la prestación del servicio, optimizando el uso de los recursos, considerando la calidad de servicio. Por tal razón la evaluación económica de alternativas de proyectos de redes es esencial para determinar la topología de redes mas apropiada en el manejo de los recursos representado por el ancho de banda, de acuerdo a la cantidad de servicios requeridos y soportados por la red. Es claro que las nuevas tendencias tecnológicas solo son aplicadas por los gerentes si éstas incrementan los ingresos o ganancias al compararlas con las tecnologías tradicionales.

Existen numerosos artículos y libros que describen modelos económicos para evaluar alternativas de manejo de proyectos. No existe un método único, la selección dependerá

del analista que lleva a cabo el estudio y puede considerarse arbitraria. El Valor Presente Neto (VPN), y la Tasa Interna de Retorno (TIR), son probablemente los métodos básicos o criterios más utilizados. Ambos modelos son ampliamente utilizados y bastante documentados, razón por lo que no se describen en el presente trabajo.

El propósito del estudio fue analizar las implicaciones económicas que resultan de aplicar distintas intensidades o flujos de tráfico sobre una red simple ATM, a fin de evaluar si las ganancias financieras mejoran al aumentar la carga de tráfico, manteniendo la calidad de servicio. Luego se ejecutaron distintos experimentos para predecir el nivel de uso de la red ATM en función de las cargas de tráfico y estudiar los efectos de los paquetes de carga de información y de los picos de uso de cada uno de los tráfico para la definición de los precios. El análisis incorpora información sobre costos e ingresos estimados mediante los precios establecidos por utilización de la relación empírica utilizada en la sección 4.3.

Antes, de continuar, se debe definir las principales categorías de costos consideradas en este análisis, para la formulación de los modelo de costos. Los costos están divididos en cinco categorías principales: capital dedicado al equipamiento o inversión, transporte, servicio al cliente, operación y mantenimiento (O&M) y otros gastos (mercadeo /ventas, gastos administrativos).

- **Capital de inversión:** Toda empresa requiere de una inversión de capital para disponer de infraestructura tecnológica para la prestación de los servicios. En el caso de los modelos, el costo de inversión de una facilidad internacional de 2,048 Mbits/segundo, se toma como referencia igual a 255.000 US \$, mencionado en la Tabla No. 14, dado que los sistemas de cable submarino que tienen terminación en Venezuela son de esta generación tecnológica. Otro costo relacionado con el costo de inversión es el asociado al costo de la infraestructura necesaria para disponer de un puerto ATM y asociado a una red. Este valor³⁶ es de 5.800 US \$. En el escenario base

³⁶ Ver artículo “*Integrated Access over ATM. The Case for T1/E1 ATM*”, White Paper, Lucent Technologies. El mismo suministra información sobre el costo asociado de la tarjeta por puerto ATM, para velocidades T1/E1. El costo promedio en la industria es de 4.300 US \$, a este costo se incrementa en

solo se toma en consideración el costo de la facilidad internacional, y en el resto de los escenarios se toma en cuenta ambos.

- **Costos de Ventas / Mercadeo:** Representan la cantidad de dinero que una corporación disponen para el desarrollo de planes de ventas y mercadeo. El valor dependerá del sector industrial, de la empresa y la estrategia de ella.
- **Gastos de Personal:** Costos relacionados con el pago del personal dedicado directamente de la Operación y Mantenimiento de los sistemas.
- **Costos de Administrativos y otros:** Son todos aquellos costos relacionados con los salarios, ejecutivos, legal, contabilidad, etc., cualquier costo que no esté relacionado con el negocio medular de la corporación.
- **Costos de Transporte:** Son los costos asociados con el transporte de la señal hasta el cliente final.
- **Costos de Operación y Mantenimiento:** Son todos los costos involucrados con la operación y mantenimiento de los equipos dedicados a la prestación de los servicios.

Dado la ausencia de información que refleje el comportamiento de estas variables en las empresas venezolanas del sector, se utilizan los siguientes valores:

1.500 US \$, por concepto de instalación, lo que hace un total de 5.800 US \$ por puerto ATM para las velocidades T1/E1.

Costos	Porcentaje	Observación
Mercadeo / Ventas	18%	De los ingresos por ventas mensuales.
Transporte	24%	Del costo de inversión.
Operación y Mantenimiento	11%	Del costo de inversión.
Gastos Administrativos	10%	Del costo de inversión anual.
Personal	37%	Del costo de inversión mensual.

Fuente: [Brett, 1.998] Brett A. Leyda, "A Cost Model of Internet Services Providers: Implications for Internet Telephony and Yield Management. Thesis, Dept. of Elect. Eng. And Computer Science and the Technology and Policy Program, MIT, Feb. 1998.

Tabla No. 23. Valores Referenciales Porcentaje de los Gastos

La siguiente etapa, es determinar los valores de los criterios de decisión económicas³⁷, utilizando el VPN y la TIR³⁸. (Ver Anexo J. Ejemplo de desarrollo de una evaluación financiera de un escenario). Los resultados se presentan en las Tablas No. 24 y No. 25.

	VPN	TIR	Período de Recuperación Inversión. (meses)
Escenario Base (Capacidad Extra = 0%)	20.395	20.4%	33

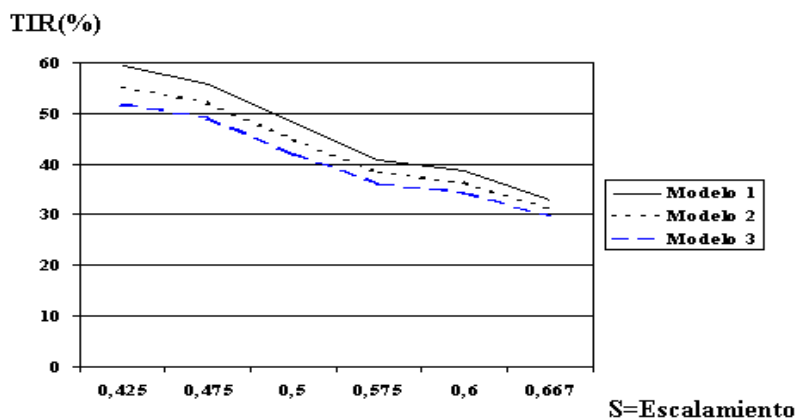
Tabla No. 24. Evaluación Económica. Escenario Base

³⁷ Para la evaluación de los criterios económicos, se usó las macros de evaluación financieras del programa de aplicación EXCEL. La tasa de descuento aplicado a todas las corridas financieras, se utiliza un valor igual al 16 %.

³⁸ Estos valores son los resultados de cada uno de los escenarios que fueron evaluados. A modo de ejemplo en el Anexo J, se desarrolla un modelo, que está relacionado con el Modelo Base (Capacidad Extra de capacidad =0%), pero el mismo puede ser aplicado al resto de los modelos, evaluando distintos valores de escalamientos.

Escalamiento S	Modelo 1: 3x512 Kbps+1x768 Kbps (Capacidad Extra = 20%)			Modelo 2: 2x512 Kbps+2x768 Kbps (Capacidad Extra = 33%)			Modelo 3: 1x512 Kbps+3x768 Kbps (Capacidad Extra = 47%)		
	VPN (US\$)	TIR (%)	Período de Recuperación (meses)	VPN (US\$)	TIR (%)	Período de Recuperación (meses)	VPN (US\$)	TIR (%)	Período de Recuperación (meses)
0,425	233.654	59.1	18	209.437	55.1	19	189.631	51.8	20
0,475	212.707	55.7	19	191.484	52.1	20	174.433	49.2	21
0,5	167.890	48.2	21	148.924	44.9	22	133.447	42.1	23
0,575	126.202	40.8	23	112.091	38,3	24	100.540	36.1	25
0,6	114.158	38.6	24	101.356	36.3	25	90.924	34.3	26
0,67	84.040	33.0	26	74.575	31.2	27	66.837	29.7	28

Tabla No. 25. Evaluación Económica de los distintos modelos de redes evaluadas



Gráfica No.11. Comportamiento de la TIR de los modelos de redes evaluadas

La mejor alternativa financiera del presente estudio, esta representada por el Modelo 1, el cual produce el mayor Valor Presente Neto (VPN), igual a 233.654 US \$, y una Tasa Interna de Retorno (TIR) igual a 59,1 %. Esta alternativa produce una mayor ganancia y retorno sobre la inversión realizada al compararla con el Modelo Base, que representa un modelo de red con una capacidad dedicada de 2,048 Mbits/segundo. Otro aspecto importante a destacar, consiste en que todos los modelos producen una mejor alternativa financiera que el Modelo Base planteado.

En conclusión, en este Capítulo se presenta una descripción de la metodología empírica y estática desarrollada por Boston Consulting Group, y luego es aplicada en el desarrollo de un esquema de tarifas para los servicios servidos en una red simple ATM.

La metodología se evalúa en cuatro modelos: 1) Un Modelo Base, que representa una red de una línea arrendada de 2,048 Mbits/segundo; 2) Un segundo escenario, denominado Modelo 1, y el cual representa una red ATM simple de 2,048 Mbits/segundo, que maneja una capacidad de tres (3) enlaces de 512 Kbits/seg, más un (1) enlace de 768 Kbits/seg; 3) Un Modelo 2, que representa una red compuesta de dos (2) enlaces de 512 Kbits/seg, mas dos (2) enlaces de 768 Kbits/seg sobre un enlace de 2 Mbits/segundo; 4) Y un cuarto escenario, llamado Modelo 3, con una capacidad de un (1) enlace de 512 Kbits/seg, mas tres (3) enlaces de 768 Kits/seg, sobre una capacidad de 2,048 Mbits/segundo en la red.

La evaluación de la metodología en los distintos escenarios, demuestra que: 1) las redes ATM, manejan una capacidad superior a la capacidad nominal de un enlace; 2) estas redes generan un mayor retorno de la inversión de una infraestructura de telecomunicaciones; 3) los precios de los servicios de telecomunicaciones usando la tecnología ATM, pueden ser más económicos, que los servicios prestados sobre las plataformas tecnológicas tradicionales; 4) y por último y quizás la más importante conclusión, para el objetivo del presente trabajo, es que la metodología propuesta, es de fácil aplicabilidad para la elaboración de esquemas de tarifas para los nuevos servicios de telecomunicaciones.

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo fue desarrollar, aplicar y evaluar una metodología para la elaboración de esquemas de precios de los servicios en redes ATM. Las principales conclusiones derivadas del estudio realizado, permite agruparlas en dos áreas:

- **Área: Eficiencia de las redes ATM.**
 - Actualmente existen problemas con los métodos de asignación de recursos de redes ATM, además de existir una creciente necesidad de estudiar modelos de redes cada vez más complejos. Se muestra, como la técnica de simulación ofrece ser una herramienta para llevar a cabo estos estudios.
 - Se muestra la naturaleza de alta variabilidad del tráfico que actualmente cursa las redes de telecomunicaciones. Esta naturaleza del tráfico de difícil control y manejo, tiene un impacto significativo en el comportamiento de una red de telecomunicaciones, que cambia el modelo tradicional de planificación de redes.
 - Las redes ATM operan con un tipo de multiplexación estadística, que le permite soportar distintas clases de servicio garantizando un ancho de banda para transmitir las fuentes de tráfico. Este tipo de multiplexación estadística, ofrece la ventaja de obtener una ganancia por uso de red. Permite también, que las redes sean más eficientes en el transporte de señales con alta variabilidad, y en consecuencia más servicios pueden compartir un recurso al mismo tiempo en función estadística del comportamiento del tráfico ya

que los mismos no requieren una asignación permanente de recursos (ancho de banda) en función de velocidad máxima.

- La característica anterior, permite que más servicios puedan compartir un recurso al mismo tiempo en función estadística del comportamiento del tráfico. Esta ganancia es lograda cuando la suma de las velocidades máximas binarias de un número de fuente de tráfico admitidas es mayor que la capacidad real de la red, y en consecuencia es posible exceder la capacidad real. Esta ganancia, por lo tanto, introduce congestión que afecta la calidad de servicio, los aspectos económicos involucrados, etc y modifica el paradigma del dimensionamiento de redes.

- **Área: Eficiencia económica de las redes ATM:**
 - Se muestra cómo el esquema de precios simple propuesto, basado en un modelo empírico matemático, cuyo origen está basado en la industria de la computación, puede ser implantado en el área de las telecomunicaciones, específicamente para establecer planes de precios en los servicios ATM.

 - El modelo empírico propuesto, toma solo en cuenta los parámetros de capacidad de la red y el Factor de Escalamiento (S), lo cual permite establecer una metodología simple para establecer esquemas de precios, de manera eficiente, de fácil comprensión e implantación en cualquier organización dedicada a los servicios de telecomunicaciones y de fácil comprensión por parte de los usuarios y los clientes.

 - El Factor de Escalamiento (S), mide el grado de apertura de un mercado de servicios de telecomunicaciones. Es así que aquellos mercados donde existe una mayor apertura, el valor tiende hacia valores cercanos a 0,7, y en aquellos mercados donde es cerrado, el valor tiende hacia 0. Los valores de

S, encontrados en la evaluación de países estudiados en el presente análisis, confirman esta apreciación. En el caso de Bolivia el valor de S es de 0,425, un mercado altamente cerrado, y para un operador en los Estados Unidos de Norte América (Operador USA-2), mercado caracterizado por ser un mercado en competencia, el valor de S es de 0,67. En el caso de Venezuela, la evaluación actual del mercado, arrojó un valor S igual a 0,475.

- Los resultados obtenidos, permiten señalar que los precios de los servicios prestados sobre una plataforma ATM, pueden ser más bajos, si se comparan con los servicios similares soportados sobre las redes tradicionales. En los modelos estudiados, los resultados indican que los precios en las redes ATM pueden ser reducidos en función de: la velocidad de transmisión de los servicios, la capacidad extra que maneja la red ATM y el Factor de Escalamiento.
- La evaluación económica de las redes ATM, bajo distintos escenarios de precios, producen mayor rentabilidad económica desde el punto de vista financiero, que el rendimiento de las redes tradicionales. Los resultados basados en los escenarios estudiados, permiten señalar que el VPN varia entre 66.837 US \$ y 233.654 US \$, y la TIR entre 29,7% y 59,1%. El escenario base indica, que produce un VPN de 20.395 US \$ y una TIR de 20,4%.

6.2 Recomendaciones

De los resultados del estudio se plantea las siguientes recomendaciones:

- Evaluar el comportamiento del Factor de Escalamiento en el mercado de las telecomunicaciones venezolano en el momento actual dado su proceso de apertura.
- La aparición de nuevas plataformas tecnológicas como por ejemplo la tecnología ADSL y sus servicios asociados, influyen en el comportamiento de los clientes y del tráfico a cursar en una red. Entonces debe evaluarse el comportamiento del tráfico de los nuevos desarrollos tecnológicos y su impacto en la demanda de recursos.
- Este estudio se puede profundizar considerando otras variables adicionales, no tomadas en cuenta hasta ahora como: variación de retardos de celdas, latencia, varianzas de retardos de celdas, etc.
- Dada la capacidad de las redes ATM de manejar velocidades superiores a los 2,048 Mbits/segundo, y en virtud de las limitaciones técnicas del programa COMNET III utilizado en este estudio, se recomienda evaluar la aplicabilidad del esquema de precios a niveles superiores de velocidad de transmisión.
- Por ultimo, dado el comportamiento de alta variabilidad de los tráficos (voz, datos y video), se recomienda realizar estudios sobre la aplicabilidad o no, del concepto auto-verosimilitud (*self-similarity*) a los estudios de tráficos, específicamente de video y de Internet. Este concepto está relacionado con los fractales y ofrece ser un amplio campo de investigación.

Bibliografía.

[**Abdelnaser, 1.997**] Abdelnaser Adas, “*Traffic Models in Broadband Networks*”, IEEE Communications Magazine; July 1997.

[**Arlitt, 1.995**] Martin F. Arlitt, Ying Chen, Remi J. Gurski and Carey L. Williamson, “*Traffic ATM-TN Telesim Project: Design, Implementation, and Performance Evaluation*”. In Proceedings of the 1995 Summer Computers Simulation Conference , Ottawa, Canada, July 24-26, 1995.

[**Arlitt-2, 1.995**] Martin F. Arlitt and Carey L. Williamson, “*A Synthetic Workload Model for Internet Mosaic Traffic*”, In Proceedings of the 1995 Summer Computers Simulation Conference , Ottawa, Canada, July 24-26.

[**Arlitt-3, 1.995**] Martin F. Arlitt and Carey L. Williamson, “*WEB Server Workload Characterization : The Search for Invariants (Extended Version)*”, In Proceedings of the 1995 Summer Computers Simulation Conference , Ottawa, Canada, July 24-26.

[**Brett, 1.994**] Brett J. Vickers and Tatsuya Suda, “*Some Measured Characteristics of Data and Voice Traffic: A Brief Survey*”, University of California, Irvine, Department of Information and Computer Science, Technical Report # 94-9, 1994.

[**Brett, 1.998**] Brett A. Leyda, “*A Cost Model of Internet Services Providers: Implications for Internet Telephony and Yield Management*”, Thesis, Dept. of Elect. Eng. And Computer Science and the Technology and Policy Program, MIT, Feb. 1998.

[**CACI Product, 1.995**] “*COMNET and Network Planning for Managers. Release 1.3*”, CACI Products Company 1.995.

[CACI Product, 1.996] “COMNET Tutorial: A detail guide in modeling network with COMNET III”, CACI Products Company 1.996.

[CACI Product, 1.998] “COMNET and Network Planning”, CACI Products Company 1.998.

[Commer, 1.996] Douglas E, Commer, “Redes Globales de información con Internet y TCP/IP” , Vol.1, 3era. Edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1.996.

[Danzing, 1.995] Peter B. Danzing and Sugih Jamin, “TCPLIB : A Library of TCP Internetwork Traffic Characteristics”, Report USC-CS-91-495, Computer Science Department, University of Southern California, California, USA, 1.995.

[DaSilva, 2.000] Luiz DaSilva, “Pricing for QoS Enabled Networks: A Survey”, Communications Survey. IEEE Second Quarter 2000.

[Falkner, 1.998] Falkner, Matthias, “Computer Communications. Introduction to the Networks Simulator COMNET III”, CACI Products Company, Sept. 1.998.

[Ferguson, 1.978] Ferguson, C.E y Gould, J.P, “Teoría Microeconómica”, Ed. Fondo de Cultura Económica, 2da. Edición México, 1.978.

[Fishwick, 1.995] Fishwick, P.A., “Computer Simulation: The Art and Science of Digital World Construction”, Computer & Information Science and Engineering Department, University of Florida, Oct. 1.995, <http://www.cise.ufla.edu/~fishwick>

[Frost, 1.994] Frost, Victor S., and Melaned, Benjamin, “Traffic Modeling for Telecommunication Networks”, IEEE Communication Magazine, March 1994.

[Garg, 1.995] Rahul Garg, “*Characterization of Video Traffic*”, Report TR-95-007, Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley, USA, 1.995.

[Goyal, 1.997] Goyal, R., Fahmy, S., and Narayanaswamy, S., “*Modeling Traffic Management in ATM Network with OPNET*”, *The Ohio State University, Dept. of Computers and Information Science, Technical Report, 1.997.*

[Gruber, 1.982] J.C. Gruber, “*A Comparison of Measured and Calculated Speech Temporal Parameters Relevant to Speech Activity Detection*”, IEEE Transc. Communc. Vol. COM. 30, No. 4, pp728-738, 1982.

[Habib, 1.992] L. Habib and T. Saadawi, “*Multimedia Traffic Characteristic in Broadband Networks*”, IEEE Communications Magazine , Vol 30, No. 7, pp-48-54, July 1992.

[Herderson, 1.971] Herderson, J. M., and Quandt, R., “*Microeconomic Theory: A Mathematical Approach*”, Ed. McGraw-Hill Book Co., 2nd Ed. New York, 1.971.

[Heyman, 1.992] D. P. Heyman, A. Tabatabai, and T.V. Lakshman, “*Statistical Analysis and Simulation Study of Video Teleconference Traffic in ATM Networks*”, IEEE Transaction on Circuits and Systems of Video Technology , Vol. 2, No. 1, pp. 49-59, 1992.

[Hyman, 1.991] J. Hyman, A. Lazar, and C. Pacifici , “*Real Time Scheduling with Quality of Service Constraints*”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No 7, pp.1052-1063, September 1991.

[ISO/IEC 11172, 1.993] ISO/IEC, “*Information Technology - Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbits/s*”, ISO/IEC 11172, 1993.

[IEC, 1999] International Engineering Consortium - TecForums, October 1999, <http://www.iec.org>

[ISO/IEC 13818, 1.994] ISO/IEC, “*Information Technology – Generic Coding of moving pictures and associated audio information*”, ISO/IEC 13818, 1994.

[Jordi, 1.995] Pascual Jordi, Andres Albanese and Wielend Holfeld. “*Emulation of Traffic Congestion on ATM Gigabits Networks*”, Technical Report TR-95-005, Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley, USA, 1.995.

[Karlsson, 1.997] Par Karlsson and Ake Arvidsson, “*The Characteristics of WWW Traffic and Relevance to ATM*”, Cost257 Management Committee Meeting, Helsinki, Finland, Temporary Document Cost 257(97) 21, May 1997.

[Karlsson-2, 1.997] Par Karlsson and Ake Arvidsson, “*On TCP/IP Traffic Modeling*”, Dept. Telecommunications and Mathematics, University of Karlskrona, Sweden, 1.997.

[Kelly, 1.996] Frank Kelly, “*Notes on Effective Bandwidths*”, Stochastic Networks: Theory and Applications, F.P. Kelly & I. Zeidins Ed., pp-141-168, Oxford University Press, 1.996.

[Law, 1.994] Law, A.M and McComas, M.G., “*Simulation Software for Communications Networks: The State of the Art*”, IEEE Communications Magazine, March 1.994.

[Legall, 1.991] M. Legall, “*MPEG: A video compression Standard for Multimedia Application*”, Communications of the ACM, Vol 34, No. 4, pp 46-5, April 1991 .

[**Leland, 1.991**] Will E. Leland and Daniel V. Wilson, “*High Time-Resolution Measurement and Analysis of LAN Traffic: Implications for LAN Interconnection*”, *Proceedings IEEE INFOCOM'91*, April 1991.

[**Leland, 1.993**] Will E. Leland, Murad S. Taqqu, Walter Willinger, and Daniel V. Wilson, “*On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic*”, *Computer Communications Review*, Vol. 23, Number 4, October 1993.

[**Lu, 1.993**] Lu, Y., Petr, D., and Frost, V., “*Survey of Source Modeling Techniques for ATM Networks*”, Dept. of Electrical Eng. And Computers Science, Technical Report TISL-10230-1, Sept 1993.

[**Maglaris, 1.988**] B. Maglaris, D.Anastassiou, P. Gunnar Karlson, and J. Robbins “*Performance Models the Statistical Multiplexing in Packet Video Communications*”, *IEEE Transaction on Communications* , Vol. 36, No 7, pp. 834-843, July 1988.

[**Mine, 1.998**] Hilary Mine, “*The future of Online Communication*”, Probe Research Inc. White Paper, September 1998.

[**Muttoomi, 1.999**] Phillip Muttoomi & Daniel T, “*Modeling The Communication Networks Transition to a Data Centric Model*”, 1999. <http://www.ksg.harvard.edu/iid/iicompol/paper/>

[**Murphy, 1.994**] John Murphy and Jerry Teahan, “*Video Source Modeling for ATM Networks*”, Eleventh UK IEE TeleTraffic Symp., Cambridge, UK, 23-25 March 1994.

[**Murphy-1, 1.994**] J. Murphy, L. Murphy, and E.C.Posner. “*Distributed Pricing For Embedded ATM Networks*”, Proc. Of ITC-14, France, June 1.994.

[OFTEL-1.999] Office Telecommunications, “*National Leased Lines*”, U.K, November 1999.

[Palekar, 1.998] Palekar, U.S., “*Introduction to Simulation*”, University of Illinois at Urbana-Champaign, May 1.998, <http://www.cen.uiuc.edu/courses/ie261/notes/simulation>

[Paltridge, 1.999] Paltridge, S., “*Building Infrastructure Capacity for Electronic Commerce Leased Line Developments and Pricing*”, Organization for Economic Co-operation and Development, Report: STI/ICCP/TISP(99)4/FINAL, Aug. 1999.

[Parnell, 1.997] Parnell Teré, “*LAN Times. Guía Redes de Área Extensa*”, 1era. Edición, Editorial McGraw Hill, México. 1.997.

[Parnell-1, 1.997] Parnell Teré, “*LAN Times. Guía Redes de Alta Velocidad*”, 1era. Edición, Editorial McGraw Hill, México. 1.997.

[Parris, 1.992] Collin Parris and D. Ferrari, “*A Resource Based Pricing Policy for Real-Time Channels in a Packet Switching Networks*”, Dept. of Electrical Eng. And Computer Science, University of California, Berkeley, Technical Report TR-92-0118, 1992.

[Parris-2, 1.992] Colin Parris, S. Keshav and D. Ferrari, “*A Framework of the Study of Pricing in Integrated Networks*”, Dept. of Electrical Eng. And Computer Science, University of California, Berkeley, Technical Report TR-92-016, 1992.

[Paxson 1.994] V. Paxson, “*Growth Trends in Wide Area TCP Connections*”, IEEE Network, Vol. 8 No. 4, pp. 8-17, July 1994.

[Paxson 1.995] V. Paxson, and S. Floyd, “*Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling*”, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 3 No. 3, June 1995.

[Pollatschek, 2.001] Pollatschek, M.A., *“Introduction to Simulation”*, Faculty of Industrial Engineering and Management, Israel Institute Technion City, January 2.001, <http://iew3.technion.ac.il/~hani/simint.html>

[Prady, 1.968] P.T. Brady, *“A Statistical Analysis of Off-On Patterns in 16 Conversations”*, Bell System Tech. Journal, pp 73-91, 1968.

[Rainer, 1.994] Rainer Händel, Manfred N. Huber and Stefan Schröder, *“ATM Networks: Concepts, Protocols And Applications”*, Second Edition, Addison-Wesley, 1994.

[Sairamesh, 1.995] J. Sairamesh, D. Ferguson and Y. Yemini, *“An Approach to Pricing , Optimal Allocation and QoS Provisioning in High Speed Packet Networks”*, INFOCOMM 95, 1.995.

[Saulnier, 1.994] Saulnier, E.T and Bortscheller, B., *“Simulation Model Reusability”*, IEEE Communications Magazine, March 1.994.

[Shenker, 1.995] Scott Shenker, *“Service Models and Pricing for a Service Internet”*, Palo Alto Research Center Xerox Corporation. Technical Report: policy.ps, MIT Press, 1.995.

[Steins, 2001] Steins, K., *“Introduction to Simulation”*, Dept. of Computers Information Science , Linkoping University, January 2.001, <http://www.ida.liu.se/~timm42>

[Tanenbaum, 1.997] Andrew Tanenbaum, *“Redes de Computadoras”*, 3era. Edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1.997.

[**Tao 1.992**] Tao Yang and Danny H.K. Tsang “*A novel approach to estimating the cell loss probability in an ATM Multiplexer loaded with homogeneous Off-On sources*”, IEEE Globecom , 1992.

[**Tarifica, 2001**] Tarifica, “*ATM Report: A Survey of pricing an Availability of European Services*”, May 2.001.

[**Trick, 1.995**] Trick, M., “*Introduction to Simulation*”, Carnegie Mellon University, Feb. 1.995, <http://mat.gsia.cmu.edu/simul>

[**Vicari, 1.997**] Norbert Vicari, “*Measurement and Modeling of WWW-Sessions*”, University of Wurzburg, Institute of Computer Science, Research Report Series: TR184, Sept 1997.

[**Vicari-2, 1.998**] Norbert Vicari, “*Models of WWW-Traffic: A Comparison of Pareto and Logarithmic Histogram Models*”, University of Wurzburg, Institute of Computer Science, Research Report Series: TR198, March 1998.

[**Veciana, 1.993**] G. De Veciana, C. Courcoubetis and J. Warlrand, “*Decoupling Bandwidths for Networks: A Decomposition Approach to Resource Management*”, UCB/ERL, Technical Report M93/50, June 1993.

[**Woodruff, 1.990**] G.Woodruff and R. Kositpaiboon, “*Multimedia Traffic Management Principles for Guarantee ATM Networks Performance*”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 8, n3, April 1990.

ANEXO A

Modelo del Protocolo de Referencia B-ISDN / ATM

Un aspecto fundamental de las redes de ATM, es que las mismas están basadas en el modelo de Capas de la ISO-OSI, donde este último modelo de referencia está estructurado en siete niveles. Donde cada uno de los niveles define el tipo de servicios que ofrece a sus usuarios y la calidad de dichos servicios. Adicionalmente las capas están relacionadas en un orden jerárquico, en consecuencia ningún nivel o capa puede ser omitida. El de mayor jerarquía utiliza los servicios de las capas inferiores.

En la Figura A-1 se muestra la estructura básica de la arquitectura OSI y como se encuentra diseñada para la intercomunicación entre aplicaciones.

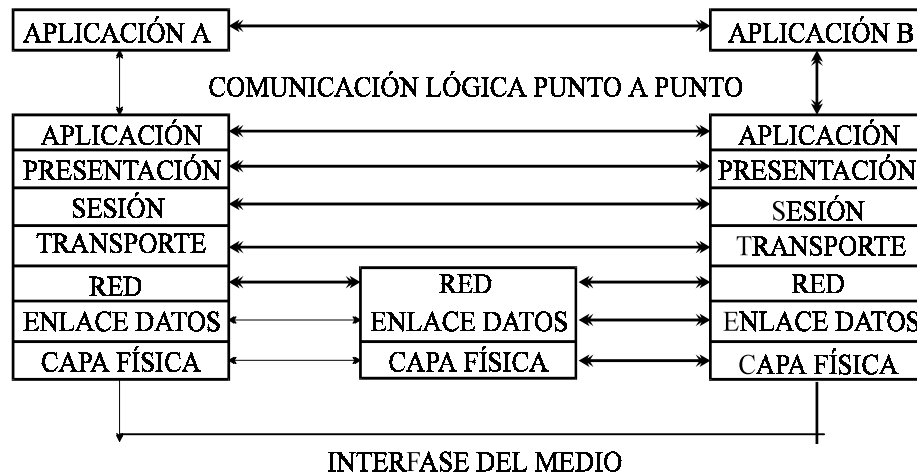


Figura A-1. Arquitectura por niveles del Modelo de Referencia ISO/OSI

A continuación se detallan brevemente las funciones de los siete niveles o capas que componen el modelo de referencia:

- **Capa Física:** Brinda características eléctricas, funcionales y mecánicas, para la activación, mantenimiento y desactiva enlaces físicos de datos que pasan

transparentemente el flujo de bits para la comunicación entre entidades de enlace de datos.

- **Capa de Enlace de Datos:** Brinda medios funcionales y mecánicos para la transferencia de datos entre redes; proporciona activación, mantenimiento y desactivación de conexiones de enlaces de datos, sincronización de tramas y caracteres, agrupa los bits en caracteres y tramas, y se encarga del control de error, control de acceso al medio y control de flujo.
- **Capa de Red:** Se encarga de conmutar y enrutar las funciones con el fin de establecer, mantener y terminar las conexiones entre las capas y transfiere datos entre las capas de transporte.
- **Capa de Transporte:** Brinda calidad, según como la requieran las aplicaciones, en el campo de *host a host*, transparencia en la transferencia de datos, y control de flujo de fin a fin. Divide los mensajes grandes en fragmentos adaptables al tipo de protocolo y asegura que el mensaje llegue a su destino.
- **Capa de Sesión:** Se encarga de los mecanismos de organización y diálogos de estructuración entre los procesos de aplicación. Establece, libera y mantiene conexiones.
- **Capa de Presentación:** Brinda representación independiente de datos y se encarga de la selección de la sintaxis para cada una de las comunicaciones de las aplicaciones. Se encarga de la conversión de contextos seleccionados y la arquitectura interna estándar.
- **Capa de Aplicación:** Se encarga de los programas de aplicación para el usuario. Provee aplicaciones con acceso a la pila del ISO/OSI y ciertos servicios de comunicación.

En las recomendaciones establecidas por la UIT-T, los servicios B-ISDN son definidos como una evolución de los servicios ISDN, servicios que facilitan la prestación de servicios de voz, datos, video y multimedia en redes de ancho de banda angosto y banda ancha. Estos servicios poseen distintas propiedades: velocidad binaria constante (CBR), velocidad binaria variable, servicios orientados a conexión, o servicios orientados a no-conexión, conexiones virtuales punto a punto, multipunto, simétricas o asimétricas, unidireccionales, bidireccionales, conmutados o semi-permanentes^[Rainer, 1.994]. En los sistemas actuales, los principios de funcionamiento están basados en

los modelos definidos por capas o niveles de organización, de manera análoga al modelo ISO/OSI, donde se definen la interrelación entre las capas para el establecimiento de las comunicaciones. Estas relaciones, se denominan el modelo de protocolo de referencia (PRM). En la Recomendación I.320 de la UIT-T, se detalla el PRM que se usa para ISDN, y en la recomendación I.320 de la ITU-T se describe los fundamentos para el PRM a ser utilizados en los servicios B-ISDN, y son detallados en la Recomendación UIT-T I.321. Este último comprende la filosofía de los servicios B-ISDN.

El PRM B-ISDN consiste en tres planos ^[Rainer, 1.994, op.. cit]

- Plano de Gestión
- Plano de Usuario
- Plano de Control

El Plano de Gestión: Está dividido en dos secciones, de acuerdo a las funciones que ejecutan: las funciones de la capa de gestión y las funciones del plano de gestión. Todas las funciones de gestión relacionadas con el sistema se encuentran en este plano de gestión, responsable de la coordinación entre cada uno de los planos. En este plano no existe una división por capas.

El Plano de Usuario: Este plano sirve para la transferencia de información del usuario. Incluye todos los mecanismos asociados, como el control de flujo y recuperación de errores. Este plano representa los protocolos referidos para la transmisión de información entre los usuarios a través de la red. Desafortunadamente, no existe una relación uno a uno, o una relación exacta entre las capas del Modelo de Referencia OSI y el PRM B-ISDN, en consecuencia el equivalente del modelo de referencia ISO/OSI^{A-1} para las redes de ATM (Figura No. 12), está compuesto de cuatro capas o niveles:

- Capas Superiores
- Capa de Adaptación de ATM (AAL)
- Capa ATM

^{A-1} Modelo de Referencia OSI para aplicaciones de la ITU-T se define en el Artículo X.200

- Capa Física

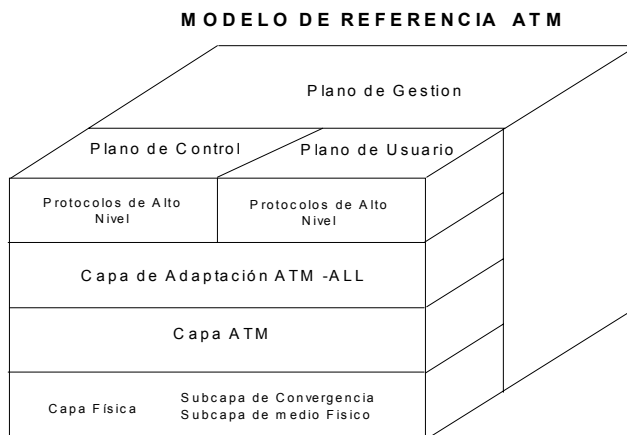


Figura A-2. Modelo de Referencia ATM y su equivalente con Modelo ISO / OSI

El funcionamiento de las capas es muy similar al del modelo de referencia ISO/OSI; utilizan los servicios que les brindan las capas inferiores y proveen servicios a las superiores. La estructura por medio de capas permite independencia en el diseño e implantación de cada capa y en cada una de ellas se regula la comunicación entre las estaciones terminales y la red. Así las comunicaciones entre las estaciones finales y los nodos de conmutación se realizan en la Capa Física, donde se realizan las conexiones físicas propiamente dicha, que pueden ser a través de cables coaxiales, cables de fibra óptica o cualquier otro medio de transmisión. En consecuencia, en esta capa se establecen los servicios que se brindan al usuario. Esta capa se divide en un subnivel de Medio Físico (PM), encargado de transmitir una serie de bits con información de tiempo asociada y codificación de línea, la cual depende del medio físico utilizado; el otro subnivel utilizado es el de Convergencia de Transmisión (TC), que establece las funciones de transmisión independientes del medio físico, entre las cuales se encuentran:

- Transmisión de generación de trama y recuperación
- Adaptación de trama (mapeo de celdas dentro y fuera de la carga de la trama)
- Delineación de celdas (identificación y recuperación de los límites de las celdas)
- Procesamiento y generación de revisión de error del encabezado (*header*) de celda
- Ajuste de la velocidad de celdas (Inserción y extracción de celdas vacías)

En una capa superior se encuentra la capa ATM, donde toda la información es transformada y procesada y convertida en bloques de longitud fija de 53 octetos denominadas celda, para ser transmitida y usada para el intercambio de comunicación entre los clientes finales y la red propiamente dicha. La Capa ATM, acepta unidades del AAL listas para la encapsulación (generación y concatenación del encabezado (*header*)) y entrega la información al AAL después de la descapsulación (extracción y procesamiento del encabezado) de la celda. La función principal de la Capa ATM es la transferencia secuencial de principio a fin de las celdas ATM de acuerdo a la información de protocolo contenida en el encabezado de cada celda.

En otra capa superior se encuentra la Capa Adaptación de ATM (*AAL ATM Adaptation Layer*), siendo esta Capa AAL, la encargada de adaptar el proceso de transferencia a capas superiores de los distintos servicios requeridos por los clientes o usuarios, dado que las mismas requieren de distintos niveles de calidad en su comunicación. La Capa de Adaptación de ATM (AAL) maneja todos los servicios arriba de la Capa ATM de servicio independiente. Las funciones de la AAL son de servicios específicos, y originalmente fueron diseñados con la numeración del 1 al 4; en correspondencia a las clases de servicio A a D. Sin embargo, los modelos AAL3 y AAL4 se han unido para dar lugar a un solo modelo llamado AAL^{3/4}, y un nuevo modelo denominado AAL5, se ha adoptado a manera de una versión más simple del modelo AAL^{3/4} para servicios de datos que emplean VBR. A continuación se detalla los cuatro tipos diferentes de tráfico:

- AAL 1: este tipo de capa ejecuta las acciones necesarias para adaptar los servicios de Velocidad Binaria Constante (*CBR Constant Bit Rate*). Este tipo de servicio requiere que la información sea transmitida entre el nodo origen hasta el nodo destino a una velocidad binaria constante una vez que la conexión virtual ha sido establecida. Entre los tipos de servicios soportado por esta capa se tiene: circuitos síncronos por ejemplo 64 Kbps o circuitos asíncronos por ejemplo circuitos a 2,048 Mbits/segundo, servicios de video, transporte de voz, transporte de audio de alta calidad.

- AAL 2: esta clase de capa maneja las clases de servicio del tipo Velocidad Binaria Variable (*VBR Variable Bit Rate*). El servicio comúnmente prestado por esta capa es la transferencia de datos.
- AAL 3/4: este tipo de capa facilita el transporte de señales de tramas de longitud variables y permite la corrección con errores. Además esta capa provee la facilidad enrutamientos de paquetes de información. Esta capa es recomendada para la transferencia de datos. La capa AAL ha sido diseñada para la conexión orientada de datos, mientras que la capa AAL 4 es para conexiones no orientadas de datos, Ambas han sido combinadas en una sola capa denominada AAL 3/4.
- AAL 5: es una simplificación de la capa AAL 3/4, donde limita el transporte de señales a conexiones orientadas y tramas simples en el tiempo. Esta capa es recomendada para conexiones orientadas de datos de alta velocidad, además permite servicios sin encabezados lo cual origina una mejor para detectar los errores. La capa AAL 5 esta diseñada para clases de servicios iguales a los prestados en los servicios del tipo AAL 3/4, con la particularidad que contiene menos bits de encabezados y dedica los 48 bytes a la carga útil de información.

Plano de Control: Este plano es responsable de las funciones de control de llamadas y conexiones. Todas estas son funciones de señalización necesarias para el establecimiento, supervisión y liberar una llamada o conexión. Las funciones de la Capa Física y de la Capa ATM (*ATM Layer*) son las mismas para el Plano de Control y el Plano de Usuario.

ANEXO B

Comportamiento de Rutas Internacionales de Telefonía

A continuación se presenta el tráfico de varias rutas de telefonía internacional de enlaces de una capacidad 2,048 Mbps cada una, y su comportamiento a lo largo de un día cualquiera.

Numero de llamadas Promedio / Hora Pico

Tipo de llamada	HORA	Col./Norte	Col / Centro	Col. SS7	USA-ATT	USA-MCI	USA-Sprint
Saliente	00:00	1,35	1,80	0,90	6,08	5,00	0,00
Saliente	01:00	0,35	0,60	0,30	2,72	1,76	0,00
Saliente	02:00	0,70	0,90	0,45	1,08	1,44	0,00
Saliente	03:30	0,05	0,30	0,15	0,30	0,78	0,00
Saliente	04:00	0,10	0,15	0,08	0,60	0,78	0,00
Saliente	05:00	0,50	0,35	0,18	0,52	1,08	0,00
Saliente	06:00	0,93	1,75	0,88	0,60	1,77	0,00
Saliente	07:00	2,78	9,50	4,75	2,63	4,06	0,00
Saliente	08:00	5,98	15,55	7,78	5,28	8,70	0,60
Saliente	09:00	10,50	21,25	10,63	13,05	14,18	8,12
Saliente	10:00	11,78	21,90	10,95	22,73	17,95	16,83
Saliente	11:00	13,23	21,60	10,80	26,43	18,34	17,87
Saliente	12:00	9,78	20,80	10,40	23,47	18,69	17,03
Saliente	13:00	7,00	18,30	9,15	19,60	17,82	8,23
Saliente	14:00	7,80	18,70	9,35	18,95	18,05	13,40
Saliente	15:00	10,25	20,45	10,23	18,87	17,63	17,43
Saliente	16:00	11,13	20,90	10,45	21,63	17,61	16,83
Saliente	17:00	10,65	20,90	10,45	21,38	16,69	14,12
Saliente	18:00	11,98	22,05	11,03	17,17	15,23	7,98
Saliente	19:00	10,83	22,55	11,28	19,38	16,04	7,68
Saliente	20:00	16,10	21,75	10,88	18,50	16,48	7,27
Saliente	21:00	19,73	21,85	10,93	18,67	17,69	8,80
Saliente	22:00	14,05	20,80	10,40	20,45	16,91	8,10
Saliente	23:00	5,53	11,65	5,83	11,37	10,83	2,33

ANEXO C

Tablas de Comportamiento de las Tramas de Video

A Nivel

Tramas

(bps)

	Asteric	ATP	Mr. Bond	FUSS	Lambs	Movie2	Mr. Bean	MTV	NEWS
Promedio	22.357	21.892	24.305	27.124	7.310	14.293	17.619	24.614	15.356
Minimo	2.577	2.229	4.997	5.525	2.219	1.607	4.902	3.301	1.706
Maximo	89.953	65.665	79.697	106.769	38.505	56.863	71.939	106.733	92.897
desv. Standard	10.401	8.173	9.100	10.313	4.407	7196	8.771	11.460	7.183
CoV	0,4652	0,3733	0,3744	0,3802	0,6028	0,5035	0,4978	0,4656	0,4677

A nivel GOP(bps)

Promedio	268.289	262.700	291.655	325.489	87.725	171.514	211.424	295.367	184.273
Minimo	30.924	26.748	59.964	66.300	26.628	19.284	58.824	39.612	20.472
Maximo	1.079.436	787.980	956.364	1.281.228	462.060	682.356	863.268	1.280.79	1.114.764
desv. Standard	124.808	98.074	109.205	123.755	52.879	86.350	105.257	137.516	86.194

A Nivel de Tramas (Celdas)

Promedio	466	456	506	565	152	298	367	513	320
Minimo	54	46	104	115	46	33	102	69	36
Maximo	1.874	1.368	1.660	2.224	802	1.185	1499	2.224	1.935
desv. Standard	217	170	190	215	92	150	183	239	150

A nivel de GOP

(Celdas)

Promedio	5.589	5.473	6.076	6.781	1.828	3.573	4.405	6.153	3.839
Minimo	644	557	1.249	1.381	555	402	1.226	825	427
Maximo	22.488	16.416	19.924	26.692	9.626	14.216	17.985	26.683	23.224
desv. Standard	2.600	2.043	2.275	2.578	1.102	1.799	2.193	2.865	1.796

A Nivel Tramas (bps)

	RACE	SOCCER	TERMINATOR	VIDEO_CONF.
Promedio	30.757	25.107	10.902	6.020
Minimo	9.355	6.905	2.070	4.629
Maximo	111.053	97.606	33.959	11.934
desv. Standard	11.594	12.056	3.765	1.039
CoV	0,3770	0,4802	0,3454	0,1726

A nivel GOP(bps)

Promedio	369.086	301.288	130.819	72.241
Minimo	112.260	82.860	24.840	55.548
Maximo	1.332.636	1.171.272	407.508	143.208
desv. Standard	139.132	144.672	45.179	12.466

**A Nivel de Tramas
(Celdas)**

Promedio	641	523	227	125
Minimo	195	144	43	96
Maximo	2.314	2.033	707	249
desv. Standard	242	251	78	22

A nivel de GOP(Celdas)

Promedio	7.689	6.277	2.725	1.505
Minimo	2.339	1.726	518	1.157
Maximo	27.763	24.402	8.490	2.984
desv. Standard	2.899	3.014	941	260

ANEXO D

Definición Gráficos P-P Plots y Q-Q Plots^{A-2}.

Uno de los métodos heurístico utilizado en la estadística para analizar el comportamiento de una serie de datos, es el método de gráfico de probabilidad, conocido en el campo de la estadística como los gráficos P-P Plots o Q-Q Plots. El objetivo de ambos métodos es tratar de analizar de forma gráfica y mediante una comparación, si la muestra de los datos tiene un comportamiento similar alguna de las distribuciones de probabilidad conocidas o si alguna de distribuciones probabilidad pueden representar de manera aproximada la serie de datos en estudio, seleccionado aquella distribución de probabilidad que mejor ajuste o represente el grupo de datos.

- **Gráficos Q-Q Plots**

Sea $F(x)$, la función de distribución de una variable aleatoria continua. Para $0 < q < 1$, el q -quantil de $F(x)$ es definido como el valor x_q , que es solución $F(x_q) = q$. Sea $q_i = (i-0,5) / N$, para $i = 1, 2, \dots, N$, siendo $0 < q_i < 1$. Para cualquier conjunto de datos continuos, el quantil-quantil gráfico (Q-Q Plots) es un gráfico del q_i -quantil de un modelo de una función de distribución probabilística en particular ajustada $F'(x)$, entonces se tiene que $x_{q_i}^{\text{model}} = F'^{-1}(q_i)$, versus q_i - quantil de la muestra de la función de distribución $F^*_N(x)$, donde $x_{q_i}^{\text{muestra}} = F^*_{N^{-1}}(q_i) = X(i)$, para todo $i=1, 2, \dots, N$.

Si $F(x)$ es igual a el verdadero valor de la distribución $F(x)$, y si la muestra de tamaño N es grande, entonces $| F'(x) - F^*_N(x) |$, será pequeño y el gráfico Q-Q Plots será aproximadamente a una recta lineal con el valor de intercepto igual a 0 y una pendiente igual a 1.

^{A-2} Un buen tutorial que trata el tema se encuentra en la dirección de Internet:
http://www.basic.nwu.edu/statguidefiles/sg_glos.html

La estimación de la muestra de q_i -quantiles es simple. Primero, ordenamos $\{x_i\}$ en orden ascendente y obtenemos $\{x_i^{\text{ordenado}}\}$. Luego, el q_i -quantil de $F_N^*(x)$ es dado por x_i^{ordenado} .

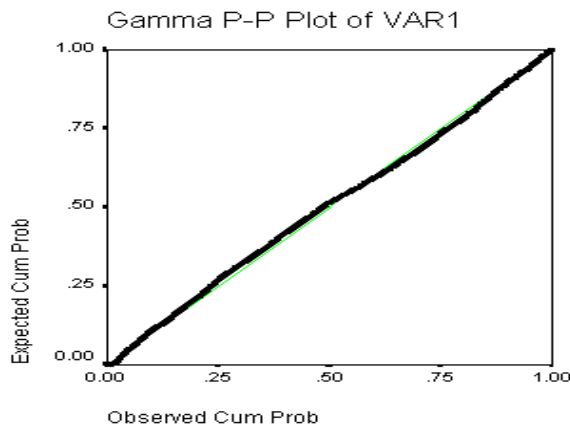
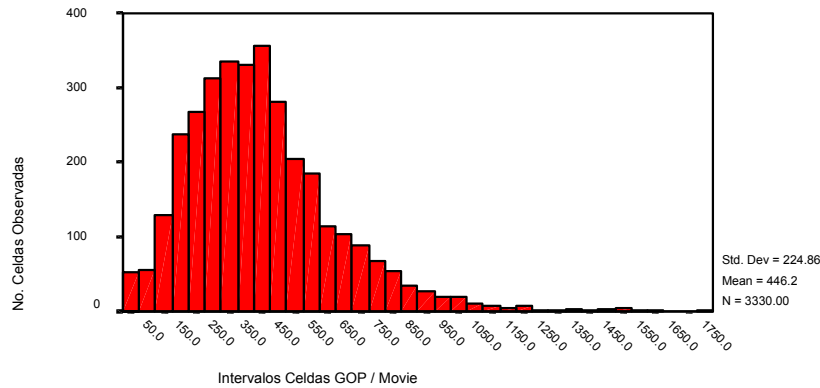
- **Gráficos P-P Plots**

Los gráficos P-P Plots tienen un análisis similar al gráfico Q-Q Plots. El gráfico de probabilidad-probabilidad P-P Plots, es un gráfico que representa las probabilidades de la distribución de probabilidad estimada o teórica $F(x)$, se tiene entonces que $x_{qi}^{\text{model}} = F^{-1}(q_i)$, versus q_i -quantil de la muestra de la función de distribución $F_N^*(x)$, donde $x_{qi}^{\text{muestra}} = F_N^{*-1}(q_i) = X(i)$, para todo $i=1,2, \dots, N$.

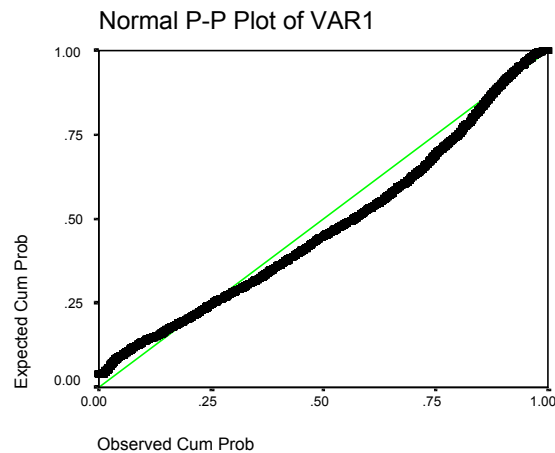
ANEXO E

Gráficas P-P Plots. Salida SPSS

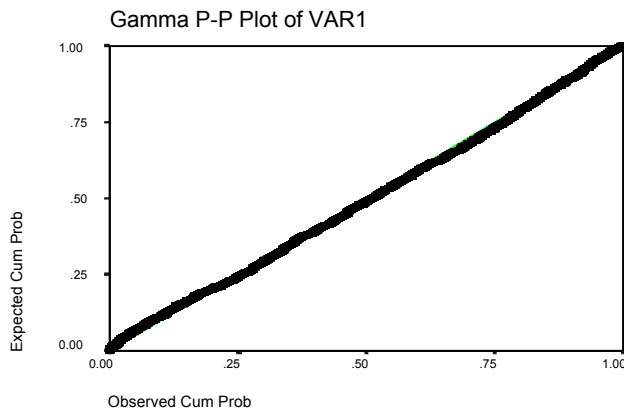
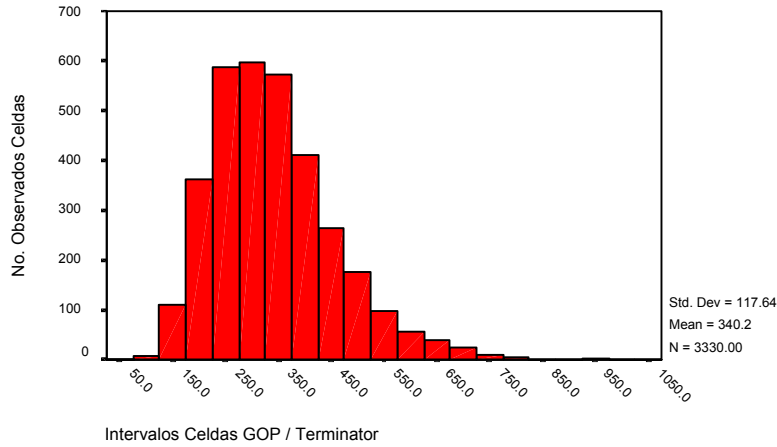
1.- Traza de Video: Movie



Nos indica que la serie de datos asociada a la traza de video Movie, puede ser representada a través de una distribución probabilística Gamma. La distribución Gamma teórica está representada por una línea recta que pasa por el origen y con intercepto igual a uno.

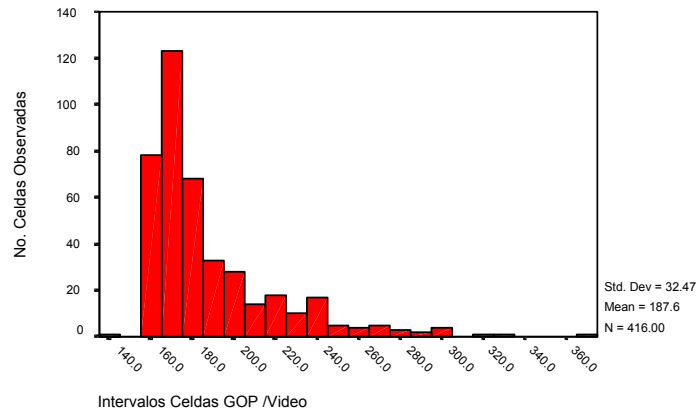


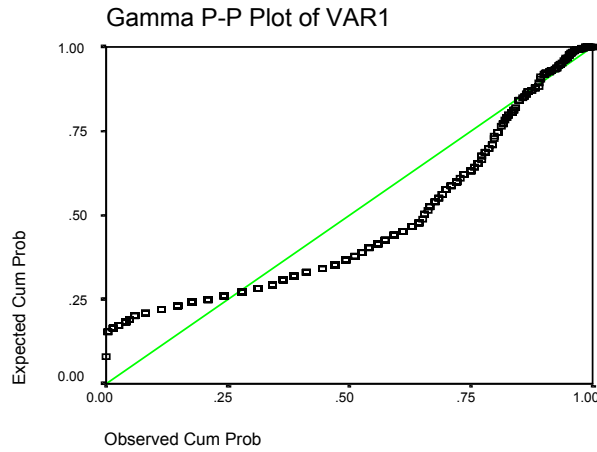
2.- Traza de Video: Terminator



Nos indica que la serie de datos asociada a la traza de video Terminator, puede ser representada a través de una distribución probabilística Gamma. La distribución Gamma teórica está representada por una línea recta que pasa por el origen y con intercepto igual a uno.

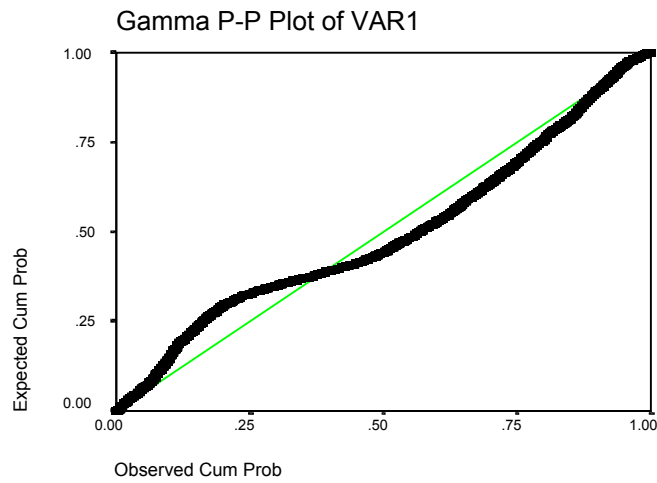
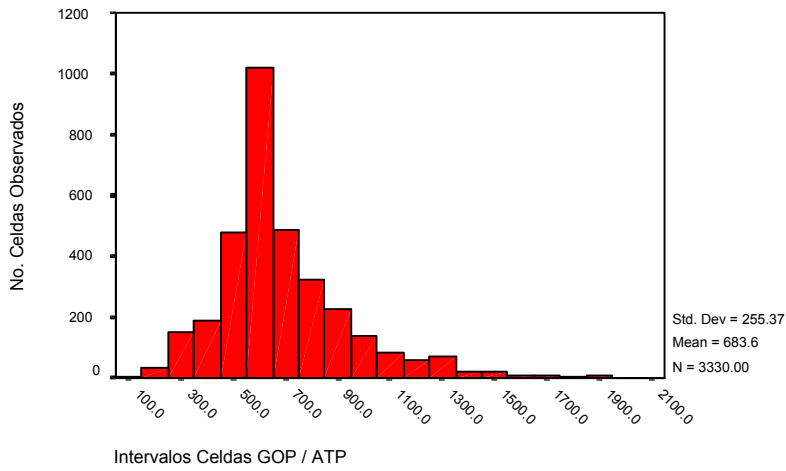
3.- Traza de Video: Video-Conferencia





Una evaluación de distintas funciones de probabilidad para determinar cual de ellas mejor ajusta la serie de datos de video: Video-Conferencia, se determinó que la mejor función era la función de Probabilidad Gamma. En ausencia de otra serie de datos de video asociada a Video-Conferencia para ser evaluada en su comportamiento se seleccionó la del presente estudio

4.- Traza de Video: ATP



La mejor función probabilística que ajusta la serie de datos ATP, es la función Gamma.

ANEXO F**Reportes Salidas COMNET III
Salidas de Modelos Simples de Fuentes de Tráfico****1. Modelo Simple de Voz**

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Wed Apr 04 23:22:57 2001 PAGE 1

VOZ
INPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 220.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	200	0	0	0	5
Enlace-Voz_TX	176799	0	0	0	53
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	176799	0	0	0	53
Enlace_Voz_RX	200	0	0	0	5
Nodo_Voz_ATM_TX:					
Enlace-Voz_TX	200	0	0	0	5
Nodo_Voz_ATM_RX:					
Enlace_Voz_RX	176799	0	0	0	53

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Wed Apr 04 23:22:57 2001 PAGE 2

VOZ
OUTPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 220.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	176799	0	21	26	58
Enlace-Voz_TX	200	0	0	0	5
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	200	0	0	0	5
Enlace_Voz_RX	176799	0	39	23	58
Nodo_Voz_ATM_TX:					
Enlace-Voz_TX	176810	0	5033	7232	50726
Nodo_Voz_ATM_RX:					
Enlace_Voz_RX	200	0	0	0	5

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Wed Apr 04 23:22:57 2001 PAGE 3

VOZ
RECEIVED MESSAGE COUNTS
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 220.0 SECONDS

RECEIVER	COUNT	MESSAGE NAME
Nodo_Voz_ATM_RX	3045	Voz

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Wed Apr 04 23:22:57 2001 PAGE 4

VOZ
LINK DELAYS AND UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 220.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enlace-Voz_TX						
FROM Nodo_Router_ATM	200	0	0.078	0.000	0.078	0.01
FROM Nodo_Voz_ATM_TX	176799	0	0.827	0.025	0.828	73.13
Enlace_Voz_RX						
FROM Nodo_Router_ATM	176799	0	0.827	0.025	0.828	73.13
FROM Nodo_Voz_ATM_RX	200	0	0.078	0.000	0.078	0.01

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Wed Apr 04 23:22:57 2001 PAGE 5

VOZ
CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 220.0 SECONDS

CLOUD: VC:	FRAMES KILOBITS	FRAMES / KILOBITS			
		ACCEPTED NORMAL	DE	DROPPED NORMAL	DE
Nube_ATM		(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 74894)			
VC	Frm	353397	0	0	0
	kb	74886	0	0	0

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Wed Apr 04 23:22:57 2001 PAGE 6

VOZ
CLOUD VC FRAME DELAY
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 220.0 SECONDS

CLOUD: VC	FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
	AVG	STD	MAX	AVG	MAX
Nube_ATM					
VC	1	0	1	213	273

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Wed Apr 04 23:22:57 2001 PAGE 7

VOZ
CLOUD ACCESS LINKS
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 220.0 SECONDS

CLOUD: ACCESS LINK	(ENTRY) (EXIT)	FRAMES		BUFFER (KBYTE)			% UTIL
		ACCEPTED	DROPPED	MAX	AVG	STD	
Nube_ATM							
Access17	Entry	353397	0	N/A	N/A	N/A	39.02
	Exit	200	0	0	0	0	0.02
Access26	Entry	200	0	N/A	N/A	N/A	0.02
	Exit	353396	0	0	0	0	39.02

2. Modelo Simple de Datos

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue Apr 10 22:20:23 2001 PAGE 1

DATOS113
INPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 300.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	200	0	0	0	5
Enlace-datos_TX	124580	0	0	0	53
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	124578	0	0	0	53
Enlace_datos_RX	200	0	0	0	5
Nodo_datos_ATM_TX:					
Enlace-datos_TX	200	0	0	0	5
Nodo_datos_ATM_RX:					
Enlace_datos_RX	124577	0	0	0	53

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue Apr 10 22:20:23 2001 PAGE 2

DATOS113
OUTPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 300.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	124580	0	14	23	58
Enlace-datos_TX	200	0	0	0	5
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	200	0	0	0	5
Enlace_datos_RX	124578	0	27	26	58
Nodo_datos_ATM_TX:					
Enlace-datos_TX	124593	0	1017	2564	31482
Nodo_datos_ATM_RX:					
Enlace_datos_RX	200	0	0	0	5

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue Apr 10 22:20:23 2001 PAGE 3

DATOS113
RECEIVED MESSAGE COUNTS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 300.0 SECONDS

RECEIVER	COUNT	MESSAGE NAME
Nodo_datos_ATM_RX	6546	datos

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue Apr 10 22:20:23 2001 PAGE 4

DATOS113
LINK DELAYS AND UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 300.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enlace-datos_TX						
FROM Nodo_Router_ATM	200	0	0.078	0.000	0.078	0.01
FROM Nodo_datos_ATM_	124580	0	0.827	0.030	0.828	51.51
Enlace_datos_RX						
FROM Nodo_Router_ATM	124577	0	0.827	0.030	0.828	51.51
FROM Nodo_datos_ATM_	200	0	0.078	0.000	0.078	0.01
CACI COMNET III	RELEASE	1.1n	Tue Apr 10 22:20:23 2001		PAGE	5

DATOS113
CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 300.0 SECONDS

CLOUD: VC:	FRAMES KILOBITS	FRAMES / KILOBITS			
		ACCEPTED NORMAL	DE	DROPPED NORMAL	DE
Nube_ATM		(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 52752)			
VC	Frm	248956	0	0	0
	kb	52744	0	0	0

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue Apr 10 22:20:23 2001 PAGE 6

DATOS113
CLOUD VC FRAME DELAY
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 300.0 SECONDS

CLOUD: VC	FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
	AVG	STD	MAX	AVG	MAX
Nube_ATM					
VC	1	0	1	143	257

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue Apr 10 22:20:23 2001 PAGE 7

DATOS113
CLOUD ACCESS LINKS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 300.0 SECONDS

CLOUD: ACCESS LINK	(ENTRY) (EXIT)	FRAMES		BUFFER (KBYTE)			% UTIL
		ACCEPTED	DROPPED	MAX	AVG	STD	
Nube_ATM							
Access17	Entry	248959	0	N/A	N/A	N/A	25.77
	Exit	200	0	0	0	0	0.02
Access26	Entry	200	0	N/A	N/A	N/A	0.02
	Exit	248957	0	0	0	0	25.77

3. Modelo Simple de Video: ATP

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 1

ATP
INPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	500	0	0	0	5
Enlace-Video_TX	311076	0	0	0	53
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	311079	0	0	0	53
Enlace_Video_RX	500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_TX:					
Enlace-Video_TX	500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_RX:					
Enlace_Video_RX	311080	0	0	0	53
CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 2					

ATP
OUTPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	311076	0	15	24	58
Enlace-Video_TX	500	0	0	0	5
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	500	0	0	0	5
Enlace_Video_RX	311079	0	18	25	106
Nodo_Video_ATM_TX:					
Enlace-Video_TX	310931	0	1002	1918	21147
Nodo_Video_ATM_RX:					
Enlace_Video_RX	500	0	0	0	5
CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 3					

ATP
RECEIVED MESSAGE COUNTS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

RECEIVER	COUNT	MESSAGE NAME
Nodo_Video_ATM_RX	4502	Video1
CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 4		

ATP
LINK DELAYS AND UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

FRAMES	TRANSMISSION DELAY (MS)	%
--------	-------------------------	---

LINK	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	UTIL
Enlace-Video_TX						
FROM Nodo_Router_ATM	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video_ATM_	311076	0	0.551	0.020	0.552	34.30
Enlace_Video_RX						
FROM Nodo_Router_ATM	311080	0	0.551	0.020	0.552	34.30
FROM Nodo_Video_ATM_	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 5

ATP
 CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD:	FRAMES / KILOBITS	ACCEPTED	DROPPED
VC:	FRAMES	DE	DE
	KILOBITS	NORMAL	NORMAL
Nube_ATM	(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED =	131725)
VC	Frm	621658	0
	kb	131705	0

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 6

ATP
 CLOUD VC FRAME DELAY
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD:	FRAME DELAY (MS)	BURST SIZE (kb)
VC	AVG STD MAX	AVG MAX
Nube_ATM		
VC	1 0 1	252 615

ATP
 MESSAGE DELAYS FOR SESSION SOURCES
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC:	MESSAGES	MESSAGE DELAY (MILLISECONDS)		
DESTINATION LIST	ASSEMBLED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:				
Nodo_Video_ATM_RX	4502	51.457	20.887	222.179
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:				
Nodo_Video_ATM_TX	0	0.000	0.000	0.000

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 7

ATP
 PACKET DELAYS FOR SESSION SOURCES
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC: NUMBER OF PACKETS PACKET DELAY (MS)

DESTINATION LIST	CREATED	DELIVERED	RESENT	DROPPED	AVERAGE	MAXIMUM
Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:						
Nodo_Video_ATM_RX	310431	310580	0	0	32.685	222.179
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:						
Nodo_Video_ATM_TX	0	0	0	0	0.000	0.000

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 13:04:28 2001 PAGE 8

ATP
SESSION SOURCE STATISTICS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC NAME:	TRIED	NUMBER OF SESSIONS				
DESTINATION LIST		SETUP	RETRY	BLOCK	DISCON	RERTD
Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:						
Nodo_Video_ATM_RX	500	500	0	0	0	0
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:						
Nodo_Video_ATM_TX	0	0	0	0	0	0

4. Modelo Simple de Video: MOVIE

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 1

MOVIE2
INPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE:	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)			
	CONNECTED LINKS	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:						
Nube_ATM		500	0	0	0	5
Enlace-Video_TX		197550	0	0	0	53
Nodo_Router_ATM_RX:						
Nube_ATM		197550	0	0	0	53
Enlace_Video_RX		500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_TX:						
Enlace-Video_TX		500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_RX:						
Enlace_Video_RX		197550	0	0	0	53

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 2

MOVIE2
RECEIVED MESSAGE COUNTS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

RECEIVER	COUNT	MESSAGE NAME
----------	-------	--------------

Nodo_Video_ATM_RX 3941 Video1
 CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 3

MOVIE2
 LINK DELAYS AND UTILIZATION
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enlace-Video_TX						
FROM Nodo_Router_ATM	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video_ATM_	197550	0	0.551	0.025	0.552	21.76
Enlace_Video_RX						
FROM Nodo_Router_ATM	197550	0	0.551	0.025	0.552	21.76
FROM Nodo_Video_ATM_	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 4

MOVIE2
 CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD:		FRAMES / KILOBITS			
VC:	FRAMES KILOBITS	ACCEPTED		DROPPED	
		NORMAL	DE	NORMAL	DE
Nube_ATM		(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 83589)			
VC	Frm	394600	0	0	0
	kb	83569	0	0	0

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 5

MOVIE2
 CLOUD VC FRAME DELAY
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD:		FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
VC		AVG	STD	MAX	AVG	MAX
		Nube_ATM				
VC		1	0	1	168	557

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 6

MOVIE2
 CLOUD ACCESS LINKS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD:		FRAMES		BUFFER (KBYTE)			% UTIL
ACCESS LINK	(ENTRY)	ACCEPTED	DROPPED	MAX	AVG	STD	

(EXIT)

Nube_ATM							
Access17	Entry	394600	0	N/A	N/A	N/A	17.43
	Exit	500	0	0	0	0	0.02
Access26	Entry	500	0	N/A	N/A	N/A	0.02
	Exit	394600	0	0	0	0	17.43

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 7

MOVIE2

MESSAGE DELAYS FOR SESSION SOURCES
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC: DESTINATION LIST	MESSAGES ASSEMBLED	MESSAGE DELAY (MILLISECONDS) AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
---	-----------------------	---	---------	---------

Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:				
Nodo_Video_ATM_RX	3941	34.102	10.311	127.348
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:				
Nodo_Video_ATM_TX	0	0.000	0.000	0.000

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 8

MOVIE2

SETUP DELAYS FOR SESSION SOURCES
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC: DESTINATION LIST	SESSIONS SETUP	SETUP DELAY (MILLISECONDS) AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
---	-------------------	---------------------------------------	---------	---------

Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:				
Nodo_Video_ATM_RX	500	5.601	7.637	73.709
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:				
Nodo_Video_ATM_TX	0	0.000	0.000	0.000

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 17:32:14 2001 PAGE 9

MOVIE2

SESSION SOURCE STATISTICS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC NAME: DESTINATION LIST	TRIED	NUMBER OF SESSIONS SETUP	RETRY	BLOCK	DISCON	RERTD
--	-------	-----------------------------	-------	-------	--------	-------

Nodo_Video_ATM TX / src Fuente_Video_TX:						
Nodo_Video_ATM_RX	500	500	0	0	0	0
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:						
Nodo_Video_ATM_TX	0	0	0	0	0	0

5. Modelo Simple de Video: TERMINATOR

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 1

TERMINA1
 INPUT BUFFER USE BY PORT

REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	500	0	0	0	5
Enlace-Video_TX	140380	0	0	0	53
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	140380	0	0	0	53
Enlace_Video_RX	500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_TX:					
Enlace-Video_TX	500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_RX:					
Enlace_Video_RX	140380	0	0	0	53
CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 2					

TERMINAL
RECEIVED MESSAGE COUNTS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

RECEIVER	COUNT	MESSAGE NAME
Nodo_Video_ATM_RX	2152	Video1
CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 3		

TERMINAL
LINK DELAYS AND UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enlace-Video_TX						
FROM Nodo_Router_ATM	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video_ATM_	140380	0	0.550	0.030	0.552	15.45
Enlace_Video_RX						
FROM Nodo_Router_ATM	140380	0	0.550	0.030	0.552	15.45
FROM Nodo_Video_ATM_	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01
CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 4						

TERMINAL
CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD: VC: FRAMES KILOBITS	FRAMES / KILOBITS			
	ACCEPTED NORMAL	DE	DROPPED NORMAL	DE

Nube_ATM		(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 59349)		
VC	Frm	280260	0	0
	kb	59329	0	0

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 8

TERMINAL
CLOUD VC FRAME DELAY

REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD:	FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
	AVG	STD	MAX	AVG	MAX
VC					

Nube_ATM					
VC	1	0	1	275	497

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 5

TERMINAL
MESSAGE DELAYS FOR SESSION SOURCES
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC:	MESSAGES	MESSAGE DELAY (MILLISECONDS)		
DESTINATION LIST	ASSEMBLED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM

Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:				
Nodo_Video_ATM_RX	2152	87.096	43.465	259.620
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:				
Nodo_Video_ATM_TX	0	0.000	0.000	0.000

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 6

TERMINAL
PACKET DELAYS FOR SESSION SOURCES
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC:	NUMBER OF PACKETS				PACKET DELAY (MS)	
DESTINATION LIST	CREATED	DELIVERED	RESENT	DROPPED	AVERAGE	MAXIMUM

Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:						
Nodo_Video_ATM_RX	139945	139880	0	0	69.430	259.620
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:						
Nodo_Video_ATM_TX	0	0	0	0	0.000	0.000

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 7

TERMINAL
SETUP DELAYS FOR SESSION SOURCES
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC:	SESSIONS	SETUP DELAY (MILLISECONDS)		
DESTINATION LIST	SETUP	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM

```

Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX:
  Nodo_Video_ATM_RX          500          3.092          0.000          3.092
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX:
  Nodo_Video_ATM_TX          0          0.000          0.000          0.000

```

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Tue May 15 09:32:37 2001 PAGE 8

TERMINAL
SESSION SOURCE STATISTICS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

ORIGIN / SESSION SRC NAME: DESTINATION LIST	TRIED	SETUP	RETRY	BLOCK	DISCON	RERTD
Nodo_Video_ATM_TX / src Fuente_Video_TX: Nodo_Video_ATM_RX	500	500	0	0	0	0
Nodo_Video_ATM_RX / src Fuente_Video_RX: Nodo_Video_ATM_TX	0	0	0	0	0	0

6. Modelo Simple de Video: VIDEO_CONFERENCIA

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 1

VID CONF
INPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	500	0	0	0	5
Enlace-Video_TX	91184	0	0	0	53
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	91184	0	0	0	53
Enlace_Video_RX	500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_TX:					
Enlace-Video_TX	500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_RX:					
Enlace_Video_RX	91185	0	0	0	53

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 2

VID CONF
INPUT BUFFER USE BY NODE
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX	91684	0	0	0	53
Nodo_Router_ATM_RX	91684	0	0	0	53
Nodo_Video_ATM_TX	500	0	0	0	5
Nodo_Video_ATM_RX	91185	0	0	0	53

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 3

VID CONF
OUTPUT BUFFER USE BY PORT
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE: CONNECTED LINKS	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX:					
Nube_ATM	91184	0	4	14	58
Enlace-Video_TX	500	0	0	0	5
Nodo_Router_ATM_RX:					
Nube_ATM	500	0	0	0	5
Enlace_Video_RX	91184	0	5	16	58
Nodo_Video_ATM_TX:					
Enlace-Video_TX	91184	0	6	17	212
Nodo_Video_ATM_RX:					
Enlace_Video_RX	500	0	0	0	5

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 4

VID_CONF
 OUTPUT BUFFER USE BY NODE
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

NODE	PACKETS		BUFFER USE (BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
Nodo_Router_ATM_TX	91684	0	4	14	58
Nodo_Router_ATM_RX	91684	0	5	16	58
Nodo_Video_ATM_TX	91184	0	6	17	212
Nodo_Video_ATM_RX	500	0	0	0	5

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 5

VID_CONF
 RECEIVED MESSAGE COUNTS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

RECEIVER	COUNT	MESSAGE NAME
Nodo_Video_ATM_RX	90685	Video1

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 6

VID_CONF
 LINK DELAYS AND UTILIZATION
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enlace-Video_TX						
FROM Nodo_Router_ATM	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video_ATM	91184	0	0.549	0.037	0.552	10.02
Enlace_Video_RX						
FROM Nodo_Router_ATM	91185	0	0.549	0.037	0.552	10.02
FROM Nodo_Video_ATM	500	0	0.052	0.000	0.052	0.01

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 7

VID_CONF
 CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD: VC: FRAMES KILOBITS	FRAMES / KILOBITS			
	ACCEPTED NORMAL	DE	DROPPED NORMAL	DE
Nube_ATM	(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 38490)			
VC	Frm 181868	0	0	0

kb 38470 0 0 0
 CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 8

VID CONF
 CLOUD VC FRAME DELAY
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD: VC	FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
	AVG	STD	MAX	AVG	MAX
Nube_ATM VC	1	0	1	63	99

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Fri Apr 06 09:49:23 2001 PAGE 9

VID CONF
 CLOUD ACCESS LINKS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 600.0 SECONDS

CLOUD: ACCESS LINK	(ENTRY) (EXIT)	FRAMES		BUFFER (KBYTE)			% UTIL
		ACCEPTED	DROPPED	MAX	AVG	STD	
Nube_ATM Access17	Entry	181868	0	N/A	N/A	N/A	8.03
	Exit	500	0	0	0	0	0.02
Access26	Entry	500	0	N/A	N/A	N/A	0.02
	Exit	181868	0	0	0	0	8.03

ANEXO G

Reportes Salidas COMNET III Salidas de Modelos Combinados de Fuentes de Tráfico

1. Modelo-1.

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sun Apr 22 01:51:56 2001 PAGE 1

MODELO1
LINK DELAYS AND UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enl_voz_tx						
FROM Router_ATM_TX	600	1	0.078	0.003	0.156	0.01
FROM Nodo_Voz_TX	203803	28	0.826	0.042	1.656	28.06
Enl_voz_rx						
FROM Router_ATM_RX	203772	18	0.826	0.041	1.656	28.05
FROM Nodo_Voz_RX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
Enl_Video_TX						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video_TX	364782	0	0.551	0.020	0.552	33.52
Enl_video_RX						
FROM Router_ATM_RX	364758	0	0.551	0.020	0.552	33.51
FROM Nodo_Video_RX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
Enl_Data_TX						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
FROM Nodo_Data_TX	357876	41	0.827	0.032	1.656	49.33
Enl_Data_RX						
FROM Router_ATM_RX	357826	30	0.827	0.032	1.656	49.32
FROM Nodo_Data_RX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
Enl_voz_2_TX						
FROM Router_ATM_TX	599	0	0.078	0.000	0.078	0.01
FROM Node_voz_2_TX	205142	23	0.826	0.041	1.656	28.24
Enl_voz_2_RX						
FROM Router_ATM_RX	205113	13	0.826	0.041	1.656	28.24
FROM Nodo_voz_2_RX	599	0	0.078	0.000	0.078	0.01

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sun Apr 22 01:51:57 2001 PAGE 2

MODELO1
CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

CLOUD:	VC:	FRAMES KILOBITS	ACCEPTED		DROPPED	
			NORMAL	DE	NORMAL	DE
(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 478954)						
Nube_ATM	VCI	Frm	2260705	0	0	152
		kb	478858	0	0	31

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sun Apr 22 01:51:57 2001 PAGE 3

MODELO1
 CLOUD VC FRAME DELAY
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

CLOUD: VC	FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
	AVG	STD	MAX	AVG	MAX
Nube_ATM VC1	1	0	1	1602	1920

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sun Apr 22 01:51:57 2001 PAGE 4

MODELO1
 CLOUD ACCESS LINKS
 REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

CLOUD: ACCESS LINK	(ENTRY) (EXIT)	FRAMES		BUFFER (KBYTE)			% UTIL
		ACCEPTED	DROPPED	MAX	AVG	STD	
Nube_ATM Access17	Entry	2260700	152	N/A	N/A	N/A	83.21
	Exit	2399	0	0	0	0	0.09
Access26	Entry	2399	0	N/A	N/A	N/A	0.09
	Exit	2260704	0	0	0	0	83.21

2. Modelo-2.

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sat Apr 21 03:25:16 2001 PAGE 1

MODELO2
LINK DELAYS AND UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 620.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enl_voz_tx						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
FROM Nodo_Voz_TX	214996	0	0.826	0.040	0.828	29.60
Enl_voz_rx						
FROM Router_ATM_RX	214921	0	0.826	0.040	0.828	29.59
FROM Nodo_Voz_RX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
Enl_Video_TX						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video_TX	376098	0	0.551	0.020	0.552	34.56
Enl_video_RX						
FROM Router_ATM_RX	375983	0	0.551	0.020	0.552	34.55
FROM Nodo_Video_RX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
Enl_V2_TX						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video2_TX	237800	0	0.551	0.025	0.552	21.83
Enl_V2_RX						
FROM Router_ATM_RX	237766	0	0.551	0.025	0.552	21.83
FROM Nodo_Video2_RX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
Enl_voz_2_TX						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
FROM Node_voz_2_TX	212416	0	0.826	0.040	0.828	29.24
Enl_voz_2_RX						
FROM Router_ATM_RX	212324	0	0.826	0.040	0.828	29.23
FROM Nodo_voz_2_RX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sat Apr 21 03:25:16 2001 PAGE 2

MODELO2
CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 620.0 SECONDS

CLOUD: VC:	FRAMES KILOBITS	FRAMES / KILOBITS			
		ACCEPTED		DROPPED	
		NORMAL	DE	NORMAL	DE
Nube ATM		(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 440578)			
VCI	Frm	2079677	0	0	86
	kb	440482	0	0	15

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sat Apr 21 03:25:16 2001 PAGE 3

MODELO2
CLOUD VC FRAME DELAY
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 620.0 SECONDS

CLOUD: VC	FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
	AVG	STD	MAX	AVG	MAX
Nube_ATM VC1	1	0	1	1481	1920

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Sat Apr 21 03:25:16 2001 PAGE 4

MODELO2
CLOUD ACCESS LINKS
REPLICATION 1 FROM 20.0 TO 620.0 SECONDS

CLOUD: ACCESS LINK	(ENTRY) (EXIT)	FRAMES		BUFFER (KBYTE)			% UTIL
		ACCEPTED	DROPPED	MAX	AVG	STD	
Nube_ATM Access17	Entry	2079678	86	N/A	N/A	N/A	76.55
	Exit	2400	0	0	0	0	0.09
Access26	Entry	2400	0	N/A	N/A	N/A	0.09
	Exit	2079677	0	0	0	0	76.54

3. Modelo-3.

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Mon Apr 23 04:26:10 2001 PAGE 1

MODELO3
LINK DELAYS AND UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RESENT	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
Enl_voz_tx						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
FROM Nodo_Voz_TX	197083	21	0.826	0.042	1.656	27.13
Enl_voz_rx						
FROM Router_ATM_RX	197082	12	0.826	0.042	1.656	27.13
FROM Nodo_Voz_RX	600	0	0.078	0.000	0.078	0.01
Enl_Video1_TX						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video_TX	361470	0	0.551	0.020	0.552	33.21
Enl_video_RX						
FROM Router_ATM_RX	361470	0	0.551	0.020	0.552	33.21
FROM Nodo_Video_RX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
Enl_Video2_TX						
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01
FROM Nodo_Video2_TX	235400	0	0.551	0.025	0.552	21.61
Enl_Video2_RX						
FROM Router_ATM_RX	235400	0	0.551	0.025	0.552	21.61
FROM Nodo_Video2_RX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01

Enl_video3_TX							
FROM Router_ATM_TX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01	
FROM Node_video3_TX	381516	0	0.551	0.020	0.552	35.05	
Enl_video3_RX							
FROM Router_ATM_RX	381515	0	0.551	0.020	0.552	35.05	
FROM Nodo_video3_RX	600	0	0.052	0.000	0.052	0.01	

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Mon Apr 23 04:26:10 2001 PAGE 2

MODELO3
CLOUD VC FRAMES AND KILOBITS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

CLOUD: VC:	FRAMES KILOBITS	FRAMES / KILOBITS			
		ACCEPTED		DROPPED	
		NORMAL	DE	NORMAL	DE
(TOTAL KILOBITS TRANSMITTED = 497573)					
Nube_ATM					
VC1	Frm	2348535	0	0	0
	kb	497477	0	0	0

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Mon Apr 23 04:26:10 2001 PAGE 3

MODELO3
CLOUD VC FRAME DELAY
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

CLOUD: VC	FRAME DELAY (MS)			BURST SIZE (kb)	
	AVG	STD	MAX	AVG	MAX
Nube_ATM					
VC1	1	0	1	1673	1920

CACI COMNET III RELEASE 1.1n Mon Apr 23 04:26:10 2001 PAGE 4

MODELO3
CLOUD ACCESS LINKS
REPLICATION 1 FROM 100.0 TO 700.0 SECONDS

CLOUD: ACCESS LINK	(ENTRY) (EXIT)	FRAMES		BUFFER (KBYTE)			% UTIL
		ACCEPTED	DROPPED	MAX	AVG	STD	
Nube_ATM							
Access17	Entry	2348536	0	N/A	N/A	N/A	86.44
	Exit	2400	0	0	0	0	0.09
Access26	Entry	2400	0	N/A	N/A	N/A	0.09
	Exit	2348535	0	0	0	0	86.44

ANEXO H

Precios de Arrendamientos Actuales y Estimados

1.- Precios Actuales de Arrendamiento

Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Costo Arrendamiento Mensual (US \$) Bolivia	Costo Arrendamiento Mensual (US \$) Colombia	Costo Arrendamiento Mensual (US \$) España	Costo Arrendamiento Mensual (US \$) USA-1	Costo Arrendamiento Mensual (US \$) USA-2	Costo Arrendamiento Mensual (US \$) Australia
64000	2282	1460	1027	1.372	1.435	525
128000	4937	2189	2479	4.115	2.689	850
192000	-	2919	3748		3.959	1.158
256000	9889	3648	5016	5.487	5.146	1.428
384000	14826	5108	7551	8.231	7.374	1.889
512000	19764	6567	9505	9.314	9.337	2.141
768000	24716	8027	9505	12.593	12.571	2.909
1024000	-	9487	9505		13.873	3.608
1536000	29141	10946	9505		19.964	4.771
1920000	38022	12405	12101	18.150		5.561

2.- Precios Ajustados = $NC * P_m * S^{\wedge} \text{Log}(NC)$

No. Canales (NC)	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Bolivia	Colombia	España	USA-1	USA-2	Australia
1	64,000	2,290	1,463	1,030	1,370	1440	539
2	128,000	4,060	2,262	1,702	2,320	2552	867
3	192,000	5,675	2,919	2,283	3,157	3568	1,145
4	256,000	7,197	3,497	2,812	3,928	4525	1,395
6	384,000	10,061	4,512	3,772	5,344	6325	1,843
8	512,000	12,760	5,406	4,646	6,650	8021	2,245
12	768,000	17,836	6,975	6,232	9,049	11213	2,965
16	1,024,000	22,621	8,357	7,675	11,259	14221	3,612
24	1,536,000	31,621	10,782	10,295	15,320	19964	4,771
30	1,920,000	38,022	12,405	12,101	18,150		5,561

CASO: BOLIVIA

No. Canales (NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Costo bit/Segundo	Factor Decrecimiento (S)	S [^] Log(CN)	Precio Ajustado = NC*Pm*S [^] Log(NC) (*)
1	0,0333	-1,4771	64.000	1,3756E-08	1,0000	1,8068	2.290
2	0,0667	-1,1761	128.000	1,4881E-08	1,0817	1,6016	4.060
3	0,1000	-1,0000	192.000			1,4925	5.675
4	0,1333	-0,8751	256.000	1,4903E-08	1,0834	1,4197	7.197
6	0,2000	-0,6990	384.000	1,4896E-08	1,0828	1,3230	10.061
8	0,2667	-0,5740	512.000	1,4893E-08	1,0826	1,2585	12.760
12	0,4000	-0,3979	768.000	1,2416E-08	0,9026	1,1728	17.836
16	0,5333	-0,2730	1.024.000			1,1155	22.621
24	0,8000	-0,0969	1.536.000	7,3194E-09	0,5321	1,0396	31.621
30	1,0000	0,0000	1.920.000	7,6401E-09	0,5554	1,0000	38.022
				1,2588E-08	0,9151		
					0,6700		

Factor Escalamiento que mejor ajusta los precios actuales (*)

CASO: COLOMBIA

No. Canales (NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Costo bit/Segundo	Factor Decrecimiento (S)	S [^] Log(CN)	Precio Ajustado = NC*Pm*S [^] Log(NC) (*)
1	0,0333	-1,4771	64.000	8,8011E-09	1,0000	3,5393	1.463
2	0,0667	-1,1761	128.000	6,5978E-09	0,7497	2,7356	2.262
3	0,1000	-1,0000	192.000	5,8654E-09	0,6664	2,3529	2.919
4	0,1333	-0,8751	256.000	5,4977E-09	0,6247	2,1144	3.497
6	0,2000	-0,6990	384.000	5,1320E-09	0,5831	1,8186	4.512
8	0,2667	-0,5740	512.000	4,9484E-09	0,5622	1,6342	5.406
12	0,4000	-0,3979	768.000	4,0323E-09	0,4582	1,4057	6.975
16	0,5333	-0,2730	1.024.000	3,5743E-09	0,4061	1,2631	8.357
24	0,8000	-0,0969	1.536.000	2,7493E-09	0,3124	1,0865	10.782
30	1,0000	0,0000	1.920.000	2,4926E-09	0,2832	1,0000	12.405
				4,9691E-09	0,5646		
					0,4250		

Factor Escalamiento que mejor ajusta los precios actuales (*)

CASO: ESPAÑA

No. Canales (NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Costo bit/Segundo	Factor Decrecimiento (S)	S [^] Log(CN)	Precio Ajustado = NC*Pm*S [^] Log(NC) (*)
1	0,0333	-1,4771	64.000	6,1909E-09	1,0000	2,5543	1.030
2	0,0667	-1,1761	128.000	7,4719E-09	1,2069	2,1100	1.702
3	0,1000	-1,0000	192.000	7,5312E-09	1,2165	1,8868	2.283
4	0,1333	-0,8751	256.000	7,5593E-09	1,2210	1,7429	2.812
6	0,2000	-0,6990	384.000	7,5864E-09	1,2254	1,5586	3.772
8	0,2667	-0,5740	512.000	7,1622E-09	1,1569	1,4397	4.646
12	0,4000	-0,3979	768.000	4,7748E-09	0,7713	1,2874	6.232
16	0,5333	-0,2730	1.024.000	3,5811E-09	0,5784	1,1892	7.675
24	0,8000	-0,0969	1.536.000	2,3874E-09	0,3856	1,0635	10.295
30	1,0000	0,0000	1.920.000	2,4316E-09	0,3928	1,0000	12.101

Factor 5,6677E-09 0,9155
 Escalamiento que
 mejor ajusta los
 precios actuales (*) 0,5300

CASO: USA-1

No. Canales (NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Costo bit/Segundo	Factor Decrecimiento (S)	S ^{Log} (CN)	Precio Ajustado = NC*Pm*S ^{Log} (NC) (*)
1	0,0333	-1,4771	64.000	8,2691E-09	1,0000	2,2646	1.370
2	0,0667	-1,1761	128.000	1,2404E-08	1,5000	1,9171	2.320
3	0,1000	-1,0000	192.000			1,7391	3.157
4	0,1333	-0,8751	256.000	8,2691E-09	1,0000	1,6230	3.928
6	0,2000	-0,6990	384.000	8,2691E-09	1,0000	1,4723	5.344
8	0,2667	-0,5740	512.000	7,0179E-09	0,8487	1,3739	6.650
12	0,4000	-0,3979	768.000	6,3260E-09	0,7650	1,2463	9.049
16	0,5333	-0,2730	1.024.000			1,1631	11.259
24	0,8000	-0,0969	1.536.000			1,0551	15.320
30	1,0000	0,0000	1.920.000	3,6471E-09	0,4411	1,0000	18.150
				7,7432E-09	0,9364		
				Factor	0,5750		
				Escalamiento que mejor ajusta los precios actuales (*)			

CASO: USA-2

No. Canales (NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Costo bit/Segundo	Factor Decrecimiento (S)	S ^{Log} (CN)	Precio Ajustado = NC*Pm*S ^{Log} (NC) (*)
1	0,0333	-1,4771	64.000	8,6497E-09	1,0000	1,7396	1440
2	0,0667	-1,1761	128.000	8,1060E-09	0,9371	1,5420	2552
3	0,1000	-1,0000	192.000	7,9549E-09	0,9197	1,4370	3568
4	0,1333	-0,8751	256.000	7,7554E-09	0,8966	1,3669	4525
6	0,2000	-0,6990	384.000	7,4089E-09	0,8565	1,2738	6325
8	0,2667	-0,5740	512.000	7,0353E-09	0,8134	1,2116	8021
12	0,4000	-0,3979	768.000	6,3148E-09	0,7301	1,1291	11213
16	0,5333	-0,2730	1.024.000	5,2268E-09	0,6043	1,0740	14221
24	0,8000	-0,0969	1.536.000	5,0145E-09	0,5797	1,0000	19964
30	1,0000	0,0000	1.920.000				
				7,0518E-09	0,8153		
				Factor	0,6700		
				Escalamiento que mejor ajusta los precios actuales (*)			

CASO: AUSTRALIA

No. Canales (NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	Costo bit/Segundo	Factor Decrecimiento (S)	S^{Log(CN)}	Precio Ajustado = NC*Pm*S^{Log(NC)}
1	0,0333	-1,4771	64.000	3,1658E-09	1,0000	2,9064	539
2	0,0667	-1,1761	128.000	2,5625E-09	0,8094	2,3384	867
3	0,1000	-1,0000	192.000	2,3262E-09	0,7348	2,0592	1.145
4	0,1333	-0,8751	256.000	2,1513E-09	0,6795	1,8815	1.395
6	0,2000	-0,6990	384.000	1,8979E-09	0,5995	1,6568	1.843
8	0,2667	-0,5740	512.000	1,6135E-09	0,5097	1,5138	2.245
12	0,4000	-0,3979	768.000	1,4614E-09	0,4616	1,3330	2.965
16	0,5333	-0,2730	1.024.000	1,3592E-09	0,4293	1,2180	3.612
24	0,8000	-0,0969	1.536.000	1,1984E-09	0,3786	1,0725	4.771
30	1,0000	0,0000	1.920.000	1,1174E-09	0,3530	1,0000	5.561
				1,8854E-09	0,5955		
			Factor Escalamiento Ajustado		0,4856		

ANEXO I

Cálculos de Precios con Factor Escalamiento y Capacidad Extra

Escenario Base 2 Mbits /
Segundo
Factor Escalamiento
S=0,475

No. Canales (NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	S ^{Log(CN)}	Precio Ajustado = NC*Pm*S ^{Log(NC)}	Factor Disminución-ATM
1	0.0333	-1.477121255	64,000	3.00305123	2,192	1,644
2	0.0667	-1.176091259	128,000	2.40014688	3,504	2,628
3	0.1000	-1	192,000	2.105263158	4,611	3,458
4	0.1333	-0.875061263	256,000	1.918283973	5,601	4,201
6	0.2000	-0.698970004	384,000	1.682602265	7,370	5,527
8	0.2667	-0.574031268	512,000	1.533161755	8,954	6,715
12	0.4000	-0.397940009	768,000	1.344796431	11,780	8,835
16	0.5333	-0.273001272	1,024,000	1.225358184	14,312	10,734
24	0.8000	-0.096910013	1,536,000	1.074809822	18,831	14,123
30	1.0000	0	1,920,000	1	21,900	16,425

Factor Escalamiento 0.475

Precio Base 21900 US \$

2Mbps+Puerto ATM

Factor Disminucion 33%

ATM

Factor Escalamiento
S=0,425

No. Canales(NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	S ^{Log(CN)}	Precio Ajustado = NC*Pm*S ^{Log(NC)}	Factor Disminución-ATM
1	0.0333	-1.477121255	64,000	3.539277457	2,584	1,938
2	0.0667	-1.176091259	128,000	2.735574402	3,994	2,995
3	0.1000	-1	192,000	2.352941176	5,153	3,865
4	0.1333	-0.875061263	256,000	2.114377129	6,174	4,630
6	0.2000	-0.698970004	384,000	1.818632681	7,966	5,974
8	0.2667	-0.574031268	512,000	1.634242022	9,544	7,158
12	0.4000	-0.397940009	768,000	1.405655552	12,314	9,235
16	0.5333	-0.273001272	1,024,000	1.263136529	14,753	11,065
24	0.8000	-0.096910013	1,536,000	1.086457729	19,035	14,276
30	1.0000	0	1,920,000	1	21,900	16,425

Factor Escalamiento 0.425

Precio Base 21900 US \$

2Mbps+Puerto ATM
Factor Disminucion **33%**
ATM

Factor Escalamiento
S=0,485

No. Canales(NC)	Relación Capacidad	Log NC	Velocidad de Transmisión (bits por segundos)	S^Log(CN)	Precio Ajustado = NC*Pm*S^Log(NC)	Factor Disminución-ATM
1	0.0333	-1.477121255	64,000	2.912041483	2,126	1,594
2	0.0667	-1.176091259	128,000	2.34205125	3,419	2,565
3	0.1000	-1	192,000	2.06185567	4,515	3,387
4	0.1333	-0.875061263	256,000	1.883628406	5,500	4,125
6	0.2000	-0.698970004	384,000	1.658277081	7,263	5,447
8	0.2667	-0.574031268	512,000	1.51493524	8,847	6,635
12	0.4000	-0.397940009	768,000	1.333693195	11,683	8,762
16	0.5333	-0.273001272	1,024,000	1.218408458	14,231	10,673
24	0.8000	-0.096910013	1,536,000	1.072641936	18,793	14,095
30	1.0000	0	1,920,000	1	21,900	16,425

Factor Escalamiento **0.485**
Precio Base **21900 US \$**
2Mbps+Puerto ATM
Factor Disminucion **33%**
ATM

ANEXO J

Evaluación Financiera Modelo Base

	No. Circuitos 1920 Kbps	Circuitos	Total Ingresos	Mercadeo / ventas (Ingresos)	O/M	Gastos Adm. Y General	Trasnsporte	Personal
	1	0		18%	11%	10%	24%	37%
Ingreso x Circuito(US \$)	21,900	0						
Período	Inversión Inicial	Ingresos x Alquiler de circuitos(US S \$)	Ingresos x Alquiler de circuitos (US \$)					
0	-255,000							
1	21900	0	21900	5901	478	5216	1020	1573
2	21900	0	21900	5901	478	5216	1020	1573
3	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
4	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
5	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
6	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
7	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
8	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
9	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
10	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
11	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
12	21900	0	32786	5901	478	5216	1020	1573
13	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
14	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
15	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
16	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
17	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
18	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
19	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
20	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
21	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
22	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
23	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
24	20805	0	31147	5606	2391	2173	1020	1573
25	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
26	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
27	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
28	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
29	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
30	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
31	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
32	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573

33	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
34	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
35	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
36	19765	0	29589	5326	2391	2173	1020	1573
37	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
38	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
39	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
40	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
41	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
42	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
43	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
44	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
45	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
46	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
47	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
48	18777	0	28110	5060	2391	2173	1020	1573
49	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
50	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
51	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
52	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
53	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
54	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
55	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
56	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
57	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
58	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
59	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573
60	17838	0	26704	4807	2391	2173	1020	1573

Total Gastos	Utilidad en Operación	Depreciación	Utilidad antes de ISLR	ISLR(%)	Utilidad después de ISLR	Utilidad	Flujo de Caja	Total Recuperación Inversión
--------------	-----------------------	--------------	------------------------	---------	--------------------------	----------	---------------	------------------------------

33%

Período

0		-260800					-260800	
1	14188	7712	4250	3462	1142	2319	6569	-254231
2	14188	7712	4250	3462	1142	2319	6569	13139
3	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	27002
4	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	40865
5	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	54728
6	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	68591
7	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	82454
8	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	96317
9	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	110181
10	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	124044
11	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	137907

12	14188	18598	4250	14348	4735	9613	13863	151770	-109030
13	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	165489	-95311
14	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	179209	-81591
15	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	192929	-67871
16	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	206648	-54152
17	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	220368	-40432
18	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	234088	-26712
19	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	247807	-12993
20	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	261527	727
21	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	275247	14447
22	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	288966	28166
23	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	302686	41886
24	12763	18384	4250	14134	4664	9470	13720	316405	55605
25	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	329270	68470
26	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	342134	81334
27	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	354998	94198
28	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	367862	107062
29	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	380726	119926
30	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	393590	132790
31	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	406454	145654
32	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	419318	158518
33	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	432182	171382
34	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	445046	184246
35	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	457910	197110
36	12483	17107	4250	12857	4243	8614	12864	470774	209974
37	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	482825	222025
38	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	494876	234076
39	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	506928	246128
40	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	518979	258179
41	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	531030	270230
42	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	543081	282281
43	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	555133	294333
44	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	567184	306384
45	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	579235	318435
46	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	591286	330486
47	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	603337	342537
48	12216	15894	4250	11644	3842	7801	12051	615389	354589
49	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	626668	365868
50	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	637947	377147
51	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	649226	388426
52	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	660505	399705
53	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	671784	410984
54	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	683063	422263
55	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	694342	433542
56	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	705621	444821
57	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	716900	456100
58	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	728179	467379
59	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	739458	478658
60	11963	14741	4250	10491	3462	7029	11279	750737	489937

Tasa de Descuento	1.3% Mensual	16.0% Anual
VAN	20,395	
TIR	1.7% Mensual	20.4% Anual
Inversión Inicial	-255,000	
Flujo de Caja Total	444,895	
Flujo Neto Caja	189,895	

ANEXO K

Evaluación Financiera Modelo 2 Escalamiento S=0,425. (Ejemplo)

	No. Circuitos 1920 Kbps	Circuitos	Total Ingresos	Mercadeo / ventas (Ingresos)	O/M	Gastos Adm. Y General	Trasnsporte	Personal	
	2	2		18%	11%	10%	24%	37%	
Ingreso x Circuito(US \$)	7,158	9,235							
Período	Inversión Inicial	Ingresos x Alquiler de circuitos(US \$)	Ingresos x Alquiler de circuitos (US \$)						
0	-255,000								
1		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
2		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
3		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
4		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
5		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
6		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
7		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
8		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
9		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
10		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
11		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
12		14316	18470	32786	5901	478	5216	1043	1608
13		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
14		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
15		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
16		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
17		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
18		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
19		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
20		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
21		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
22		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
23		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
24		13600	17547	31147	5606	2391	2173	1043	1608
25		12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
26		12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
27		12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
28		12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
29		12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608

30	12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
31	12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
32	12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
33	12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
34	12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
35	12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
36	12920	16669	29589	5326	2391	2173	1043	1608
37	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
38	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
39	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
40	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
41	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
42	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
43	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
44	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
45	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
46	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
47	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
48	12274	15836	28110	5060	2391	2173	1043	1608
49	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
50	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
51	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
52	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
53	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
54	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
55	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
56	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
57	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
58	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
59	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608
60	11660	15044	26704	4807	2391	2173	1043	1608

	Total Gastos	Utilidad en Operación	Depreciación	Utilidad antes de ISLR	ISLR(%)	Utilidad después de ISLR	Utilidad	Flujo de Caja	Total Recuperación Inversión
					33%				
Período									
0		-260800					-260800		
1	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855		-246945
2	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	27711	-233089
3	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	41566	-219234
4	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	55422	-205378
5	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	69277	-191523
6	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	83133	-177667
7	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	96988	-163812
8	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	110844	-149956

9	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	124699	-136101
10	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	138555	-122245
11	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	152410	-108390
12	14247	18539	4347	14192	4683	9509	13855	166266	-94534
13	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	179978	-80822
14	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	193690	-67110
15	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	207402	-53398
16	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	221114	-39686
17	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	234826	-25974
18	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	248538	-12262
19	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	262250	1450
20	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	275962	15162
21	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	289674	28874
22	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	303386	42586
23	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	317098	56298
24	12822	18325	4347	13978	4613	9365	13712	330810	70010
25	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	343667	82867
26	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	356523	95723
27	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	369379	108579
28	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	382236	121436
29	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	395092	134292
30	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	407949	147149
31	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	420805	160005
32	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	433662	172862
33	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	446518	185718
34	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	459374	198574
35	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	472231	211431
36	12542	17048	4347	12701	4191	8510	12856	485087	224287
37	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	497131	236331
38	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	509175	248375
39	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	521218	260418
40	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	533262	272462
41	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	545305	284505
42	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	557349	296549
43	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	569393	308593
44	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	581436	320636
45	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	593480	332680
46	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	605523	344723
47	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	617567	356767
48	12275	15835	4347	11488	3791	7697	12044	629611	368811
49	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	640882	380082
50	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	652154	391354
51	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	663425	402625
52	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	674696	413896
53	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	685968	425168
54	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	697239	436439
55	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	708511	447711
56	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	719782	458982
57	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	731054	470254
58	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	742325	481525

59	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	753597	492797
60	12022	14682	4347	10335	3411	6925	11271	764868	504068

Tasa de Descuento	1.3% Mensual	16.0% Anual
VAN	209437	
TIR	4.6% Mensual	55,1% Anual
Inversión Inicial	-260800	
Flujo de Caja Total	764868	
Flujo Neto Caja	504068	